

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FABIANO APARECIDO RIOS

Interferência de plantas daninhas em função do arranjo espacial de plantas de
milho

MARINGÁ

2012

FABIANO APARECIDO RIOS

Interferência de plantas daninhas em função do arranjo espacial de plantas de
milho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Proteção de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Júnior.

Coorientador: Prof. Dr. Jamil Constantin.

MARINGÁ

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

R586i Rios, Fabiano Aparecido
Interferência de plantas daninhas em função do
arranjo espacial de plantas de milho / Fabiano
Aparecido Rios. -- Maringá, 2012.
53 f. : figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira
Júnior.
Coorientador: Prof. Dr. Jamil Constantin.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento
de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2012.

1. Plantas daninhas - Competição - Cultura do
milho. 2. Milho (Zea mays L.) - Plantio - Arranjo de
plantas. 3. Período Anterior à Interferência (PAI).
I. Oliveira Júnior, Rubem Silvério de, orient. II.
Jamil, Constantin, co-orient. III. Universidade
Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias,
Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação
em Agronomia. III. Título.

CDD 21.ed. 632.5

GVS-000711

FOLHA DE APROVAÇÃO

FABIANO APARECIDO RIOS

Interferência de plantas daninhas em função do arranjo espacial de plantas de milho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr.
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Membro)

Prof. Dr. Alessandro Guerra da Silva
Universidade de Rio Verde (Membro)

Aprovado em: 09 de fevereiro de 2012

Local de defesa: Anfiteatro NADP, NAPD, Bloco-I45, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

DEDICATÓRIAS

Sem a família no coração um homem nunca tem a própria vida nas mãos.

Aos meus amados pais Nivaldo Pereira Rios e Aparecida Nadir Dametto Rios, pela educação, compreensão, carinho, dedicação e, principalmente, pela motivação a mim, que foi decisiva para alcançar mais este objetivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho em todos os momentos da minha vida, principalmente nos mais tortuosos.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao Departamento de Agronomia (DAG) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela excelente formação profissional proporcionada por meio do Curso de Mestrado.

Ao Professor Dr. Rubem Silvério de Oliveira Jr., pela amizade, oportunidade e confiança, pelos valiosos ensinamentos, que sem dúvida alguma levarei comigo por toda vida. Sempre terá meu respeito e admiração, tanto profissional quanto pessoal.

Ao Professor Dr. Jamil Constantin, que esteve presente de forma ativa em mais esta conquista, sua competência, caráter e amizade serviram de exemplo para minha vida e minha carreira.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida.

Aos funcionários do Departamento de Agronomia/UEM, Milton Lopes da Silva, Luis Machado Homem e Reinaldo Bernardo, pela disposição e apoio.

À funcionária do Programa de Pós Graduação em Agronomia/UEM, Érika Cristina Takamizawa Sato, pelo apoio e amizade.

Aos amigos e membros do Núcleo de Estudos Avançados em Ciência das Plantas Daninhas da Universidade Estadual de Maringá (NAPD/UEM), Luiz Henrique Morais Franchini, Michel Alex Raimondi, Denis Fernando Biffe, Pedro Etges Martini, Felipe Guilherme Ferreira Fornazza, Rodrigo Franciscon Gomes da Cruz, Alexandre Gemelli, Éder Blainski, Eliezer Antonio Gheno, Jethro Barros Osipe, Hudson Kagueyama Takano, João Guilherme Zanetti de Arantes, Guilherme Braga Pereira Braz, Naiara Guerra, Antonio Mendes de Oliveira Neto, Alessandra Constantin Francischini, Diego Gonçalves Alonso, Gizelly Santos, Hugo de Almeida Dan e Talita Mayara de Campos Jumes, pela amizade cultivada no decorrer desses anos e pela indispensável colaboração na realização deste trabalho.

A minha namorada, Thaís Souto Bignotto, pela compreensão e companheirismo em todos os momentos.

Aos meus pais, Aparecida Nadir Dametto Rios e Nivaldo Pereira Rios, e à minha irmã, Cassiana Cristina Rios, pelo carinho, dedicação e pela presença constante em minha vida.

Aos amigos, Ana Paula Zibetti, Ernani Furuya, Gilberto Barbosa Sandoval Junior, Pedro Vidal Lara e Sidnei Douglas Cavalieri.

Enfim, a todos os envolvidos, direta ou indiretamente, em mais esta etapa da minha vida.

MUITO OBRIGADO.

Interferência de plantas daninhas em função do arranjo espacial de plantas de milho

RESUMO

O conhecimento acerca das interferências causadas pelas plantas daninhas sobre as culturas é importante para obtenção de altos rendimentos. Aliado a isto, a constante evolução nas formas de manejo e o lançamento de genótipos de milho com características morfológicas mais compactas e tolerantes ao aumento de população resultaram em novos arranjos de semeadura e tratos culturais. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as principais diferenças na interação plantas daninhas-milho, quando este foi semeado nos espaçamentos entre linhas de 0,45 m e de 0,9 m, combinados com populações de plantas “baixa” e “alta” (54 e 71 mil plantas ha⁻¹, respectivamente). O experimento foi conduzido em campo no município de Maringá, PR. A semeadura do milho verão foi efetuada em 26 de novembro de 2010, utilizando-se o híbrido P30F35H. À medida que a população de milho foi aumentada e o espaçamento entre linhas reduzido, a massa seca acumulada pela comunidade infestante também foi menor. Entre as variáveis que demonstraram maior sensibilidade à interferência das plantas daninhas, destacam-se diâmetro de colmo e acúmulo de área foliar do milho. Considerando uma redução tolerável de 5% na produtividade, o maior período anterior à interferência (PAI) foi registrado no espaçamento de 0,45 m com população “baixa” de plantas (21 dias após a emergência (DAE), V6). O espaçamento 0,9 m com população “alta” e “baixa” teve PAI de 18 e 14 DAE (V5 e V4, respectivamente). A condição de maior potencial produtivo e ao mesmo tempo mais susceptível à interferência das plantas daninhas foi o arranjo 0,45 m entre fileiras na maior população de plantas, com PAI de 5 DAE (V1).

Palavras-chave: Arranjo de plantas. Competição. Espaçamento entre linhas. PAI. População. *Zea mays*.

Weed interference as a function of corn spatial arrangement

ABSTRACT

The knowledge the weed interference in crops is decisive to reach high crop yields. Besides, the constant evolution in crop management and the introduction of corn genotypes with more compact morphology and tolerance to increased plant population has led to new crop arrangements and cultural practices. The objective of the present research was to evaluate the main differences on weed-corn interactions, when the crop was sowed at row widths of 0.45 and 0.90 m, combined with “high” (54,000) and “low” (71,000 plants per hectare) corn populations. Summer-corn sowing was accomplished at November 26th, 2010, using the hybrid P30F35H. As the crop stand increased and the row width decreased, weed dry biomass was also reduced. Among the crop development variables, the most sensitive indicators to weed interference were corn stalk diameter and leaf area accumulation. Considering a maximum tolerable yield loss of 5%, the longest period of time after emergence during which weeds and crop could cohabit without crop yield (period before interference, PBI) was found for row widths of 0.45 m and “low” corn population (21 days after emergence, DAE, V6). Row widths of 0.90 m combined with “high” and “low” corn populations provided PBI of 18 and 14 DAE (V5 and V4, respectively). The combination that maximized both crop yield and susceptibility to weed interference was row widths of 0.45 m and “high” corn population, with PBI of 5 DAE (V1).

Keywords: Crop arrangement. Competition. Row width. Population. PBI. *Zea mays*.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Resultados das análises química e granulométrica para o solo da área experimental (camada de 0 a 0,2 m de profundidade). Maringá-PR, 2010/2011. 7
- Tabela 2 - Constantes para a determinação da área foliar de cada combinação de espaçamento entre linhas e população. Maringá-PR, 2010/2011 11
- Tabela 3. Esquema da análise de variância do experimento interferência de plantas daninhas em função da distribuição espacial e da população de plantas de milho. Maringá-PR, 2010/2011 12
- Tabela 4. F calculado (F_{cal}), graus de liberdade (G.L) e resultados dos testes das hipóteses $H_0^{(1)}$, $H_0^{(2)}$, $H_0^{(3)}$, $H_0^{(4)}$, $H_0^{(5)}$, $H_0^{(6)}$, $H_0^{(7)}$, $H_0^{(8)}$, $H_0^{(9)}$, $H_0^{(10)}$, $H_0^{(11)}$, $H_0^{(12)}$, $H_0^{(13)}$, $H_0^{(14)}$ e $H_0^{(15)}$ pela estatística F. Maringá-PR, 2010/2011 38

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Valores diários de precipitação (mm) e temperatura máxima e mínima (°C), registradas pelo Laboratório de Sementes da Fazenda Experimental de Iguatemi durante a condução do experimento. Maringá-PR, 2010/2011..... 8
- Figura 2. Importância relativa de cada espécie de planta daninha nos diferentes períodos de convivência com o milho semeado em espaçamento 0,9 m com população baixa. Maringá-PR, 2010/2011..... 17
- Figura 3. Importância relativa de cada espécie de planta daninha nos diferentes períodos de convivência com milho semeado em espaçamento 0,9 m com população alta. Maringá-PR, 2010/2011..... 19
- Figura 4. Importância relativa de cada espécie de planta daninha nos diferentes períodos de convivência do milho semeado em espaçamento 0,45 m com população baixa. Maringá-PR, 2010/2011..... 21
- Figura 5. Importância relativa de cada espécie de planta daninha nos diferentes períodos de convivência do milho semeado em espaçamento 0,45 m com população alta. Maringá-PR, 2010/2011..... 23
- Figura 6. Massa seca da comunidade infestante em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e 0,45 e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011..... 26
- Figura 7. Densidade da comunidade infestante em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e 0,45 e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011..... 28
- Figura 8. Altura de plantas de milho em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011..... 30

| | |
|--|----|
| Figura 9. Diâmetro de colmo de plantas de milho em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011. | 32 |
| Figura 10. Área foliar do milho referente à última folha expandida em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011. | 35 |
| Figura 11. Rendimento do milho submetido a períodos crescentes de convivência com as plantas daninhas no espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011. | 41 |

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 3 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 7 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 16 |
| 5. CONCLUSÕES | 45 |
| 6. REFERÊNCIAS | 46 |

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das mais importantes do Brasil. Ocupa o segundo lugar em área cultivada, ficando atrás apenas da soja. Sua posição de destaque, por outro lado, vai muito além das dimensões de área cultivada, pois o cereal é uma das principais fontes de alimento na cadeia produtiva de aves, suínos e bovinos.

A crescente demanda nos últimos anos, em conjunto com a valorização do milho no cenário mundial, fez com que produtores tradicionais de soja buscassem híbridos que atendessem às necessidades específicas de suas regiões. De olho neste novo mercado, a cada ano, surgem novos genótipos adaptados às mais diferentes condições, entre estas, destaca-se a capacidade de obtenção de maiores rendimentos em regiões de menor altitude.

No entanto, muitos são os fatores que afetam o rendimento do milho. Dentre estes, destacam-se o uso de híbridos com potencial produtivo limitado, déficit hídrico, deficiência de nutrientes, população e/ou distribuição espacial inadequada e controle precário de insetos, doenças e plantas daninhas.

Teoricamente, o melhor arranjo de plantas é aquele que distribui mais uniformemente as plantas por unidade de área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes, além de proporcionar condições mais favoráveis para o controle cultural das plantas daninhas. Dessa maneira o arranjo de plantas pode interferir positivamente ou negativamente no crescimento, desenvolvimento e rendimento do milho.

Outro fator que pode afetar o desempenho da cultura é a interferência exercida pelas plantas daninhas. A interferência é resultado do efeito integrado e dinâmico de fatores que podem agir de forma direta ou indireta sobre a cultura, resultando em prejuízos na qualidade e/ou quantidade do produto final desejado. Todas as ações negativas que uma cultura sofre em decorrência da presença de plantas daninhas num local podem ser classificadas como interferência.

No início do desenvolvimento, a cultura pode conviver com as ervas daninhas sem que ocorra redução de rendimento, uma vez que as exigências iniciais são pequenas e o meio consegue supri-las adequadamente. No entanto, a partir de um determinado período pode haver competição por recursos e até mesmo interferência por parte das infestantes.

As variações de intensidade e forma de interferência podem ocorrer em função de fatores ligados ao clima, solo, comunidade infestante, híbrido, época de semeadura, espaçamento entre linhas, densidade, adubação, entre outros. Considerando as dimensões

continentais do Brasil, é evidente que cada região difere da outra, apresentando características únicas e específicas que demandam estudos sobre matointerferência cada vez mais regionais.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as principais diferenças na interação plantas daninhas-cultura em função de diferentes arranjos espaciais de plantas de milho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Atualmente, a cultura do milho ocupa lugar de destaque no agronegócio brasileiro. Cultiva-se mais de 13 milhões de hectares, ficando atrás apenas da soja em extensão de área (Conab, 2011). Na safra 2010/2011, foram produzidos aproximadamente 57 milhões de toneladas do cereal e a safra de verão contribuiu com a maior parte (35424,1 mil toneladas) (Conab, 2011).

Diante da importância cada vez maior no cenário agrícola, muitas cultivares de milho são lançadas anualmente no mercado, a fim de atender às demandas específicas de cada região. Normalmente, estes materiais apresentam elevado potencial genético, além de outras vantagens relativas a aspectos fitossanitários, físicos e fisiológicos, capazes de proporcionar altos rendimentos. Para isso, uma série de informações, como o comportamento em relação às principais doenças, tipo de híbrido, ciclo, região de adaptação, cor e textura de grãos, época de semeadura e densidade de plantas recomendada são fornecidas, para que os agricultores possam explorar ao máximo o potencial genético das cultivares.

O surgimento de novos híbridos de milho de ciclo precoce, de menor porte e folhas mais eretas, proporcionou o cultivo das plantas em maiores densidades, elevando o potencial produtivo (Almeida et al., 2000).

O milho é a gramínea mais sensível à variação na densidade populacional. Para cada sistema de produção, existe uma população que maximiza o rendimento de grãos. A população ideal para atingir este potencial pode variar de 30 a 90 mil plantas ha⁻¹, dependendo da disponibilidade hídrica, da fertilidade do solo, do ciclo da cultivar, da época de semeadura e da distribuição espacial (Sangoi, 2000). Vários pesquisadores consideram o próprio genótipo como principal determinante da densidade de plantas (Silva et al., 1999). Porém, o número ideal de plantas por área é variável, uma vez que o milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intraespecífica, proporcionado pelas diferentes densidades de plantas (Silva et al., 1999).

O aumento e o arranjo da população de plantas podem contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com consequências no aumento do rendimento de grãos (Amaral Filho et al., 2002). O arranjo de plantas pode ser manipulado por alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre fileiras.

Em condições ambientais não limitantes ao desenvolvimento da cultura, a escolha adequada da distribuição de plantas por área é uma forma de aumentar a interceptação de

radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel e, por consequência, o rendimento de grãos (Silva et al., 2002). Teoricamente, o melhor arranjo espacial de plantas de milho é aquele que proporciona distribuição mais uniforme de indivíduos por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes (Sangoi, 2000; Argenta et al., 2001).

Atualmente, a redução no espaçamento entre linhas e o aumento da densidade de semeadura é uma realidade na cultura do milho. No Brasil, encontram-se no mercado, inclusive, plataformas que realizam a colheita em espaçamentos de até 0,40 m.

As vantagens do uso de menores espaçamentos entre fileiras estão relacionadas com maior rendimento, cobertura mais rápida do solo, favorecendo a supressão das plantas daninhas e, conseqüentemente, a redução de reinfestação e interferência causada pelas mesmas, maior absorção de luz solar e menor perda de água por evaporação, maior eficiência das plantas na absorção de água e de nutrientes, melhor qualidade de semeadura, mediante menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de semeadoras, uma vez que diferentes culturas poderão ser semeadas com o mesmo espaçamento (Pioneer, 2007).

Mesmo com a evolução no sistema de cultivo do milho, as plantas daninhas ainda são um gargalo importante. A interferência causada por estas invasoras é definida como o conjunto de ações que recebe uma determinada cultura em decorrência da presença da comunidade infestante num determinado local, sendo este o resultado do efeito integrado de determinados fatores negativos, que podem afetar diretamente (competição por espaço e nutrientes, alelopatia e problemas na colheita) ou indiretamente (hospedagem de pragas, nematóides e doenças) a lavoura (Pitelli 1985).

A competição em si pode ser definida como o recrutamento conjunto, por duas ou mais plantas, de recursos essenciais ao seu crescimento e desenvolvimento, que são limitados no ecossistema comum (Velini, 1992). A interferência trata do efeito negativo direto e/ou indireto de uma ou mais plantas sobre a cultura, abrangendo a competição propriamente dita e os fatores gerais ligados ao crescimento e desenvolvimento das plantas de interesse.

Em alguns momentos durante o desenvolvimento da cultura, tais fatores negativos muitas vezes não são prejudiciais. A partir da semeadura, existe um período de tempo em que a cultura pode conviver com a comunidade infestante antes que a interferência ocorra de maneira definitiva e reduza significativamente a produtividade da lavoura, sendo designado de período anterior à interferência, expresso pela sigla PAI (Pitelli & Durigan, 1984). O final deste período reflete a época a partir da qual a interferência afeta o rendimento econômico de forma irreversível. Em suma, PAI é o período durante o qual as plantas daninhas e a cultura

podem conviver no ambiente sem que ocorra efeitos negativos sobre os parâmetros requisitados pelo homem.

Em termos de manejo de plantas daninhas, o PAI é o período de maior importância do ciclo cultural, a partir do qual o rendimento é significativamente prejudicada. Este período define o período ideal para o controle das plantas daninhas em pós-emergência, pois, além de não alterar o rendimento, as plantas daninhas teriam mobilizado uma quantidade de nutrientes que seriam gradativamente devolvidos ao sistema e colocados à disposição da cultura (Pitelli, 1985).

No que diz respeito à interação plantas daninhas-cultura, é provável que os efeitos decorrentes de mudanças no arranjo espacial das plantas de milho sobre a competitividade com plantas daninhas sejam dependentes de diversos fatores, como características morfofisiológicas dos genótipos, espécies daninhas presentes na área, grau de infestação e condições de ambiente, principalmente em termos de fertilidade do solo, época de semeadura (disponibilidade de água, temperatura média e radiação solar). Semeaduras de milho realizadas sob condições de baixas temperaturas do ar e do solo e reduzida intensidade luminosa provocam baixa velocidade de crescimento das plantas no início do ciclo de desenvolvimento, favorecendo as plantas daninhas. Especialmente, nessa situação, a distância entre fileiras exerce importância significativa na velocidade de ocupação do espaço pelas plantas de milho (Bullock et al., 1988) e, conseqüentemente, sobre a competitividade da cultura.

Pesquisas têm demonstrado que a adoção de práticas de manejo que aumentam a competitividade da cultura com as ervas daninhas, associadas a aplicações de herbicidas, pode resultar em melhor controle de infestantes (Swanton & Weise, 1991). A distribuição espacial mais equidistante das plantas da cultura pode permitir reduções na dose e, em algumas situações, no número de aplicações de herbicidas, reduzindo o custo de produção da lavoura e a contaminação do ambiente (Buhler et al., 1992).

Com a evolução do melhoramento genético em milho, por meio da obtenção de híbridos, a partir da década de 1930, ocorreram mudanças acentuadas nas características das plantas desse cereal. Alterações na morfologia reduziram a competição entre indivíduos por luz, permitindo semeaduras em maiores populações. Genótipos com maior eficiência de absorção e utilização de nutrientes foram selecionados e introduzidos no mercado. Todos estes fatores resultaram em menor competição intraespecífica e conseqüentemente maior rendimento de grãos.

Sabe-se que o grau de sombreamento imposto pela cultura pode causar alterações em densidade, crescimento, morfologia e produção de diásporos da comunidade infestante (Tollenaar et al., 1994). A redução do espaçamento entre fileiras do milho de 0,76 para 0,38 m diminuiu a massa produzida pelas espécies daninhas *Chenopodium album* e *Amaranthus retroflexus* em até 29%, bem como a quantidade de diásporos produzida por estas (Begna et al., 2001).

As atuais características morfológicas do milho, como menor estatura, folhas mais eretas e órgão reprodutivo masculino menor, favorecem a penetração de luz, o que, em teoria, poderia favorecer as plantas daninhas (Tollenaar et al., 1997). No entanto, sob competição com infestantes, híbridos de milho modernos apresentam menores reduções em acúmulo de massa em relação aos híbridos antigos (Tollenaar et al., 1997) e maior eficiência na utilização de nitrogênio e luz. Por isso, em geral, são mais competitivos em relação às plantas daninhas que os cultivares antigos (Tollenaar et al., 1994).

A evolução no melhoramento genético também proporcionou maior grau de heterose observado em híbridos modernos em relação aos híbridos antigos, pois o primeiro grupo é representado, principalmente, por híbridos do tipo simples e triplo, enquanto o segundo grupo é representado, em geral, por híbridos duplos e variedades. Por exemplo, o híbrido moderno Pioneer 3902 apresenta maior taxa de crescimento, em comparação ao híbrido antigo Pride 5 (Tollenaar & Aguilera, 1992). Segundo esses autores, isso decorre, principalmente da maior eficiência no uso da radiação solar pelo híbrido Pioneer 3902. No entanto, fatores relacionados à época de semeadura, adubação, população, translocação e outros também têm sua contribuição.

Com relação às perdas no rendimento do milho ocasionadas pela interferência das plantas daninhas, em muitas ocasiões, elas podem atingir níveis elevados. Dependendo do tempo e da intensidade de convivência, os efeitos da interferência são irreversíveis, influenciando negativamente no desenvolvimento e conseqüentemente no rendimento da cultura após a retirada do estresse causado pela presença das infestantes (Kozlowski, 2002). A redução do rendimento do milho, devido à interferência estabelecida pelas plantas daninhas, pode variar entre 10 e 90% (Spader & Vidal, 2000; Kozlowski, 2002; Cox et al., 2006; Williams, 2006), sendo que, em alguns casos o prejuízo pode chegar a 100% (Almeida, 1981; Blanco et al., 1976). Esta amplitude pode depender do grau de interferência de fatores ligados à cultura, à comunidade infestante e ao ambiente, como também da época e duração do período de convivência entre as plantas daninhas e a cultura (Pitelli, 1985).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido em campo no distrito de Iguatemi (coordenadas 23°21'30" S; 52°03'43" W e 530 m de altitude), município de Maringá, estado do Paraná. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo CW'a, mesotérmico úmido, com chuvas de verão e de outono e verão quente. A precipitação e a temperatura máxima e mínima diárias observadas durante a condução do experimento encontram-se na Figura 1.

No dia 01 de novembro de 2010, antes da semeadura da cultura, as ervas daninhas foram dessecadas com glyphosate a 1800 g e.a. ha⁻¹ e 15 dias após esta operação a mesma foi submetida à descompactação, com o auxílio de uma grade aradora. Em 25 de novembro de 2010, foi realizada uma gradagem leve para nivelar e destorroar o terreno. O solo foi identificado como argissolo vermelho distrófico (Embrapa, 1999), de textura franco-arenosa (Lemos & Santos, 1984). As características químicas e granulométricas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das análises química e granulométrica para o solo da área experimental (camada de 0 a 0,2 m de profundidade). Maringá-PR, 2010/2011.

| pH | Al ³⁺ | Al ³⁺ +H ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | SB | CTC | P | C | |
|--------------------|------------------|----------------------------------|------------------|------------------|----------------|--------|------|------------------------|-----------------------|------|
| CaCl ₂ | H ₂ O | (cmolc dm ⁻³) | | | | | | (mg dm ⁻³) | (g dm ⁻³) | |
| 5,15 | 5,95 | 0 | 2,05 | 2,1 | 0,95 | 0,33 | 3,38 | 5,43 | 11 | 11,5 |
| Areia Grossa | | Areia Fina | | Silte | | Argila | | | | |
| g kg ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| 464 | | 285 | | 47,5 | | 203,5 | | | | |

Fonte: Laboratório Unithal Tecnologia e Comércio de Produtos Agropecuários. Campinas-SP.

A semeadura do milho foi efetuada em 26 de novembro de 2010, utilizando-se a semeadora marca Tatu Marchesan, modelo PST3. A emergência (superior a 80%) ocorreu em 01 de dezembro do mesmo ano.

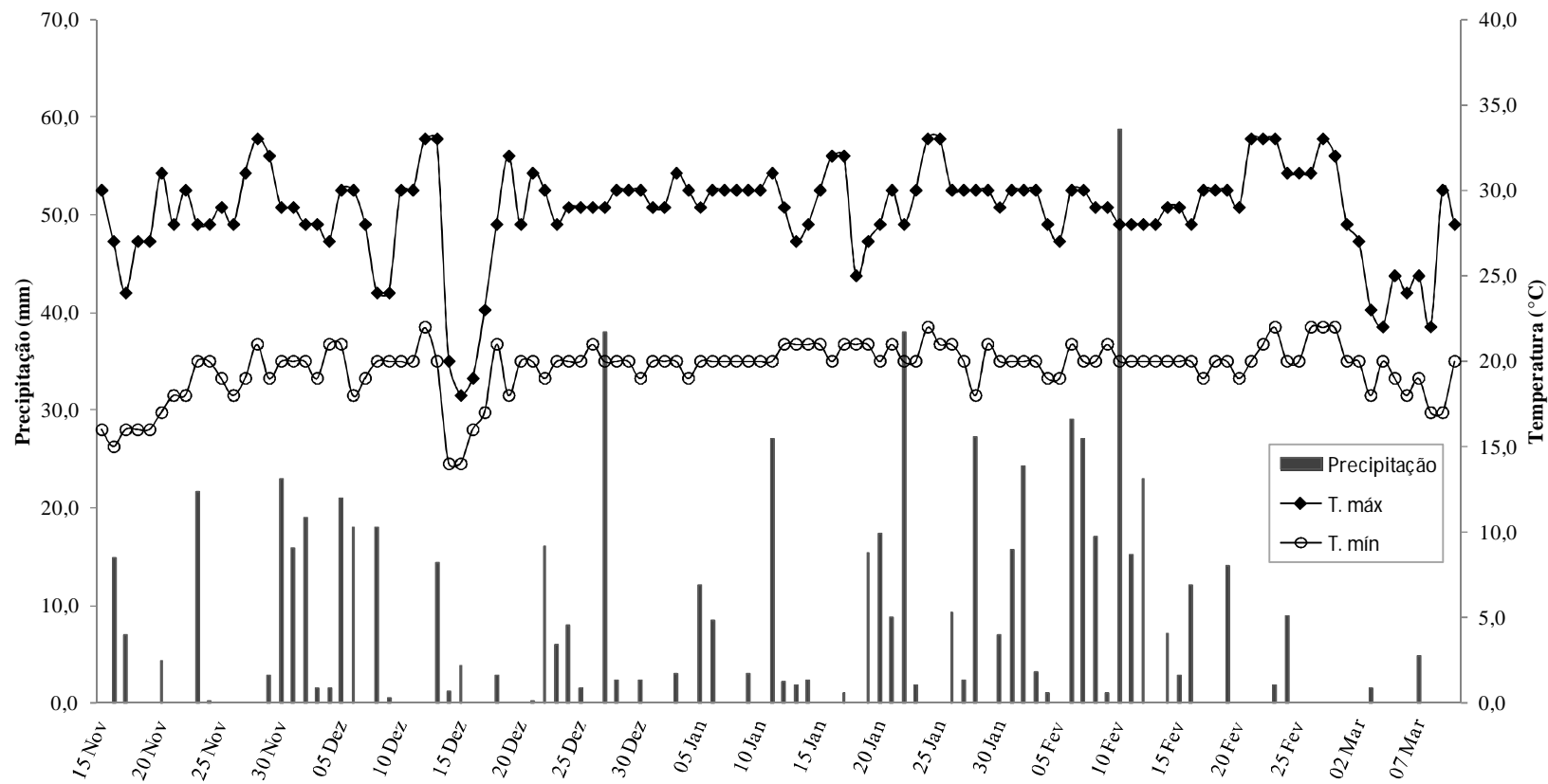


Figura 1 - Valores diários de precipitação (mm) e temperatura máxima e mínima (°C), registradas pelo Laboratório de Sementes da Fazenda Experimental de Iguatemi durante a condução do experimento. Maringá-PR, 2010/2011.

As adubações de semeadura e cobertura foram realizadas de acordo com Souza & Lobato (2002), levando-se em consideração os resultados das análises química e granulométrica do solo e o rendimento esperado de 10 t ha⁻¹. O cultivar utilizado foi o P 30F35 H, (híbrido simples, precoce, grãos alaranjados, semiduro).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas (três fatores), com seis repetições. As unidades experimentais foram constituídas por parcelas de 432,8 m² (96,0 x 4,5 m), subparcelas de 216,0 m² (48,0 x 4,5 m) e subsubparcelas de 27,0 m² (6,00 x 4,5 m). Os espaçamentos entre linhas (0,45 m e 0,9 m) foram alocados nas parcelas; as populações alta e baixa (54887 e 53974 plantas ha⁻¹, no espaçamento 0,45 m e 0,9 m, respectivamente; e 70216 e 72608 plantas ha⁻¹, no espaçamento 0,45m e 0,9 m, respectivamente) nas subparcelas; e nas subsubparcelas, os períodos de convivência com as plantas daninhas (0, 9, 15, 21, 28, 35, 45 dias após a emergência (DAE) e todo ciclo). Desta forma, o experimento contou com um total de 32 tratamentos (dois espaçamentos x duas populações x oito períodos de convivência). A área útil das parcelas foi constituída pelas linhas centrais (sete e três linhas nos espaçamentos 0,45 e 0,9 m, respectivamente) descartando-se 0,50 m da extremidade de cada parcela.

Para se atender aos fatores espaçamento e população, a semeadora foi regulada para cada combinação antes da semeadura, realizando, no momento da operação, uma nova aferição, a fim de evitar falhas na distribuição das sementes e adubação.

O fator contido nas subsubparcelas (período de convivência com as plantas daninhas) diz respeito ao período de tempo durante o qual a cultura do milho ficou submetida à competição com as infestantes. Sendo assim, para os tratamentos que continham período 0 (zero) DAE, a cultura sempre ficou na ausência de plantas daninhas desde sua emergência até a colheita; para o período 9 DAE, o milho permaneceu com as invasoras até os 9 DAE e, a partir desta data, as capinas manuais foram realizadas periodicamente até o final do ciclo da cultura. Este procedimento foi adotado para os demais períodos, exceto o último (todo ciclo), uma vez que, para esta condição, a cultura nunca foi capinada.

O levantamento fitossociológico da comunidade infestante foi realizado por meio de um quadro amostral de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²), arremessado aleatoriamente em dois pontos distintos dentro de cada unidade experimental. Este procedimento foi realizado ao fim de cada período de convivência da cultura com a comunidade infestante. Assim, as espécies de plantas daninhas foram identificadas, contadas e coletadas separadamente. Posteriormente, com a finalidade de se obter a massa seca, cada espécie foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingir massa constante.

Os dados de número de plantas, massa seca e frequência específica foram utilizados para determinação do índice de valor de importância (IVI), conforme metodologia de Mueller-Dombois & Elleberg (1974).

$IVI=DR+FR+DoR$, onde:

IVI representa o índice de valor de importância;

DR é a densidade relativa de cada espécie (razão entre o número de plantas de uma espécie e o total de plantas amostradas, expresso em porcentagem);

FR representa a frequência relativa (frequência em que a espécie ocorreu nas amostragens, expressa em porcentagem) e;

DoR é a dominância relativa (razão entre massa seca da espécie e o total de massa seca amostrado, expresso em porcentagem).

Posteriormente, procedeu-se ao cálculo da importância relativa (IR), expressa em porcentagem, utilizando também a fórmula proposta por Mueller-Dombois & Elleberg (1974). A IR é determinada por meio da razão entre o IVI de cada espécie, pela somatória dos IVIs de todas as espécies e expressa em porcentagem ($IR= IVI/IVIs$).

No milho, os parâmetros avaliados ao final dos períodos de convivência foram: estágio de desenvolvimento de plantas, diâmetro de colmo (mm), altura de plantas (cm) e área foliar ($m^2 ha^{-1}$). Para todas as características avaliadas, foram realizadas cinco amostras por unidade experimental. As variáveis diâmetro de colmo e altura foram aferidas levando em consideração a lígula da última folha expandida ou completamente desenvolvida. As dimensões do limbo foliar foram realizadas na última folha expandida, mediante a aferição do comprimento e largura. A determinação da área foliar em $m^2 ha^{-1}$ foi obtida pelo produto do comprimento e largura da folha do milho (expresso em metros), multiplicado pela densidade de plantas ha^{-1} e por uma constante específica (comprimento * largura * população * constante= $m^2 ha^{-1}$). Ressaltando que as aferições de cada avaliação sempre foram realizadas na última folha expandida ou completamente desenvolvida.

A determinação da constante foi realizada com base nos valores de comprimento, largura e área de 30 folhas (última expandida), retiradas ao acaso em cada um dos quatro grupos aos 45 DAE. Para obtenção da área foliar, foi utilizado um aparelho medidor de área foliar (Delta T. Devices®). De posse dos valores, o produto do comprimento e largura de cada folha foi dividido pela sua respectiva área. O valor deste cálculo resultou em quatro constantes, listadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Constantes para a determinação da área foliar de cada combinação de espaçamento entre linhas e população. Maringá-PR, 2010/2011

| Grupo | Espaçamento entre linhas | População | Constante |
|--------------|---------------------------------|------------------|------------------|
| 1 | 0,9 m | Baixa | 0,629106376 |
| 2 | 0,9 m | Alta | 0,606373371 |
| 3 | 0,45 m | Baixa | 0,615645009 |
| 4 | 0,45 m | Alta | 0,569154007 |

O rendimento de grãos foi obtido pela colheita das plantas em 06 de abril de 2011, com posterior debulha, pesagem e correção da umidade para 13%.

Todos os dados coletados foram submetidos primeiramente ao teste de homogeneidade de variância de Hartley. Em seguida, a análise de variância para todas as regressões foram realizadas por meio do teste F a 5% de probabilidade. A forma esquemática da análise de variância está representada na Tabela 3.

As variáveis acúmulo de massa seca de plantas daninhas, diâmetro de colmo do milho e estatura das plantas de milho foram submetidas à análise de regressão polinomial, sendo ajustado os modelos $y = cx^2 - bx + a$, para acúmulo de massa seca de infestantes e estatura de plantas de milho e $y = cx^2 + bx - a$, para diâmetro de colmo do milho.

O modelo não linear logístico foi ajustado para o acúmulo de área foliar do milho. Este modelo é expresso pela equação $Y=A-B/(1+(X/C)^D$, sendo A a área foliar máxima; B a diferença entre a área foliar máxima e mínima; X os dias após a emergência; C o número de dias que a área foliar acumulada chegou a 50% do máximo acumulado; e D o parâmetro que indica a declividade da curva no ponto C.

Tabela 3. Esquema da análise de variância do experimento interferência de plantas daninhas em função da distribuição espacial e da população de plantas de milho. Maringá-PR, 2010/2011

| Fonte de Variação | G.L. | Soma de Quadrados | Quadrado Médio | F Calculado | P(P>F _{cal}) |
|-------------------|------------|-------------------|----------------|------------------|------------------------|
| Bloco (R) | 5 | SQR | - | - | |
| Espaçamento (A) | 1 | SQA | SQA/1 | QMA/QME1 | |
| Erro 1 | 5 | SQE1 | SQE1/5 | - | |
| População (B) | 1 | SQB | SQB/1 | QMB/ QME2 | |
| A * B | 1 | SQA*B | SQA*B/1 | QMA*B/QME2 | |
| Erro 2 | 10 | SQE2 | SQE2/10 | - | |
| Períodos (C) | 7 | SQC | SQC/7 | QMC/QME3 | |
| A * C | 7 | SQA*C | SQA*C/7 | QMA*C/QME3 | |
| B * C | 7 | SQB*C | SQB*C/7 | QMB*C/QME3 | |
| A * B * C | 7 | SQA*B*C | SQA*B*C/ 7 | QMA*B*C/QM E3 | |
| Erro 3 | 140 | Diferença | SQE3/140 | - | |
| Total | 191 | SQTotal | | - | |

Os dados de rendimento foram submetidos à análise de regressão não linear. O modelo ajustado para rendimento em função dos períodos de convivência com as plantas daninhas no espaçamento 0,9 m nas populações alta e baixa e no espaçamento 0,45 m na população baixa foi o Sigmoidal de Boltzmann, adaptado por Kuva et al. (2000), que é descrito por:

$$Y = \{J + \{(Q - J) / [1 + \exp((X - L) / dx)]\}\}$$

Onde,

Y é o rendimento da cultura expresso em kg ha⁻¹;

Q representa rendimento máximo (kg ha⁻¹) obtido no tratamento livre de plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura;

J é o rendimento mínimo obtido nas parcelas mantidas com plantas daninhas durante todo o ciclo;

X são os dias após a emergência (DAE);

L representa o limite superior do período de convivência que corresponde ao valor intermediário entre o rendimento máximo e mínimo;

dx é o parâmetro que indica a velocidade de queda de produção (tg α no ponto L).

Para o espaçamento 0,45 m e população alta, a equação ajustada para o rendimento em função dos períodos de convivência com as plantas daninhas foi o modelo de Mitscherlich, $Y=Z * (\exp(- H * X)) + U$, em que:

Y é o rendimento da cultura expresso em kg ha^{-1} ; e Z, H e U são parâmetros da equação, sendo Z, a diferença entre o rendimento máximo e mínimo (kg ha^{-1}); H, a concavidade da curva; U, o rendimento mínimo; e X os dias após a emergência do milho.

Com base nas equações de regressão, foram determinados os períodos de interferência das plantas daninhas, adotando-se um nível de tolerância de 5% de redução no rendimento do milho, em relação ao rendimento máximo estimado. Este valor está definido na literatura como o mais próximo do nível de dano econômico e também como o aceitável pelos produtores. Valores diferentes deste poderão ser facilmente obtidos pela manipulação das equações.

Para as análises estatísticas, foram utilizados os programas estatísticos Sisvar 5.3 (Ferreira, 2010) e SAS 8.0 (SAS, 1999).

Para expressar a queda de rendimento do milho em função da interferência, foi ajustada uma equação para cada combinação de espaçamento e população. No entanto, para as três equações representadas pelo modelo Sigmoidal de Boltzmann, pode ocorrer a sobreposição dos erros das curvas, caracterizando a não diferença significativa entre estas. Nesse sentido, para que seja realmente válida a afirmação de que são necessários três modelos distintos (além do modelo de Mitscherlich), deve-se testar as hipóteses referentes à identidade de modelos em relação aos três grupos (espaçamento 0,9 m com população baixa, espaçamento 0,9 m com população alta e espaçamento 0,45 m com população baixa), conforme método descrito por Regazzi (1999; 2003) e Regazzi & Silva (2004; 2010).

O primeiro passo desta etapa consiste em acrescentar uma variável indicadora (*dummy*) ao modelo escolhido, cujo objetivo é representar cada um dos três grupos em estudo. Tal modelo, denominado como completo, ou seja, com todos os três grupos, é o seguinte:

$$Y = D_1 \{J_1 + \{(Q_1 - J_1) / [1 + \exp((X - L_1) / dx_1)]\}\} + D_2 \{J_2 + \{(Q_2 - J_2) / [1 + \exp((X - L_2) / dx_2)]\}\} + D_3 \{J_3 + \{(Q_3 - J_3) / [1 + \exp((X - L_3) / dx_3)]\}\} + \varepsilon_i$$

em que $i = 1, \dots, 3$, sejam as variáveis *dummy* D_i tais que:

$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{se a observação Y pertence ao grupo 1;} \\ 0 & \text{em caso contrário.} \end{cases}$$

Q_i, J_i, L_i e dx_i são os parâmetros do modelo para cada um dos três grupos, sendo $i = 1, 2$ e 3 ; ε_i é o termo de erro aleatório, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Para os modelos de regressão não linear de quatro parâmetros, as hipóteses a serem testadas são:

- $H_0^{(1)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$; $H_a^{(1)}$: pelo menos um Q_i é diferente dos demais;
- $H_0^{(2)}$: $J_1 = J_2 = J_3 = J$; $H_a^{(2)}$: pelo menos um J_i é diferente dos demais;
- $H_0^{(3)}$: $L_1 = L_2 = L_3 = L$; $H_a^{(3)}$: pelo menos um L_i é diferente dos demais;
- $H_0^{(4)}$: $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$; $H_a^{(4)}$: pelo menos um dx_i é diferente dos demais;
- $H_0^{(5)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ e $J_1 = J_2 = J_3 = J$; $H_a^{(5)}$ pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(6)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ e $L_1 = L_2 = L_3 = L$; $H_a^{(6)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(7)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$; $H_a^{(7)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(8)}$: $J_1 = J_2 = J_3 = J$ e $L_1 = L_2 = L_3 = L$; $H_a^{(8)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(9)}$: $J_1 = J_2 = J_3 = J$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$; $H_a^{(9)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(10)}$: $L_1 = L_2 = L_3 = L$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$; $H_a^{(10)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(11)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, $J_1 = J_2 = J_3 = J$ e $L_1 = L_2 = L_3 = L$; $H_a^{(11)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(12)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, $J_1 = J_2 = J_3 = J$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$; $H_a^{(12)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;

- $H_0^{(13)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, $L_1 = L_2 = L_3 = L$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$; $H_a^{(13)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(14)}$: $J_1 = J_2 = J_3 = J$, $L_1 = L_2 = L_3 = L$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$; $H_a^{(14)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade;
- $H_0^{(15)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, $J_1 = J_2 = J_3 = J$, $L_1 = L_2 = L_3 = L$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$; $H_a^{(15)}$: pelo menos uma igualdade é uma desigualdade.

Para comparar modelos de regressão não linear e conseqüentemente testar as hipóteses, Bates e Watts (1988) apresentaram um teste baseado na razão de verossimilhança, com aproximação dada pela estatística F.

Para tanto, inicialmente, realizou-se uma análise de regressão não linear para os três grupos. A partir desta análise, foram determinados todos os parâmetros do modelo completo.

Para testar as hipóteses, foram realizadas 15 análises, uma para cada hipótese utilizando as variáveis *dummy*. Para hipótese $H_0^{(1)}$, precedeu-se da seguinte forma quanto ao modelo:

$$Y = D_1 \{J_1 + \{(Q - J_1) / [1 + \exp((X - L_1) / dx_1)]\}\} + D_2 \{J_2 + \{(Q - J_2) / [1 + \exp((X - L_2) / dx_2)]\}\} + D_3 \{J_3 + \{(Q - J_3) / [1 + \exp((X - L_3) / dx_3)]\}\} + \varepsilon_i$$

Note que a variável testada na hipótese $H_0^{(1)}$ aparece sem o índice *i*. Isto ocorre por, que nesta etapa, está sendo verificado se o valor do parâmetro Q pode ser o mesmo para todos os três modelos. A intenção é testar o modelo reduzido (neste caso, para o parâmetro Q) contra o modelo completo e verificar se existe diferenças significativas entre ambos. Caso o teste F seja não significativo ($p > 0,05$), a hipótese será aceita, chegando à conclusão de que o valor do parâmetro referente ao rendimento máximo pode ser o mesmo para todas as três regressões (referentes ao espaçamento 0,9 m com população baixa, espaçamento 0,9 m com população alta e espaçamento 0,45 m com população baixa). Este mesmo procedimento foi realizado para as demais hipóteses. Para tanto, foram utilizados os procedimentos PROC GLM e NLIN (SAS, 1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies de plantas daninhas identificadas nas parcelas em que o milho foi cultivado no espaçamento 0,9 m entre linhas com população de alta que apresentaram maior importância em algum momento das avaliações foram: *Cenchrus echinatus* (CCEEC), *Digitaria horizontalis* (DIGHO), *Brachiaria decumbens* (BRADC), *Panicum maximum* (PANMA), *Sidastrum micranthum* (SIDMI), *Commelina benghalensis* (COMBE), *Richardia brasiliensis* (RCHBR), *Bidens pilosa* (BIDPI), *Euphorbia heterophylla* (EPHHL), *Raphanus raphanistrum* (RAPRA) e *Ricinus communis* (RIICO) (Figura 2).

Apesar de terem sido calculadas a densidade relativa, frequência relativa e dominância relativa, optou-se apenas por demonstrar os valores da importância relativa (IR) de cada espécie, uma vez que este reflete os três índices fitossociológicos citados anteriormente, sendo uma avaliação mais ponderada da importância de cada espécie (Pitelli, 1987; Peressin et al., 1998).

Em todas as avaliações, as plantas daninhas que se destacaram foram *Cenchrus echinatus*, *Digitaria horizontalis*, *Sidastrum micranthum* e *Commelina benghalensis*. Estas infestantes estiveram presentes durante todo o ciclo da cultura e em muitos períodos tiveram IR superior a 10% (Figura 2).

Cenchrus echinatus foi a planta daninha mais importante durante os 126 dias de ciclo da cultura do milho, fato atribuído ao banco de sementes da área e à plasticidade desta espécie. Esta gramínea pode emergir durante todo o ano e seu ciclo pode variar entre 60 e 120 dias, dependendo das condições de temperatura e precipitação (Pacheco & Marinis, 1984).

Por outro lado, *Panicum maximum* teve pouca expressão até os 35 dias após a emergência (DAE), período em que seu IR não ultrapassou 2,17%. No entanto, por se tratar de uma planta daninha perene, com ciclo C4 e porte relativamente elevado, seu acúmulo de massa seca foi favorecido em detrimento das demais espécies infestantes, à medida que o milho se desenvolvia. Assim, sua IR chegou a 4,31% e 9,9%, aos 45 e 126 DAE, respectivamente. Em experimento de matocompetição na cultura da cana-de-açúcar, *Panicum maximum* começou apresentar maior importância após os 42 dias do plantio e, ao final do ciclo da cultura, aos 147 dias após o plantio, esta gramínea compunha uma das principais espécies infestantes (Kuva et al, 2003).

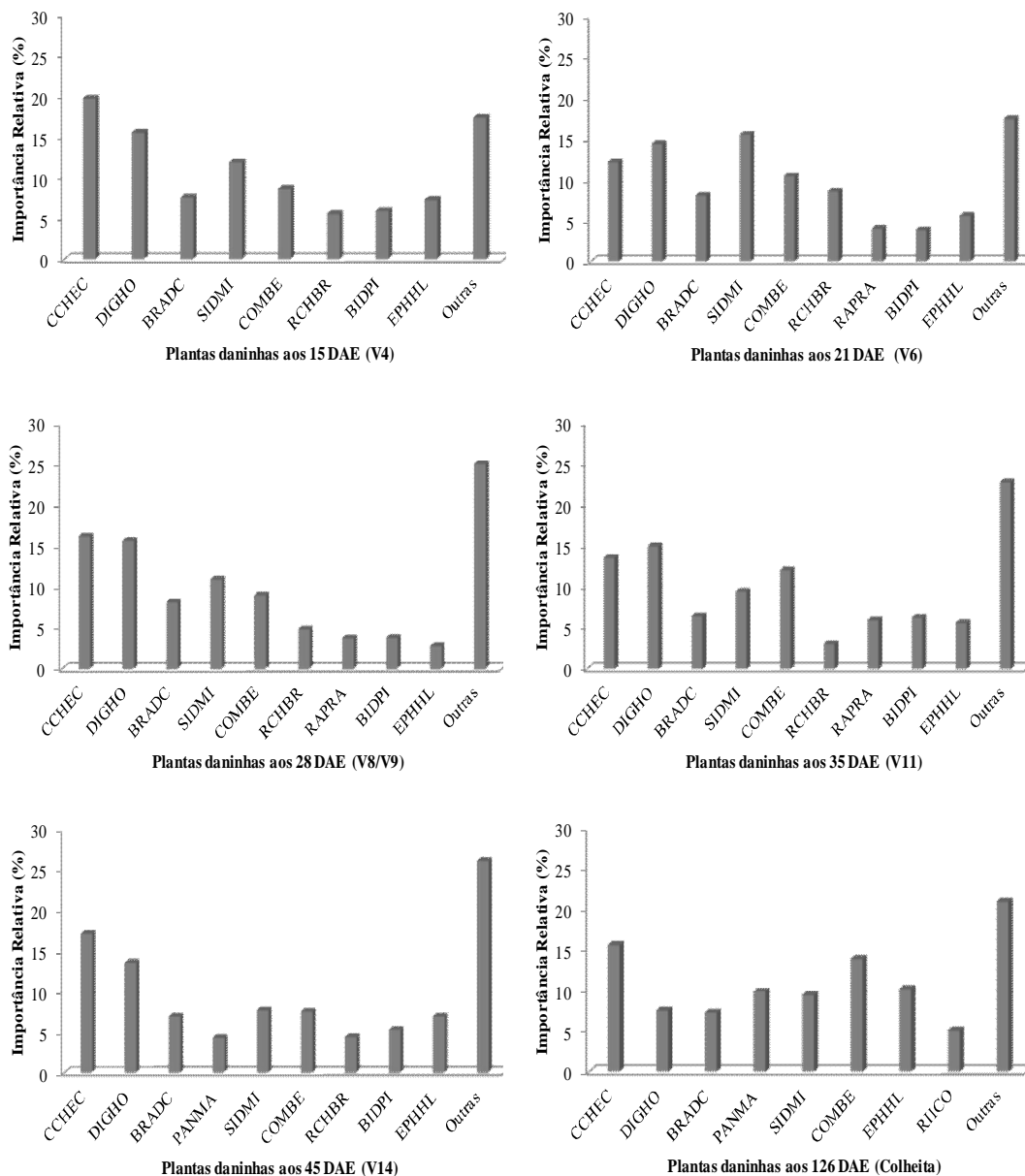


Figura 2. Importância relativa de cada espécie de planta daninha nos diferentes períodos de convivência com o milho semeado em espaçamento 0,9 m com população baixa. Maringá-PR, 2010/2011.

Por meio da Figura 3, constata-se que as principais plantas daninhas presentes nas parcelas onde o milho foi semeado com 0,9 m entre fileiras na população alta são semelhantes às descritas na Figura 1. A principal espécie diferente nesta configuração foi *Sida rhombifolia* (SDIRH) que, até os 45 DAE (estádio de desenvolvimento do milho V14), teve IR próximo a 4%. No entanto, devido principalmente à maior habilidade competitiva das demais espécies infestantes, aos 126 DAE sua participação foi nula.

Com o aumento da população de milho, além da *Sida rhombifolia*, foi identificada também a presença da *Ipomoea grandifolia* (IPOGR), que teve maior importância relativa apenas na última avaliação (5,69%). As espécies pertencentes ao gênero *Ipomoea* apresentam sementes com grandes quantidades de reserva e podem germinar e se desenvolver em condições adversas. Suas plântulas podem emergir sob diversas quantidades de palha (Azania et al., 2002; Gravena et al., 2004). O desenvolvimento desta espécie pode ocorrer inclusive na fase de maior crescimento de canaviais (Azania et al., 2002). Na cultura do milho pode ocorrer mesmo quando em consórcio com gramíneas do gênero *Brachiaria*, *Ipomoea grandifolia* teve destaque. Os autores atribuem este feito ao seu hábito trepador, que condiciona a espécie a um nicho ecológico diferenciado, no qual as plantas estão menos sujeitas ao sombreamento da cultura (Severino et al., 2006).

Cenchrus echinatus novamente teve destaque em todas as avaliações, estando presente sempre em níveis superiores a 10 %. Diversos autores relatam que esta planta daninha tem se destacado em diversos experimentos realizados no Paraná, especialmente em Maringá e regiões adjacentes, sendo referida em muitos casos como a principal planta daninha presente nos ensaios (Almeida & Leite, 1999; Oliveira JR. et al., 2005; Mourão et al., 2007). Em experimento realizado para determinar o período anterior à interferência em mandioca, Biffe et al. (2010) relatam que *Cenchrus echinatus* foi a infestante mais importante da área durante todo o ciclo da cultura, apresentando uma IR próxima a 50% até os 280 dias após o plantio.

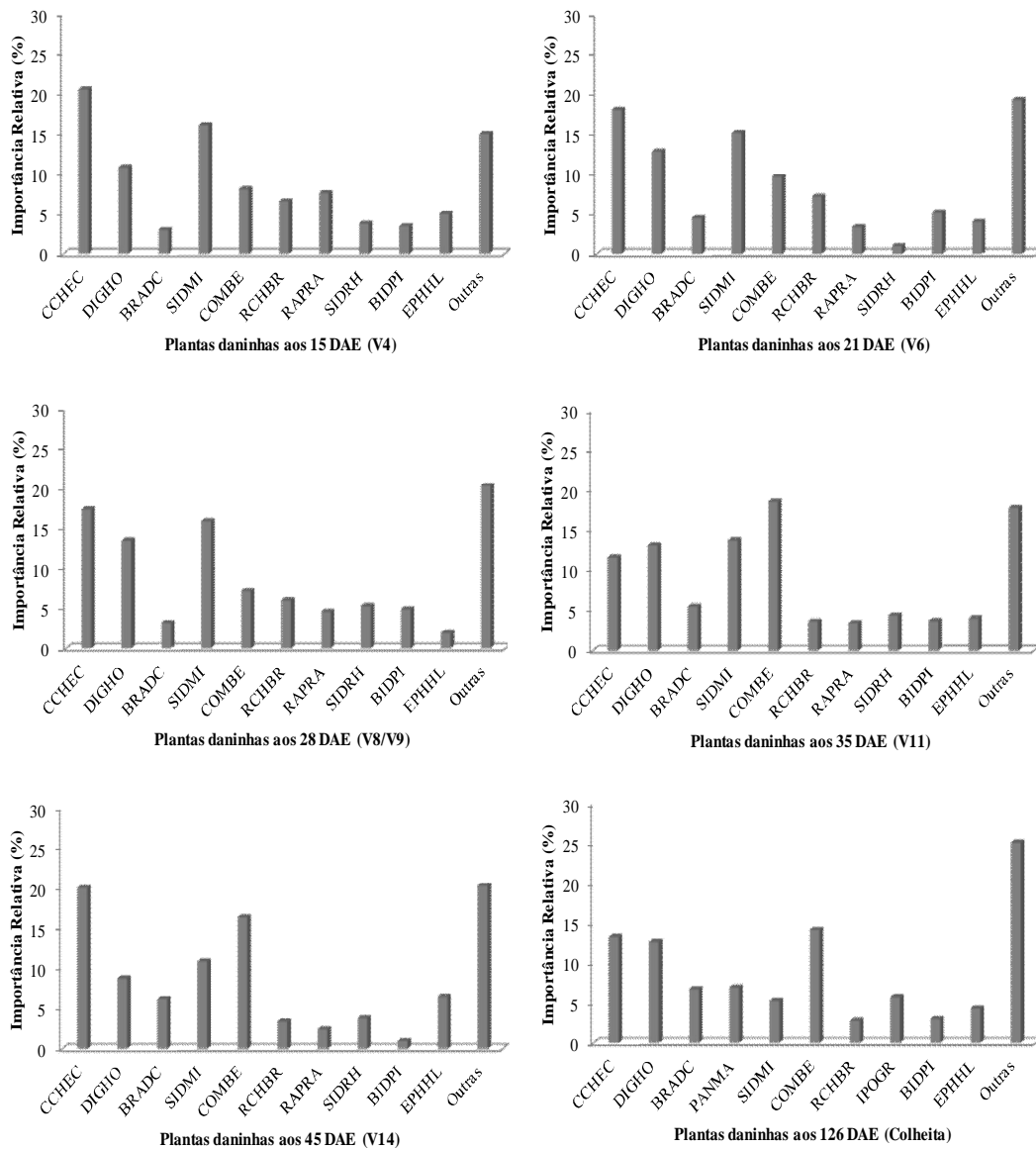


Figura 3. Importância relativa de cada espécie de planta daninha nos diferentes períodos de convivência com milho semeado em espaçamento 0,9 m com população alta. Maringá-PR, 2010/2011.

Quando se observa a importância relativa das plantas daninhas no espaçamento 0,45 m entre linhas com população baixa (Figura 4), fica claro que, até os 45 DAE (V14), não houve grandes diferenças na predominância de espécies, se comparadas com o espaçamento 0,9 m. No entanto, aos 126 DAE, as plantas daninhas perenes (*Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Sidastrum micranthum* e *Commelina benghalensis*) apresentaram valores de IR acima de 10%. Isso se deve principalmente à restrição de luz e espaço, uma vez que, em

condições de melhor distribuição espacial de plantas, a cultura tende a ocupar mais rapidamente o meio, restringindo com maior eficiência o crescimento e desenvolvimento de plantas daninhas de menor porte. Por outro lado, plantas com maior capacidade de acúmulo de biomassa por indivíduo, ciclo mais longo e maior facilidade de adaptação podem se sobressair. Com o início da senescência do milho, as plantas daninhas já instaladas (neste caso plantas daninhas perenes) têm vantagens em relação às demais que precisam iniciar seu ciclo.

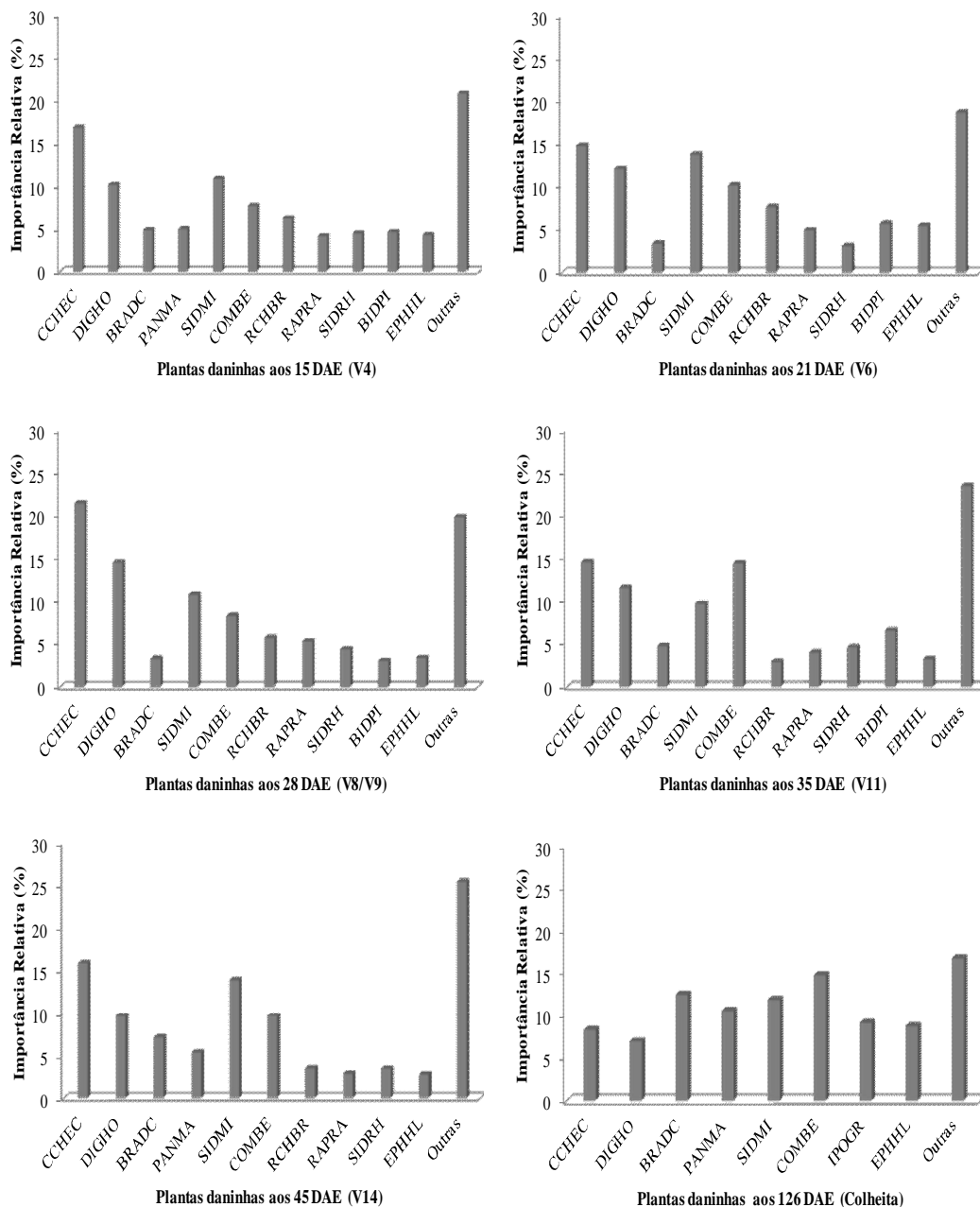


Figura 4. Importância relativa de cada espécie de planta daninha nos diferentes períodos de convivência do milho semeado em espaçamento 0,45 m com população baixa. Maringá-PR, 2010/2011.

A distância entre fileiras de 0,45 m e a população alta proporcionaram valores de IR distintos em alguns períodos (Figura 5). Inicialmente, apenas *Cenchrus echinatus*, *Digitaria horizontalis* e *Sidastrum micranthum* apresentaram maior importância. Já as outras plantas

daninhas de menor relevância presentes na área chegaram ao somatório aproximado de 30% aos 45 DAE. Ou seja, em condições de maior restrição de luz, espaço e nutrientes, a importância relativa das espécies infestantes oscila com maior facilidade. Isso ocorre porque qualquer mudança sutil em uma pequena área pode favorecer uma espécie em detrimento de outra e a combinação desses pequenos fatores pode acarretar uma grande diversidade de dominância desses ambientes, apresentando grandes variações em pequenas distâncias.

Aos 126 DAE, além das plantas daninhas perenes *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Sidastrum micranthum* e *Commelina benghalensis*, as anuais *Cenchrus echinatus* e *Ipomoea grandifolia* também compunham parte expressiva da comunidade infestante.

A maior dominância relativa das espécies perenes na fase final deste ensaio parece estar relacionada principalmente a sua capacidade de acumular massa seca em ambientes adversos por longos períodos. Diante das restrições impostas pela cultura do milho neste arranjo espacial de 0,45 m entre fileiras e população alta, as plantas daninhas anuais de menor plasticidade tiveram seu crescimento reduzido ou mesmo interrompido durante o ciclo da cultura, ou seja, muitas adiantaram seu ciclo para garantir a formação de disseminulos. Assim, à medida que algumas plantas daninhas reduziam seu desenvolvimento ou encerravam seu ciclo, outras, oportunamente, ocuparam esse espaço.

As plantas daninhas dispõem das mais diversas estratégias para se perpetuar nos ambientes agrícolas, e as pequenas mudanças na forma de cultivo das culturas podem culminar em grandes diferenças na população e na dominância de cada espécie indesejada. Desta forma, estas diferenças podem ser estáticas ou dinâmicas. No primeiro caso, a(s) mesma(s) espécie(s) de planta(s) daninha(s), inicialmente dominante(s), pode(m) manter esta condição por todo o ciclo da cultura. Com relação às diferenças dinâmicas, uma ou mais espécies de invasoras dominantes, em princípio, pode perder sua importância gradual ou subitamente, dando espaço para que outras ocupem seu lugar.

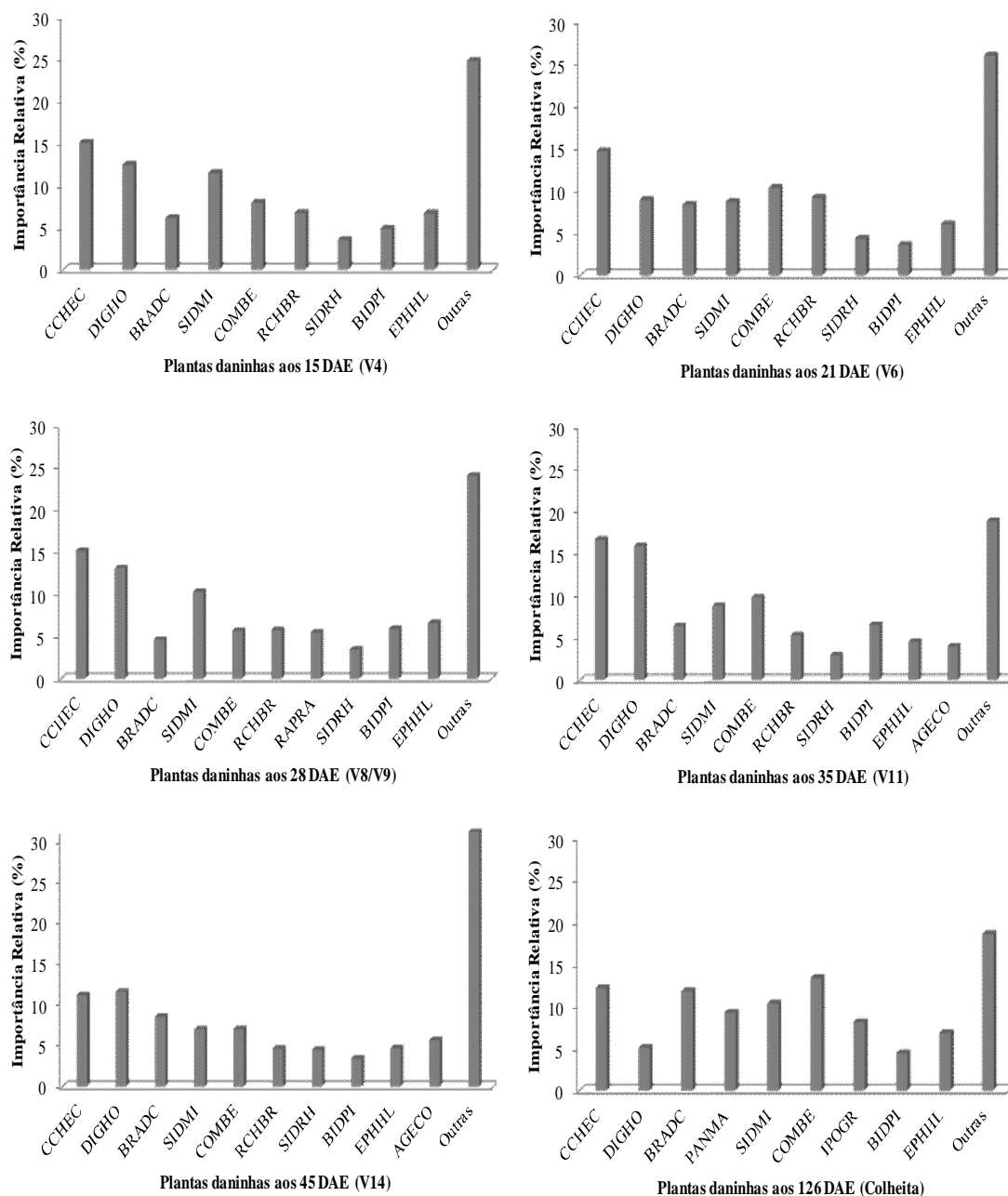


Figura 5. Importância relativa de cada espécie de planta daninha nos diferentes períodos de convivência do milho semeado em espaçamento 0,45 m com população alta. Maringá-PR, 2010/2011.

Esta manutenção ou não da dominância está relacionada às características das plantas daninhas e aos fatores impostos pelo meio, entre eles: a composição do banco de sementes; o ciclo e a morfologia das plantas daninhas; as condições edafoclimáticas; o arranjo espacial, a

morfologia e o ciclo da cultura; a adubação; as pragas e as doenças potenciais para cultura e plantas daninhas; o potencial alelopático das espécies; além da interação entre estes fatores.

Sob diferentes níveis de sombreamento, a produção de biomassa seca de gramíneas pode variar positiva ou negativamente, dependendo das condições do meio. *Brachiaria decumbens*, submetida a diversas faixas de restrição de luz, teve sua massa seca reduzida, verificando-se que o decréscimo em seu rendimento pode ser decorrente do fato de a radiação do ambiente sombreado ser inferior ao seu ponto de compensação luminoso (Castro et al., 1999). Contudo, as gramíneas do gênero *Brachiaria* apresentam grande plasticidade fenotípica quanto à interceptação de radiação. Assim, em resposta ao sombreamento, as plantas podem alocar significativamente menos biomassa nas raízes e aumentar a alocação nas folhas, incrementando a área foliar específica e a razão de área foliar (Dias Filho, 2000). Conseqüentemente, em algumas condições, elas podem manter o crescimento mesmo com limitação luminosa promovida pela cultura.

Entre as plantas daninhas mais importantes na agricultura está *Cenchrus echinatus*, uma monocotiledônea de ciclo anual pertencente ao gênero *Poaceae*. Tem o nome comum de capim-carrapicho e germina, vegeta e floresce nos meses mais quentes e úmidos do ano (Kissmann, 1997), sendo capaz de ter o ciclo prolongado em condições favoráveis. Esta planta daninha pode germinar rapidamente e predominar na área, uma vez que também se trata de uma planta C4, ou seja, é favorecida pelo calor e umidade.

Uma das estratégias mais importante para a manutenção da espécie é a interceptação da radiação solar, visto que este componente é imprescindível para realização da fotossíntese. Capacidade de maior crescimento inicial e estiolamento são algumas ferramentas importantes, no entanto, em alguns casos a estatura pode ser um fator determinante no sucesso da colonização. Nesse sentido, *Panicum maximum* e *Sidastrum micranthum* levam vantagem, uma vez estas duas espécies podem chegar a 2 e 2,5 m de altura, respectivamente (Lorenzi, 2006). Em culturas de porte elevado, como o milho, esta característica pode favorecer a dominância do ambiente no longo prazo, uma vez que a maioria das plantas daninhas anuais apresenta porte menor.

Com relação ao acúmulo de massa seca da comunidade infestante aferido ao final de cada período de convivência (Figura 6), nota-se que, independente do espaçamento entre linhas (0,45 ou 0,9 m) e da população (baixa ou alta), o crescimento inicial das plantas daninhas foi lento. Este comportamento é característico em grande parte das espécies prejudiciais aos sistemas agrícolas, pois, ao longo do tempo, as práticas de cultivo selecionaram indivíduos que apresenta simples e, ao mesmo tempo, complexa capacidade de

perpetuar sua espécie. Além disso, todos e quaisquer benefícios disponíveis são empregados com o objetivo de favorecer a cultura. Sendo assim, é comum que inicialmente as plantas invasoras acumulem biomassa lentamente e que com o passar do tempo (dependendo do seu ciclo) essa razão de crescimento aumente (Nascente et al., 2004; Machado et al., 2006; Acciaresi & Zuluaga, 2006; Carvalho et al., 2007; Martins et al., 2010).

A relação negativa entre plantas invasoras e cultura pode ocorrer em qualquer estágio do desenvolvimento de ambas, sendo esta interferência direta ou indireta. Assim, práticas de manejo podem influenciar de forma positiva ou negativa esta relação. Na Figura 6, constata-se que a população e a distância entre linhas influenciaram no acúmulo de massa seca das infestantes. No maior espaçamento com menor população, foi registrada aos 126 DAE a maior quantidade de massa seca de plantas daninhas, aproximadamente 1400 g m^{-2} (Figura 6a). Por outro lado, apenas o aumento da população em aproximadamente 17 mil plantas ha^{-1} , foi responsável por uma redução de 25% no acumulado final de massa seca das invasoras, que ficou em 1052 g m^{-2} (Figura 6b).

O espaçamento de 0,45 m entre fileiras foi o mais eficiente no controle das invasoras. Quando a população baixa foi empregada, a biomassa seca coletada aos 126 DAE foi próxima a 800 g m^{-2} (Figura 6c), ou seja, aproximadamente 43% menor quando comparado ao grupo de população semelhante, mas com espaçamento de 0,9 m. Ainda assim, o melhor resultado foi alcançado com a combinação de espaçamento 0,45 m e população elevada, onde as infestantes chegaram a aproximadamente 480 g m^{-2} (Figura 6d), valor 54% inferior ao observado na Figura 6b, que representa uma população semelhante mais com maior espaçamento entre linhas.

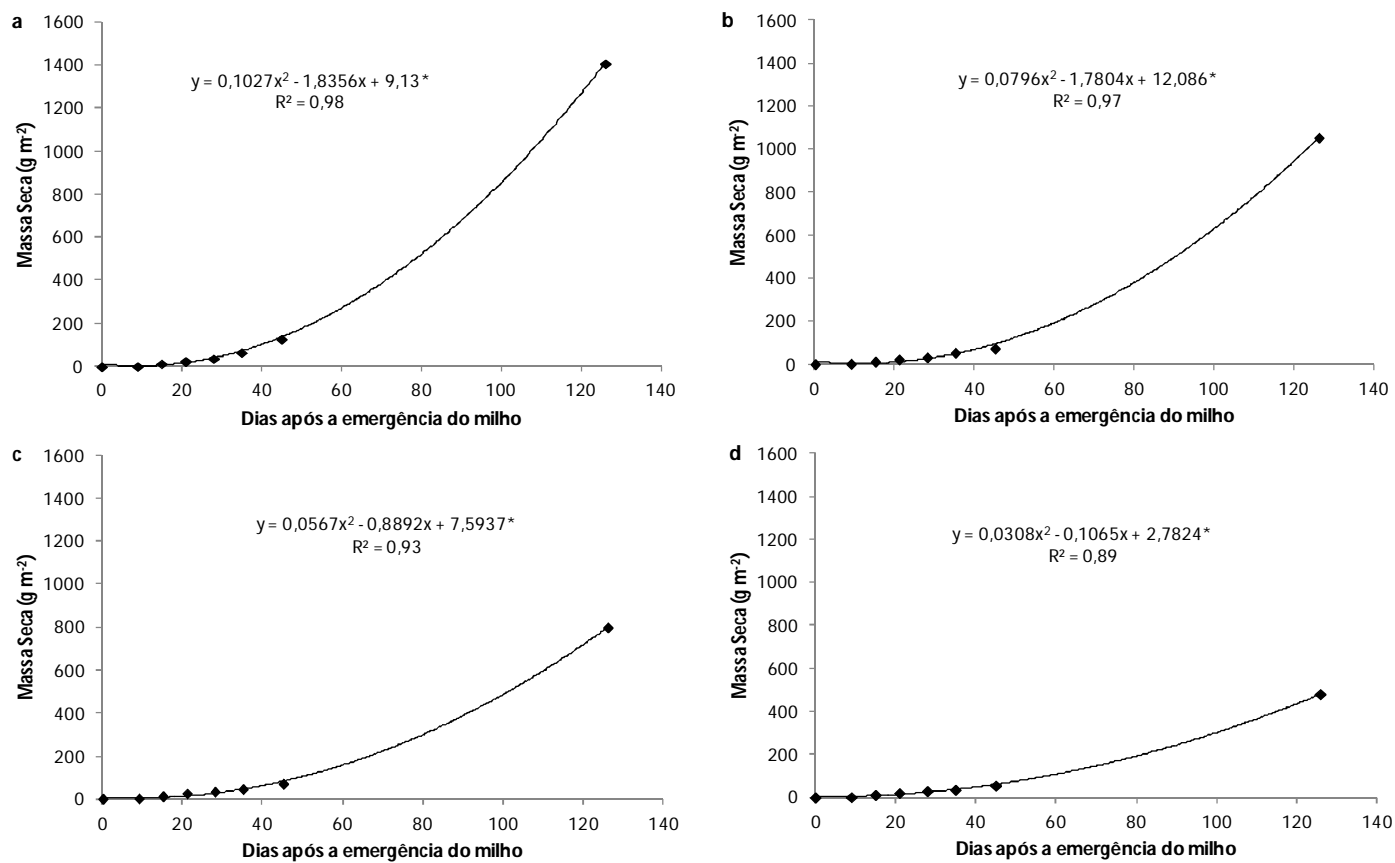


Figura 6. Massa seca da comunidade infestante em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e 0,45 e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011.

Os resultados aqui apresentados demonstram a importância da distribuição espacial das plantas de milho e sua densidade populacional sobre a supressão das plantas daninhas. Quanto mais rápido e de forma eficiente a cultura ocupa o espaço, menos as plantas daninhas se desenvolverão. Por meio dos gráficos, observa-se que, para uma mesma população, espaçamentos que distribuem as plantas da cultura de forma mais equidistante são mais eficientes para reduzir a dominância das infestantes, contribuindo, a longo prazo, para o sistema agrícola.

Comportamento semelhante ao acúmulo de massa seca também foi observado para a variável densidade da comunidade infestante (Figura 7), mas em menor escala. Para a condição de maior espaçamento e menor população, a densidade inicial (9 DAE) de plantas daninhas foi de aproximadamente 297 plantas m^{-2} (Figura 7a) e, quando a população foi elevada, este número foi reduzido para 282 plantas m^{-2} (Figura 7b). Para as condições de espaçamento 0,45 m, a população baixa de milho proporcionou a emergência de 240 plantas daninhas m^{-2} (Figura 7c) e a população alta 224 plantas m^{-2} (Figura 7d). Estes resultados demonstram que existe restrição imposta pela cultura sobre a emergência de plantas daninhas mesmo nos primeiros dias após a emergência e que esta intensidade é maior nas situações de melhor ocupação do espaço. À medida que os dias foram passando, a densidade de plantas foi sendo reduzida em todas as condições e, ao final do ciclo da cultura, a densidade média de plantas daninhas era de 15 plantas m^{-2} , o que é normal, pois a competição inter e intraespecífica aumenta com a extensão do período. Isso ocorre porque indivíduos mais adaptados e/ou de ciclo maior tendem a dominar o espaço.

Inúmeros trabalhos relatam que a ocupação mais rápida e eficiente do espaço pela cultura do milho resulta em menor incremento de biomassa pela comunidade infestante (Tharp & Kells, 2001; Knezevic et al., 2003). Assim, a massa de plantas daninhas é afetada negativamente, tanto pelo aumento da população desta cultura (Merotto JR. et al., 1997) como pela redução do espaçamento entre fileiras (Begna et al., 2001; Tharp & Kells, 2001; Balbinot JR. & Fleck, 2005).

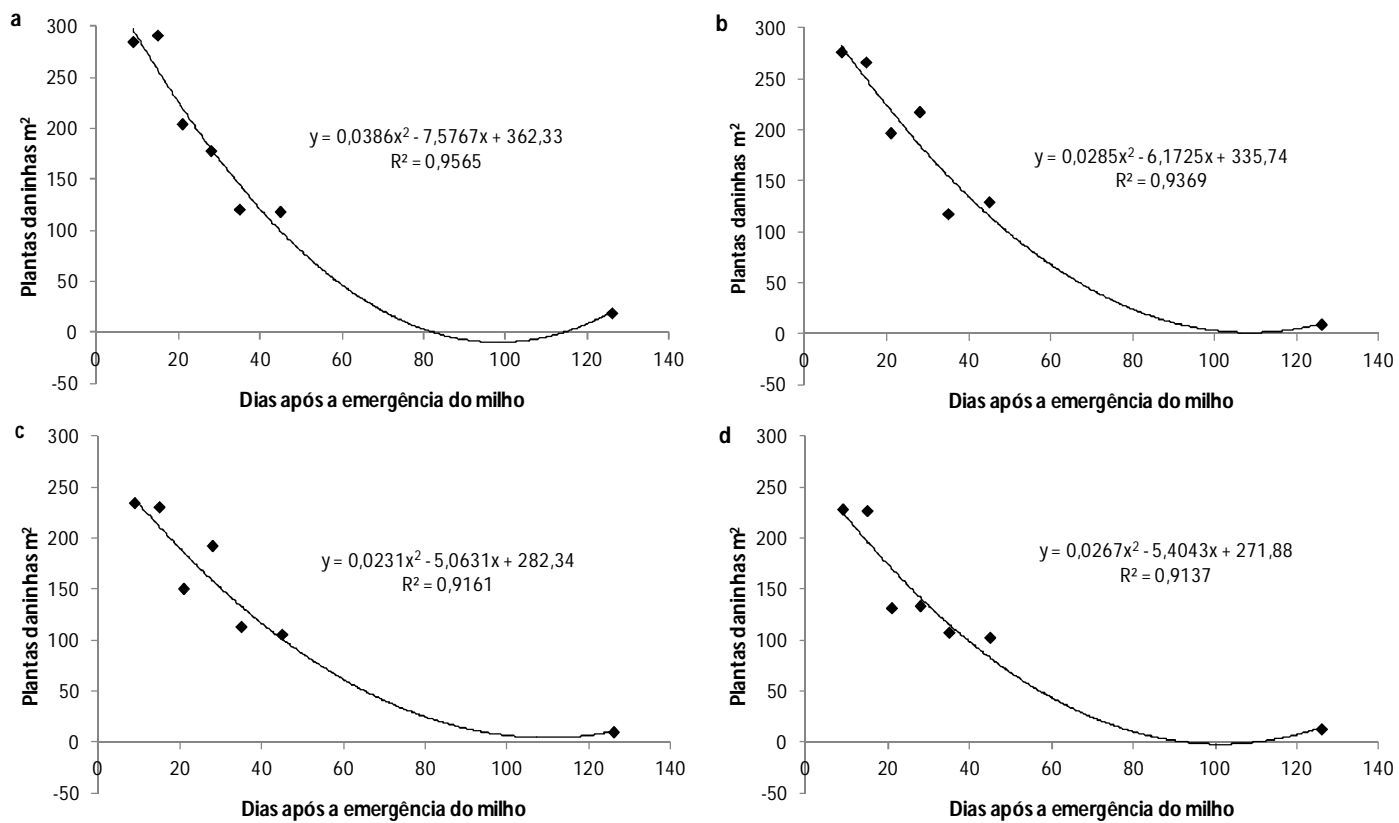


Figura 7. Densidade da comunidade infestante em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e 0,45 e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011.

A Figura 8 expressa a altura do milho nas condições de presença e ausência de interferência nas quatro combinações de espaçamento e população até os 45 DAE. O incremento em altura no milho ao longo do tempo foi semelhante, independente do espaçamento ou da população, da presença ou da ausência das plantas daninhas.

Em todos os quatro grupos, o crescimento das plantas foi lento, principalmente nas três primeiras semanas. No entanto, à medida que as plantas se desenvolviam, a razão de crescimento aumentou continuamente, sendo que, aos 45 DAE a maior estatura registrada foi de 161,24 cm no espaçamento 0,45 m com população alta e sem plantas daninhas (Figura 8d) e a menor foi de 146 cm, aferida no espaçamento 0,45 m na população baixa com interferência (Figura 8c).

A estatura do milho normalmente é afetada pela presença de plantas daninhas, especialmente quando o período de convivência se estende (Souza, 1996; Zagonel et al., 2000; Rizzardi et al., 2008; Galon et al., 2008). Entretanto, diante da grande variedade de híbridos existentes no mercado e da influência que estes podem sofrer em condições específicas de tempo, é possível que nem sempre esses resultados se repitam. No caso específico deste experimento, houve grandes volumes de chuva ocorrendo de forma contínua (Figura 1). Assim, estes fatores podem ter favorecido especialmente a estatura do milho, visto que, em certas condições de interferência, é comum que as plantas favoreçam a parte aérea em detrimento das raízes, tornando-se mais competitivas pelos recursos limitantes (Calegari et al., 1998; Constantin et al., 2008). A maior alocação de massa vegetal na parte aérea pode ser acarretada pela presença de plantas vizinhas que diminuem a razão entre luz vermelha e vermelho extremo. Esta sinalização ativa uma série de eventos fisiológicos responsáveis pelo fenômeno conhecido como estiolamento ou inicialismo (Radosevich et al., 1997; Merotto JR. et al., 2002; Vidal et al., 2010).

O diâmetro do colmo do milho em seis avaliações nos tratamentos com e sem plantas daninhas em função dos quatro grupos provenientes da combinação entre distribuição espacial e população estão representados na Figura 9.

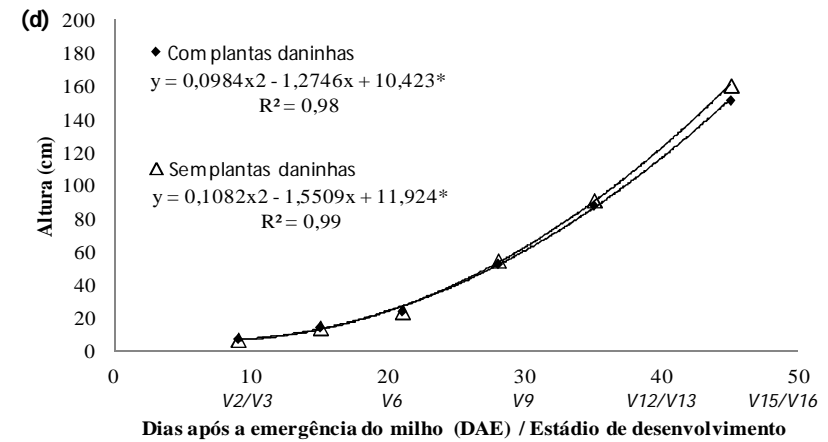
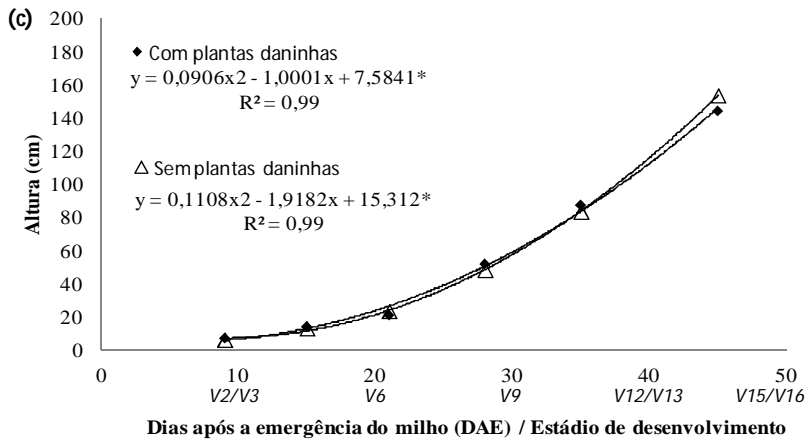
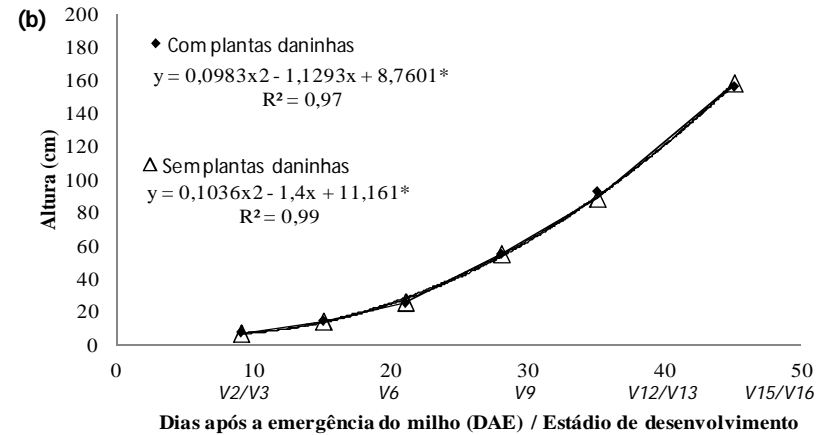
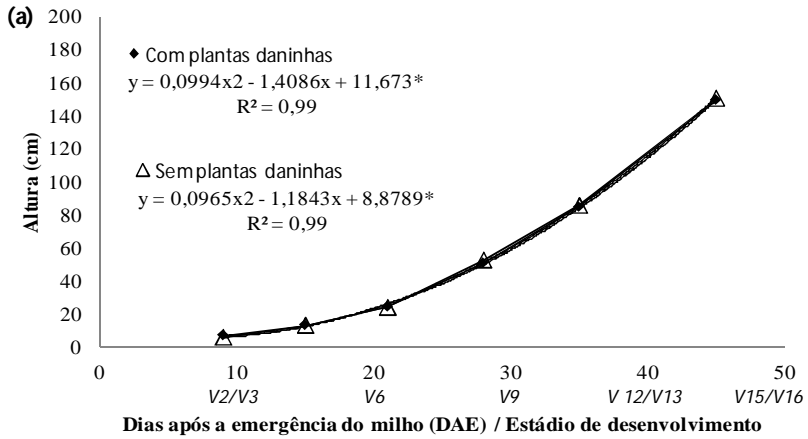


Figura 8. Altura de plantas de milho em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011.

A progressão da espessura do colmo, medida logo abaixo da última folha expandida, se comportou de forma quadrática em todas as conformações. No início, houve rápido incremento no diâmetro, passando em seguida por um período de estabilidade ao redor dos 35 DAE (V11) e, ao final (V14), houve redução. Este menor diâmetro registrado com o avanço do estágio do milho, quando a planta estava com aproximadamente 14 folhas verdadeiras, deve-se principalmente à função que o terço superior exerce. Ao contrário do restante da planta, a parte apical suporta apenas seu próprio peso e, além disso, não é nesta região que a espiga estará presente ao final do ciclo. Portanto, não há necessidade de direcionar grandes quantidades de fotoassimilados para o desenvolvimento do colmo, mesmo porque, nesta fase, a planta já está se preparando para entrar no período reprodutivo e sua relação fonte dreno terá como prioridade a formação de grãos.

Dentro de cada grupo, é possível observar que o diâmetro do colmo normalmente é maior quando o milho não foi submetido à competição. No primeiro grupo (espaçamento 0,9 m e população baixa), o incremento diário de espessura foi menor à medida que os dias de interferência avançaram. Por consequência, no início do desenvolvimento das plantas de milho foi registrada uma diferença aproximada de 3% entre o tratamento capinado e o não capinado, chegando este valor a 5% e 10%, aos 30 e 45 DAE, respectivamente (Figura 9 (a)).

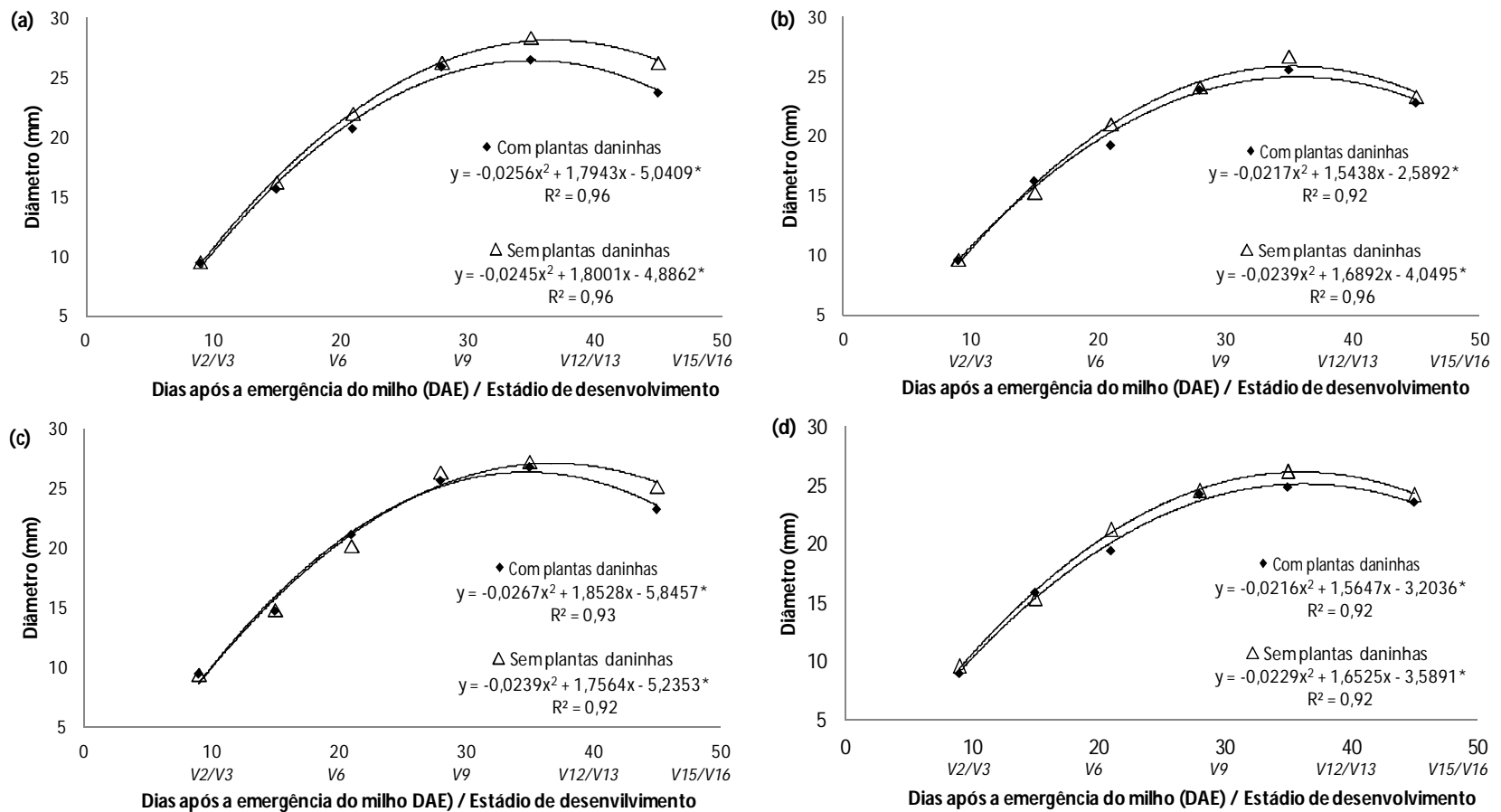


Figura 9. Diâmetro de colmo de plantas de milho em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011.

O grupo no qual foi utilizado espaçamento entre linhas 0,9 m com população alta apresentou efeito negativo da interferência sobre o diâmetro de colmo das plantas de milho a partir de aproximadamente 15 DAE (V4). A partir dos 25 DAE, as diferenças no diâmetro do colmo foram relativamente constantes, ficando entre 2,5% e 3,6%. Assim, o menor impacto ao longo do tempo foi resultado da competição intraespecífica das plantas de milho na linha de semeadura e da barreira física causada por elas, que restringia principalmente a radiação solar sobre as plantas daninhas ao seu redor, limitando seu desenvolvimento.

As menores diferenças de diâmetro entre o tratamento com e sem interferência foram constatadas no espaçamento 0,45 m entre linhas quando se empregou população baixa, sendo esta próxima de zero até os 30 DAE (Figura 9 (c)). Este fato pode ser explicado levando em conta as características de espaçamento e população utilizadas. Nesta condição, cada planta de milho dispunha de maior espaço para se desenvolver e explorar os recursos do meio. No entanto, a partir do momento em que as plantas daninhas começaram a acumular mais intensamente massa seca por dia (35 DAE, Figura 6), a variação no diâmetro aumentou, chegando a 2,4% e 7,6%, aos 35 e 45 DAE, caracterizando a competição entre espécies.

O espaçamento entre linhas de 0,45 m com alta população de plantas de milho foi a combinação que apresentou menor variação na redução do diâmetro de colmo durante o período de avaliação. No entanto, os valores iniciais de redução partiram de menos 3,2%, quando o milho estava apenas em V2/V3 (9 DAE), e aproximadamente 4,3% aos 28 DAE (Figura 9(d)).

Entre todos os quatro grupos apresentados na Figura 9, dentro dos tratamentos com e sem interferência, o que teve plantas com maior diâmetro durante todo o período de avaliação foi o espaçamento 0,9 m com população baixa (Figuras 8(a)). Por outro lado, quando se manteve o mesmo espaçamento e aumentou a população de milho, foram registradas as menores espessuras de colmo (Figuras 8(b)). Isso é atribuído à maior quantidade de plantas na linha de semeadura em relação aos demais grupos, aumentando a competição intraespecífica e reduzindo, conseqüentemente, o diâmetro de colmo.

Diferenças na arquitetura e no desenvolvimento são comuns entre plantas de uma mesma espécie cultivadas em uma mesma área e, principalmente, em áreas distintas. Isso ocorre porque cada indivíduo está sujeito a interferências que variam em forma e proporção. Assim, dependendo do local, cada forma de distribuição das plantas de milho pode resultar numa interação distinta. A interferência intraespecífica, ou seja, entre plantas da mesma espécie, e a interespecífica, entre espécies distintas, resultam em maiores modificações quanto

maior for a proximidade entre os indivíduos (Almeida & Mundstock 2001; Constantin et al., 2008; Vidal et al., 2010).

Pelo modelo ajustado Logístico, observa-se que a área foliar do milho, referente à última folha expandida (Figura 10), teve um pequeno acréscimo, no início, até aproximadamente 15 DAE (V4/V5), seguido de um período de rápido crescimento até aproximadamente 35 DAE, com posterior queda de incremento de área foliar.

Entre as situações de presença e ausência de interferência, o primeiro caso apresentou menores valores de máxima área, resultado dos efeitos competitivos das plantas daninhas durante o período avaliado.

Observando os valores das Figuras de 2, 3, 4 e 5, verifica-se que as espécies do gênero *Poaceae* se destacaram durante todo o ciclo da cultura, apresentando elevados valores de importância relativa. Como o milho também pertence a este gênero, a demanda por nutrientes entre as espécies é muito semelhante, com maior destaque para o nitrogênio, macronutriente importante para a formação e alongação de folhas (Epstein & Bloom 2006; Taiz & Zeiger, 2004).

Para as diferentes combinações de espaçamento e população, é possível observar que o maior valor de acúmulo de área foliar foi expresso no espaçamento de 0,9 m entre linhas com população alta (Figura 10 (b)). Os valores de máxima área foliar nas condições de presença e ausência de competição chegaram a 4151,9 e 4555,9 m² ha⁻¹, respectivamente.

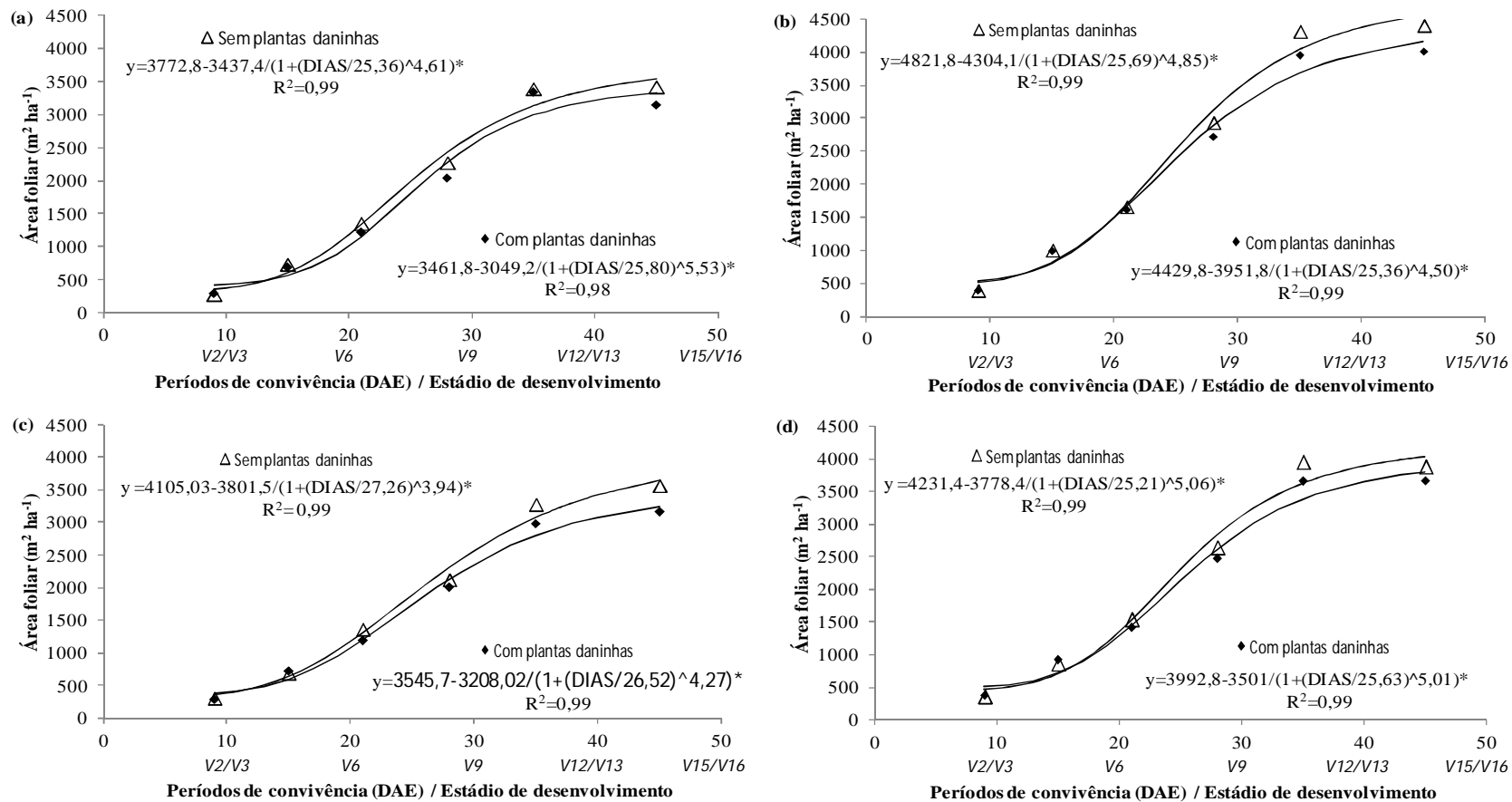


Figura 10. Área foliar do milho referente à última folha expandida em função do espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011.

O aumento na densidade de plantas é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar e a ocupação do espaço. Contudo, populações muito altas podem favorecer a esterilidade feminina, aumentar o intervalo entre o florescimento masculino e feminino, reduzir o número de grãos produzidos por espiga e por área, reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência de conversão dos fotoassimilados em produção de grãos (Otegui & Andrade, 2000). Aliado a estes fatores, é importante considerar também o papel regulatório dos fitocromos como sensores do grau de fechamento da cultura e da intensidade da competição intraespecífica no dossel. Pesquisas realizadas com diversas espécies têm demonstrado que a quantidade de radiação nas faixas do vermelho extremo (Ve) e vermelho (V) pode regular, por meio dos fitocromos, a distribuição dos fotoassimilados e o padrão de crescimento externado pelas plantas (Almeida, 1998). Quando a densidade é alta, a distância entre plantas é menor, o que aumenta a quantidade de radiação na faixa do vermelho extremo refletida pelas plantas da própria cultura, aumentando a relação Ve/V (Kasperbauer & Karlen, 1994; Almeida et al., 2000). O aumento da relação Ve/V decorrente do incremento na densidade de plantas suprime o desenvolvimento de perfilhos em trigo, estimulando a dominância apical (Almeida et al., 2002). Dessa forma, o intenso adensamento do milho na linha de semeadura aumenta a relação Ve/V, desencadeando eventos fisiológicos que levam a planta a priorizar a alocação de fotoassimilados para as partes vegetativas, em detrimentos das reprodutivas.

Para o grupo de espaçamento reduzido (0,45 m) e população de alta (70216 plantas ha⁻¹), a área foliar máxima chegou a 3795,7 e 4041,1 m² ha⁻¹, quando o milho esteve na presença ou ausência da comunidade infestante, respectivamente (Figura 10 (d)).

Independentemente do espaçamento, a população baixa apresentou valores muito próximos de área foliar máxima quando houve presença de plantas daninhas (Figura 10 (a) e 10 (c)) (3227 e 3243 m² ha⁻¹, nos espaçamentos de 0,9 e 0,45 m, respectivamente). Para a mesma condição de população citada anteriormente, nas parcelas livres de interferência, o menor espaçamento proporcionou maior área foliar final, 3640,9 m² ha⁻¹ (Figura 10 (c)).

De acordo com as equações (Figura 10), metade da área foliar máxima foi registrada próximo ao 26º dia após a emergência (para o período de 45 dias de avaliação). Nesta data, o ângulo da regressão no espaçamento 0,45 m com população alta foi pouco maior que 5º, ou seja, a maior taxa de incremento em área foliar quando comparado aos demais.

As equações ajustadas para o rendimento do milho nos períodos crescentes de convívio com as plantas daninhas nas diferentes combinações de espaçamento e população foram:

Rendimento (kg ha^{-1}) no espaçamento 0,9 m entre fileiras e população baixa = $((9022,7-5610,3)/(1+\text{EXP}((\text{DIAS}-29,37)/10,8)))+5610,3$, $R^2=0,95$;

Rendimento (kg ha^{-1}) no espaçamento 0,9 m entre fileiras e população alta = $((8541,1-6399,1)/(1+\text{EXP}((\text{DIAS}-28,65)/9,07)))+6399,1$, $R^2=0,93$;

Rendimento (kg ha^{-1}) no espaçamento 0,45 m entre fileiras e população baixa = $((9206,4-6613,9)/(1+\text{EXP}((\text{DIAS}-30,44)/6,44)))+6613,9$, $R^2=0,95$;

Rendimento (kg ha^{-1}) no espaçamento 0,45 m entre fileiras e população alta = $(3215,4*(\text{EXP}(-0,0363*\text{DIAS}))+6656,1)$, $R^2=0,94$.

O resultado do teste com aproximação dada pela estatística F (Bates & Watts, 1988), que identifica identidade de modelos de regressão, para as quinze hipóteses sobre igualdade de parâmetros, encontra-se no Tabela 4.

Partindo do princípio de que o modelo ajustado para queda no rendimento do milho em função da interferência no espaçamento 0,45 m com população alta (modelo de Mitscherlich) difere matematicamente das demais e como o teste para $H_0^{(15)}$ foi significativo ($P=0,0103$), pode-se concluir que não é possível a utilização de uma única equação para representar os efeitos das plantas daninhas sobre a cultura do milho nas combinações de espaçamento e população citadas.

As hipóteses $H_0^{(11)}$, $H_0^{(12)}$, $H_0^{(13)}$ e $H_0^{(14)}$ testam os parâmetros Q, J, L e dx, quando estes são empregados simultaneamente em grupos de três parâmetros, em todas as combinações descritas pelas hipóteses citadas anteriormente. Este procedimento verifica a igualdade entre os parâmetros das regressões quando, de acordo com a hipótese, três parâmetros são tomados como semelhantes. Como o resultado foi significativo para $H_0^{(11)}$, $H_0^{(12)}$, $H_0^{(13)}$ e $H_0^{(14)}$ ($P<0,05$), cada combinação testada difere significativamente em pelo menos um valor e, portanto, não é possível a utilização de valores iguais para nenhum parâmetro em qualquer que seja a combinação. Dessa forma, para a hipótese $H_0^{(11)}$, pelo menos um valor do parâmetro Q e/ou um do parâmetro J e/ou um do parâmetro L diferem.

Tabela 4. F calculado (F_{cal}), graus de liberdade (G.L) e resultados dos testes das hipóteses $H_0^{(1)}$, $H_0^{(2)}$, $H_0^{(3)}$, $H_0^{(4)}$, $H_0^{(5)}$, $H_0^{(6)}$, $H_0^{(7)}$, $H_0^{(8)}$, $H_0^{(9)}$, $H_0^{(10)}$, $H_0^{(11)}$, $H_0^{(12)}$, $H_0^{(13)}$, $H_0^{(14)}$ e $H_0^{(15)}$ pela estatística F. Maringá-PR, 2010/2011

| Hipóteses | F_{cal} | G.L. | $P(F > F_{cal})$ |
|--|-----------|--------|------------------|
| $H_0^{(1)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ | 1,20 | 2, 117 | 0,3046 |
| $H_0^{(2)}$: $J_1 = J_2 = J_3 = J$ | 1,29 | 2, 117 | 0,2801 |
| $H_0^{(3)}$: $L_1 = L_2 = L_3 = L$ | 1,20 | 2, 117 | 0,3044 |
| $H_0^{(4)}$: $dX_1 = dX_2 = dX_3 = dx$ | 0,11 | 2, 117 | 0,8973 |
| $H_0^{(5)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ e $J_1 = J_2 = J_3 = J$ | 1,47 | 4, 117 | 0,2164 |
| $H_0^{(6)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ e $L_1 = L_2 = L_3 = L$ | 0,70 | 4, 117 | 0,5952 |
| $H_0^{(7)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$ | 1,13 | 4, 117 | 0,3462 |
| $H_0^{(8)}$: $J_1 = J_2 = J_3 = J$ e $L_1 = L_2 = L_3 = L$ | 1,53 | 4, 117 | 0,1967 |
| $H_0^{(9)}$: $J_1 = J_2 = J_3 = J$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$ | 1,25 | 4, 117 | 0,2929 |
| $H_0^{(10)}$: $L_1 = L_2 = L_3 = L$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$ | 0,17 | 4, 117 | 0,9536 |
| $H_0^{(11)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, $J_1 = J_2 = J_3 = J$ e $L_1 = L_2 = L_3 = L$ | 7,87 | 6, 117 | < 0,0001 |
| $H_0^{(12)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, $J_1 = J_2 = J_3 = J$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$ | 4,85 | 6, 117 | 0,0002 |
| $H_0^{(13)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, $L_1 = L_2 = L_3 = L$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$ | 4,99 | 6, 117 | 0,0001 |
| $H_0^{(14)}$: $J_1 = J_2 = J_3 = J$, $L_1 = L_2 = L_3 = L$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$ | 3,69 | 6, 117 | 0,0022 |
| $H_0^{(15)}$: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, $J_1 = J_2 = J_3 = J$, $L_1 = L_2 = L_3 = L$ e $dx_1 = dx_2 = dx_3 = dx$ | 2,66 | 8, 117 | 0,0103 |

As hipóteses que englobam a combinação de dois parâmetros simultâneos ($H_0^{(5)}$ até $H_0^{(10)}$) foram aceitas, ou seja, é possível a utilização de valores iguais para estes parâmetros (de acordo com a hipótese) nas três equações sigmoidais, independente de quais parâmetros forem tomados como semelhantes. Dessa forma, podem-se utilizar os mesmo valores para dois parâmetros nas três equações para queda de rendimento em função da interferência das plantas daninhas. Assim, de acordo com a hipótese aceita $H_0^{(5)}$, é possível utilizar um valor comum para o parâmetro Q e outro valor comum para o parâmetro J. O mesmo comportamento ocorreu quando as hipóteses de $H_0^{(1)}$ até $H_0^{(4)}$ foram testadas, demonstrando que, em qualquer que seja o parâmetro, existe a possibilidade de empregar apenas um valor comum. No entanto, tanto para este caso quanto para o anterior (hipótese $H_0^{(5)}$ até $H_0^{(10)}$), é preciso atentar para o fato de que a adoção de uma hipótese automaticamente descarta a possibilidade de utilização das demais.

Os resultados significativos apenas para as hipóteses de $H_0^{(1)}$ a $H_0^{(10)}$ ocorrem porque o modelo sigmoidal de Boltzmann apresenta dependência entre os parâmetros e, dessa forma, a modificação nos valores de um ou mais parâmetros influencia diretamente os demais. Sendo assim, quanto mais parâmetros são tomados como semelhantes, maior será a diferença entre estes e os originais (referentes ao modelo completo) e, portanto, menor será a chance de

utilização deste modelo. O nível máximo de redução de um modelo é quando cada um dos parâmetros pode ser substituído por um valor comum, resultando em apenas uma regressão.

Os resultados mostra que não é possível utilizar apenas uma única equação para representar o comportamento da cultura do milho submetido à competição nas diferentes combinações de distribuição espacial e população. O mesmo pode ser tomado como verdade para cada parâmetro Q, J, L e dx isolados ou combinados entre si. As interpretações e discussões relacionadas aos modelos devem ser feitas lavando-se em conta cada grupo distinto de espaçamento combinado com densidade populacional (quatro condições).

Por meio dos quatro modelos já expostos anteriormente e das curvas que os representam graficamente (Figura 11), observa-se que a redução no rendimento do milho em função dos diferentes períodos de convivência resultou em uma resposta sigmoideal para o espaçamento 0,9 m entre linhas em ambas as populações e no espaçamento 0,45 m na população baixa. Portanto, inicialmente, foi registrada uma menor inclinação da curva, demonstrando que a interferência das plantas daninhas foi baixa. Nesta fase, é possível que as plantas cultivadas e as infestantes convivam juntas por certo período, uma vez que, por ainda serem jovens, suas demandas são pequenas e o meio é capaz de supri-las, não havendo limitação dos recursos existentes. Este período pode ser caracterizado como período anterior à interferência (PAI). A Figura 6 demonstra que, em todas as condições do experimento, o acúmulo de massa seca da comunidade infestante foi muito lento nas primeiras semanas, ou seja, a absorção de nutrientes e a ocupação de espaço foram pouco expressivas. No entanto, para o espaçamento 0,45 m entre linhas, na população alta, a redução de rendimento foi intensa e progressiva no início, demonstrando que, para esta condição, a interferência ocasionada pelas plantas daninhas ocorre de forma mais ofensiva e precoce sobre a cultura.

Estas variações na forma de manejo da população, como já citado, podem alterar a condição de “comodidade” da cultura. Mesmo inicialmente, é observado que cada estrutura do arranjo de plantas reagiu de uma forma diferenciada à interferência inter e intraespecífica. O arranjo espacial que maximizou o rendimento foi o de espaçamento de 0,45 m com maior população (próximo a 71 mil plantas ha⁻¹), chegando aos 9871 kg ha⁻¹ (Figura 11 (d)). No entanto, a mesma realidade de melhor rendimento resultou, também, em maior prejuízo inicial por dia de convivência com as plantas daninhas, como pode ser observado pela sessão inicial da curva.

O segundo maior produtividade (parâmetro Q nos modelos assintóticos) também está relacionado à melhor distribuição espacial de plantas, representada pelo grupo de

espaçamento 0,45 m entre fileiras com população de 53947 plantas ha⁻¹, responsável por 9184 kg ha⁻¹ quando não houve interferência de plantas daninhas (Figura 11(c)).

Os piores resultados foram observados no espaçamento entre linhas 0,9 m, sendo de 8812 e 8454 kg ha⁻¹ para as populações baixa e alta, respectivamente (Figura 11 (a) e 11 (b)). Analisando estes rendimentos juntamente com os resultados de acúmulo de área foliar (Figura 10), é possível destacar que a maior expansão foliar, devido à maior competição intraespecífica, comprometeu o potencial produtivo do milho, sendo este efeito mais acentuado na população alta. Estudos demonstram que incrementos em estatura de planta, massa vegetal e área foliar podem resultar em incremento significativo da taxa respiratória, auto sombreamento e alocação de fotoassimilados em órgãos vegetativos, reduzindo o índice de colheita e o rendimento de grãos (Fischer et al., 1997).

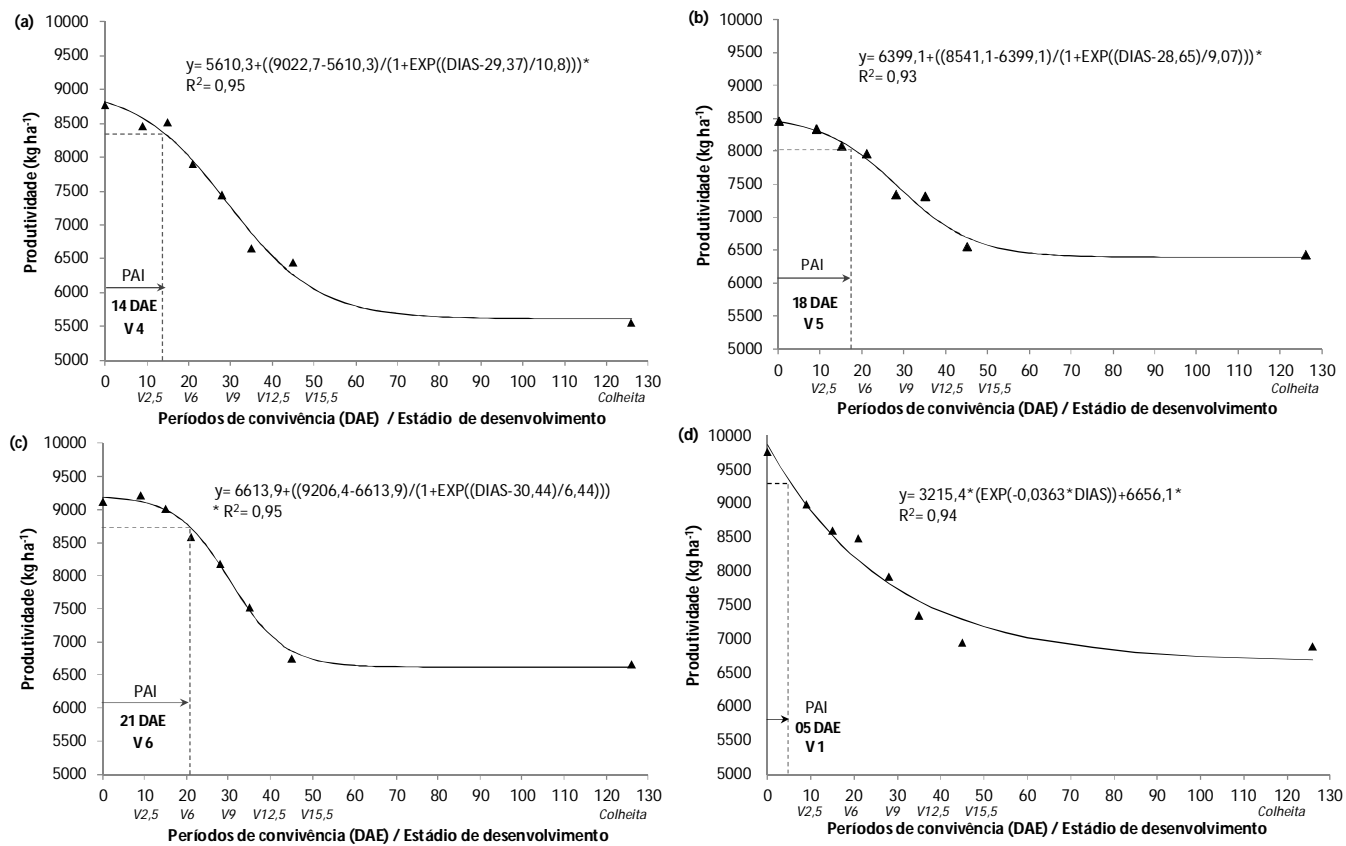


Figura 11. Rendimento do milho submetido a períodos crescentes de convivência com as plantas daninhas no espaçamento 0,9 m entre fileiras na população baixa (a) e alta (b) e 0,45 m entre fileiras na população baixa (c) e alta (d). Maringá-PR, 2010/2011.

De acordo com as equações ajustadas, o rendimento mínimo (parâmetro J para as equações assintóticas) teve seu menor valor quando a cultura foi semeada em espaçamento maior e população baixa (Figura 11 (a)), condições que favorecem o desenvolvimento das plantas daninhas. Na Figura 6m isso é observado, pois a mesma combinação que resultou em menor rendimento (5611kg ha^{-1}) também proporcionou maior acúmulo de massa seca de plantas daninhas por ocasião da colheita da cultura.

Em geral, no que diz respeito ao acúmulo de nutrientes, mais importante que o teor é o conteúdo destes na massa seca de infestantes. Plantas daninhas que apresentam maior quantidade de nutrientes por unidade de peso seco nem sempre são as que retiram maior quantidade do solo. Na maioria das ocasiões, quanto maior massa, mais nutrientes são imobilizados, prejudicando a cultura diretamente quanto à absorção de elementos minerais (Carvalho et al., 2007).

O maior rendimento quando a cultura conviveu por todo o ciclo com as plantas daninhas foi 6656 kg ha^{-1} , seguido de 6614 kg ha^{-1} no espaçamento 0,45 com população alta e baixa, respectivamente (Figura 11 (d) e 11 (c)). Também para estas duas formas de semeadura, a redução de rendimento seguiu a tendência inversa ao acúmulo de massa das plantas daninhas presentes na área. O maior rendimento estimado ocorreu justamente no tratamento onde foi coletada a menor quantidade de massa seca de invasoras (Figura 6 (d)).

Assim, além de influenciar a capacidade de rendimento máximo, as variações de distribuição espacial de plantas e suas proporções também revelam grande influência sobre a capacidade competitiva da cultura para com as plantas indesejadas. A melhor alocação de cada indivíduo da cultura no campo resulta em plantas mais produtivas (Argenta et al., 2001) e competitivas, capazes de reduzir a população e o desenvolvimento das plantas daninhas (Begna et al., 2001).

De acordo com as equações, 19 dias de convivência com as plantas daninhas foi suficiente para redução de 50% no rendimento máximo no grupo que registrou maior potencial produtivo (Figura 11 (d)). As populações contidas no espaçamento de 0,9 m entre linhas e o espaçamento 0,45 m com população reduzida levaram em média 29 dias para registrar 50% de queda no rendimento. Isso demonstra que, em condições de maior e melhor exploração do meio, as interferências podem ser mais severas, mesmo em estádios iniciais.

O período anterior à interferência (PAI) também apresentou consideráveis variações. No grupo onde a cultura do milho teve melhor distribuição de plantas por área, conciliada com maior área para ser explorada por cada indivíduo (0,45 m entre linhas e população

baixa), foi verificada uma redução de 5% (valor tolerado) aos 21 DAE (V6) (Figura 11 (c)), sendo o período mais extenso.

Ao analisar a progressão do diâmetro de caule entre as situações de presença e ausência de plantas daninhas (Figura 8 (c)), destaca-se a pequena variação de valores entre os dois casos até os 30 DAE. Este fato, aliado à menor taxa de expansão foliar diária (Figura 10 (c)) e à pequena divergência em altura (Figura 8 (c)), demonstram que as plantas daninhas tiveram pouca influência inicial sobre o desenvolvimento das plantas de milho.

Com PAI de 14 DAE, a menor população com 0,9 m de espaçamento entre linhas teve 5% de queda no rendimento quando as plantas estavam com quatro folhas totalmente expandidas. Paralelo a estes resultados, a variável diâmetro de caule teve seu desempenho comprometido desde o início quando foi submetida à competição (Figura 9 (a)). Por outro lado, aos 9 DAE, a estatura das plantas de milho, nas parcelas sem capina, era 14% maior que a registrada nas parcelas capinadas (Figura 8 (a)). Assim, a influência da competição inicial sobre o crescimento da cultura, neste caso, resultou em estiolamento, refletindo em menor rendimento final.

A maior quantidade de plantas de milho por área (aproximadamente 71 mil ha⁻¹), com espaçamento 0,9 m teve PAI de 18 DAE, ocorreu quando as plantas estavam com cinco folhas totalmente expandidas (Figura 11(b)). O período relativamente maior que o citado anteriormente possui relação direta com o aumento do número de plantas na linha de semeadura, condição que aumentou principalmente a área foliar acumulada. Por consequência, estes dois fatores podem resultar em uma barreira física ao longo da linha de semeadura, uma vez que grandes quantidades de folhas limitam a chegada de luz solar ao solo, reduzindo a infestação localmente e prejudicando o crescimento das plantas daninhas que viessem a emergir. Dessa forma, tanto diâmetro de caule (Figura 9 (b)), quanto altura (Figura 8 (b)) e área foliar (Figura 10 (b)) revelam que a interferência das infestantes foi mínima, não afetando o desenvolvimento do milho inicialmente. Por outro lado, a competição intraespecífica foi severa e evidente.

O grupo de menor espaçamento entre linhas e densidade alta foi o mais sensível à interferência, com PAI de apenas 5 DAE, quando o milho estava no estágio V1. Esta redução tão precoce no rendimento está intimamente relacionada à combinação que resulta na melhor exploração do solo e do espaço pela cultura. Assim, a maior demanda de nutrientes (devido à elevação da população), vinculada à possibilidade de obtê-los, resulta em limitações precoces do meio, acelerando o início da competição interespecífica.

Em experimentos realizados em dois anos nos EUA. com espaçamento de 0,48 m entre fileiras e população de 72 mil plantas ha⁻¹, o PAI foi de apenas 5 e 9 DAE (V1 e V2, respectivamente) (Norsworthy & Oliveira, 2004). No Brasil, experimentos realizados em espaçamentos maiores (0,8 a 0,9 m), com populações próximas a 60 mil plantas ha⁻¹, tiveram PAI registrado de 11 DAE (Galon et al., 2008), 15 DAE (Kozłowski, 2002) e 9 DAE (Kozłowski et al., 2009) e nas últimas duas citações é relatado que o milho estava em V2. Em contrapartida, em condições de espaçamento e população semelhantes, Skóra Neto (2003) constata que a interferência provocada pelas plantas daninhas teve início a partir dos 28 DAE, momento em que as plantas de milho estavam com sete folhas totalmente expandidas.

Um dos principais fatores que governam a competição é a distância entre plantas daninhas e cultura. Quanto mais próximas estas estiverem, maior serão os danos ao rendimento (Velini, 1989). Além disso, a forma de manejo e a própria cultura devem ser considerados. Arranjos espaciais em combinação com populações que proporcionam maior capacidade de exploração dos recursos contribuem para redução no período anterior à interferência.

Diante dos resultados expressos neste trabalho, é possível afirmar que variáveis referentes ao crescimento e desenvolvimento do milho apresentam grande potencial para serem utilizadas na determinação do início da interferência e conseqüentemente na redução do rendimento. No entanto, para maior compreensão acerca destes parâmetros, é necessário que mais estudos específicos sejam realizados, levando-se em consideração fatores morfológicos, fisiológicos, climáticos, de manejo, entre outros. Entre as variáveis mais promissoras estudadas neste experimento, destacaram-se o diâmetro de caule logo abaixo da última folha expandida e acúmulo de área foliar.

No campo, uma alternativa promissora, mas não definitiva, seria a manutenção de algumas parcelas sem plantas daninhas dentro da área de cultivo para serem utilizadas como referência. Nesta condição, qualquer diferença registrada ou observada pelo técnico indicaria a presença da interferência e, por conseqüência o momento limite para que o controle seja efetuado. Vale ressaltar que, de acordo com o trabalho, o início das divergências já caracteriza a queda de rendimento e, portanto, este método pode ser utilizado como um complemento à tomada de decisão para o início do controle.

5. CONCLUSÕES

O aumento na população de plantas de milho e a redução no espaçamento entre linhas diminuem o acúmulo de massa seca e a densidade das plantas daninhas.

O maior período anterior à interferência foi registrado no espaçamento de 0,45 m com menor população (21 dias após a emergência (DAE), V6).

O espaçamento entre linhas 0,9 m com população alta e baixa teve o período anterior à interferência de 18 e 14 DAE ou V5 e V4, respectivamente.

A maior susceptibilidade à interferência das plantas daninhas foi com maior população e 0,45 m de espaçamento, com PAI de 5 DAE (V1).

6. REFERÊNCIAS

ACCIARESI, H.A.; ZULUAGA, M.S. Effect of plant row spacing and herbicide use on weed aboveground biomass and corn grain yield. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n.2, p. 287-293, 2006.

ALMEIDA, F.S. Eficácia de herbicidas pós-emergente no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR. 1981. p.101-144 (Circular, 23).

ALMEIDA, J.C.V.; LEITE, C.R.F. Eficiência do herbicida pyriithobac aplicado em pós-emergência no controle de plantas daninhas na cultura do algodão. **Planta Daninha**, Viçosa, v.17, n.1, p. 131-138, 1999.

ALMEIDA, M.L. **Modificação do afilhamento de trigo e aveia pela qualidade da luz**. 1998. 120f. Dissertação (Doutorado em Fitotenia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ALMEIDA, M.L.; MEROTTO JR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p. 23-29, 2000.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.401-408, 2001.

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; TRENTIN, P.S.; GALIO, J. Cultivares de trigo respondem diferentemente à qualidade da luz quanto à emissão de filhotes e acumulação de massa seca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 377-383, 2002.

AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; BARBOSA, J.C. Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada nas características produtivas em cultura de milho sob alta tecnologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**: [resumos expandidos]... Sete Lagoas: ABMS/ EPAGRI/Embrapa Milho e Sorgo, 2002. CDROM.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

AZANIA, A.A.P.M.; AZANIA, C.A.M.; GRAVENA, R.; PAVANI, M.C.M.D.; PITELLI, R.A. Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae. **Planta Daninha**, v. 20, p. 207-212, 2002.

BALBINOT JR., A.A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 415-421, 2005.

BATES, D.M.; WATTS, D.G. **Nonlinear regression analysis and its applications**. New York: John Wiley, 1988. 365p.

BEGNA, S.H.; HAMILTON, R.I.; DWYER, L.M.; STEWART, D.W.; CLOUTIER, D.; ASSEMAT, K.L. Morphology and yield response to weed pressure by corn hybrids differing in canopy architecture. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 14, n. 4, p. 293-302, 2001.

BIFFE, D.F.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; FRANCHINI, L.H.M.; RIOS, F.A.; BLAINSKI, E.; ARANTES, J.G.Z.; ALONSO, D.G.; CAVALIERI, S.D. Período de interferência de plantas daninhas em mandioca (*Manihot esculenta*) no noroeste do Paraná. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 471-478, 2010.

BLANCO, H.G.; ARAUJO, J.B.M.; OLIVEIRA, D.A. Estudo sobre competição das plantas daninhas na cultura do milho (*Zea mays* L.), determinação do período de competição. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 43, p. 105-114, 1976.

BUHLER, D.D.; GUNSOLUS, J.L.; RALSTON, D.F. Integrated weed management techniques to reduce herbicide inputs. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 973-978, 1992.

BULLOCK, D.G.; NIELSEN, R.L.; NYQUIST, W.E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 2, p. 254-258, 1988.

CALEGARI, A.; HECKLER, J.C.; SANTOS, H.P.; PITOL, C.; FERNANDES, F.M.; HERNANI, L.C.; GAUDÊNCIO, C.A. **Culturas, sucessões e rotações. In: Sistema Plantio Direto. O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p. 59-80. (Coleção 500 Perguntas e 500 Respostas).

CARVALHO, L.B.; BIANCO, S.; PITELLI, R.A.; BIANCO, M.S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. BR-106 e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 293-301, 2007.

CASTRO, C.R.C.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.28, p. 919-927, 1999.

COLWEELL, J.D.; SUHET, A.R.; RAIJ, B. **Statistical procedures for developing general soil fertility models for variable regions**. Australia: CSIRO, 1988. 68p. (CSIRO, Division of Soils. Divisional Report, 93).

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas - Milho**. FALTA DADOS

CONSTANTIN, J.; MACHADO, M.H.; CAVALIERI, S.D.; OLIVEIRA JR., R.S.; RIOS, F.A.; ROSO, A.C. Influência do glyphosate na dessecação de capim-braquiária e sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n.3, p. 627-636, 2008.

COX, W.J.; HAHN, R.R.; STACHOWSKI, P.J. Time of weed removal with glyphosate affects corn growth and yield components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 2, p.349-353,2006.

DIAS FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000.

Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2> >. Acesso em: 05 de janeiro de. 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 401p.

FERREIRA, D.F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FISCHER, A.J.; RAMIREZ H.V.; LOZANO, J. Suppression of junglerice [*Echinochloa colona* (L) Link] by irrigated rice cultivars in Latin America. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 3, p. 516-521, 1997.

GALON, L.; PINTO, J.J.O.; ROCHA, A.A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E.A.; FRANÇA, A.C.; FERREIRA, F.A.; AGOSTINETTO, D.; PINHO, C.F. Períodos de interferência de *Brachiaria plantaginea* na cultura do milho na região sul do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, p. 779-788, 2008.

GERAGE, A.C.; ARAUJO, P.M.; SHIOGA, P.S. A cultura do milho safrinha. Cultivares. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6, 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR. 2001. p.32-44.

GRAVENA, R.; RODRIGUES, J.P.R.G.; SPINDOLA, W.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A. Controle de plantas daninhas através da palha de cana-de-açúcar associada à mistura

- dos herbicidas trifloxysulfuron sodium + ametrina. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 419-427, 2004.
- KASPERBAUER, M.J.; KARLEN, D.L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v. 34, n.6, p. 1564-1569, 1994.
- KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. t.1. 825p.
- KNEZEVIC, S.Z.; EVANS, S.P.; MAINZ, M. Row spacing influences the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 17, n.4, p. 666-673, 2003.
- KOZLOWSKI, L.A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.
- KOZLOWSKI, L.A.; KOEHLER, H.S.; PITELLI, R.A. Épocas e extensões do período de convivência das plantas daninhas interferindo na produtividade da cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 481-490, 2009.
- KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferências das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 37-44, 2003.
- KUVA, M.A.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. I – Tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa, v.18, n.2, p. 241- 251, 2000.
- LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCS, 1984. 46p.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 339p.
- MACHADO, A.F.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; FIALHO, C.M.T.; TUFFI SANTOS, L.D.; MACHADO, M.S. Análise de crescimento de *Digitaria insularis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 641-647, 2006.
- MARTINS, T.A.; CARVALHO, L.B.; BIANCO, M.S.; BIANCO, S. Acúmulo de matéria seca e macronutrientes por plantas de *Merremia aegyptia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, Número Especial, p. 1023-1029, 2010.
- MEROTTO JR., A.; VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; ALMEIDA, M.L. Interferência das plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de soja e arroz através da qualidade da luz. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 1, p.9-16, 2002.

MEROTTO JR.; A.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HAVERROTH, H.S. Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 15, p. 141-151, 1997.

MOURÃO, K.S.M.; DOMINGUES, L.; MARZINEK, J. Morfologia de plântulas e estádios juvenis de espécies invasoras. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 29, n. 3, p.261-268, 2007.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547p.

NASCENTE, A.S.; PEREIRA, W.; MEDEIROS, M.A. Interferência das plantas daninhas na cultura do tomate para processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 602-606, 2004.

NORSWORTHY J.K.; OLIVEIRA M.J. Comparison of the critical period for weed control in wide- and narrow-row corn. **Weed Science**, Champaign, v. 52, n. 5, p. 802-807, 2004.

OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H.; CARREIRA, S.A.M.; TESSMANN, D.J. Diagnóstico e perspectivas do manejo de plantas daninhas na cultura da pupunha no Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 337-343, 2005.

OTEGUI, M.; ANDRADE, F.H. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. In: WESTATE, M. E.; BOOTE, K.J. (eds.). **Physiology and modeling kernel set in maize**. Madison: Crop Science Society of America, 2000. p. 89-102.

PACHECO, R.P.B.; MARINIS, G. Ciclo de vida, estruturas reprodutivas e dispersão de populações experimentais de capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 7, n. 1, p. 58-64, 1984.

PERESSIN, V.A.; MONTEIRO, D.A.; LORENZI, J.O.; DURIGAN, J.L.; PITELLI, R.A.; PERECIN, D. Acúmulo de matéria seca na presença e na ausência de plantas infestantes no cultivar de mandioca SRT59 – Branca de Santa Catarina. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 135-148, 1998.

PIONEER, **Guia de produtos**. Santa Cruz do Sul: Pioneer, 2006.114p.

PIONEER. **Tecnologias aplicadas em milho**. Santa Cruz do Sul: Pioneer, 2007. 28p.

PITELLI, R.A. Competição e controle de plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba-SP, v. 4, n. 12, p. 1–24, 1987.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte-MG, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

PITELLI, R.A.; DURIGAN, J.C. Terminologia para períodos de controle e de convivência de plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 15, 1984, Belo Horizonte. **Resumos...** Piracicaba-SP: AUGEGRAF, 1984. p. 37.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. 2. ed. New York: Wiley, 1997. 588p.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamentos experimentais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 46, n. 266, p. 383-409, 1999.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 287, p. 9-26, 2003.

REGAZZI, A.J.; SILVA, C.H.O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 22, n. 3, p.33-45, 2004.

REGAZZI, A.J.; SILVA, C.H.O. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 57, n. 3, p.315-320, 2010.

RIZZARDI, M.A.; ZANATTA, F.S.; LAMB, T.D.; JOHANN, L.B. Controle de plantas daninhas em milho em função de épocas de aplicação de nitrogênio. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p.113-121, 2008.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p.159-168, 2000.

SEVERINO, F.J.; CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. III – implicações sobre as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 53-60, 2006.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 585-592, 1999.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Fatores determinantes da escolha da densidade de plantas em milho. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages, SC. **Resumos Expandidos...** Lages: CAV-UDESC, 2003. p. 25-29.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L.; CARDOSO, E.T.; FORSTHOFER, E.; SUHRE, E. Resposta de dois híbridos de milho ao arranjo de plantas. In : In: CONGRESSO

NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**: [resumos expandidos]... Sete Lagoas: MS/EPAGRI/Embrapa Milho e Sorgo, 2002. CD ROM.

SKÓRA NETO, F. Uso de caracteres fenológicos do milho como indicadores do início da interferência causada por plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p.81-87, 2003

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (ed.) **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002, p. 168.

SOUZA, J. R. P. **Período de controle das plantas daninhas, crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1996. 91 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 1996.

SPADER, V.; VIDAL, R.A. Interferência de *Brachiaria plantaginea* sobre características agronômicas, componentes do rendimento e produtividade de grãos do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v.18, n.3, p. 465-470, 2000.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT User's guide**. Cary: 1999. 943p.

SWANTON, C.J.; WEISE, S.F. Integrated weed management: the rational and approach. **Weed Technology**, Champaign, v.5, n. 3, p. 657-663, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre-RS, Artmed, 2004. 719p.

TEASDALE, J.R. Influence of narrow row/high corn population (*Zea mays*) on weed control and light transmittance. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 1, p.113-118, 1995.

THARP, B.E.; KELLS, J.J. Effect of glufosinate-resistant corn (*Zea mays*) population and row spacing on light interception, corn yield, and common lambsquarters (*Chenopodium album*) growth. **Weed Technology**, v. 15, n. 3, p. 413-418, 2001.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A. Radiation use efficiency of an old and a new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.3, p.536-541, 1992.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A.; NISSANKA, S.P. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 2, p. 239-246, 1997.

TOLLENAAR, M.; NISSANKA, S.P.; AGUILERA, A.; WEISE, S.F.; SWANTON C.J. Effect of weed interference and soil nitrogen on four maize hybrids. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 4, p. 596-601, 1994.

VELINI, E.D. **Avaliação dos efeitos de comunidades infestante naturais, controladas por diferentes períodos, sobre o crescimento e produtividade da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1989. 152 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1989.

VELINI, E.D. Interferência entre plantas daninhas e cultivadas. In: KOGAN,M.; LIRA, V.J.E. Avances en manejo de malezas en la produccion agricola y florestal. Santiago del Chile: PUC/ALAM, 1992. p.41-58.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JÚNIOR, A. Inicialismo. In: Vidal, R.A. **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 132p.

WILLIAMS, M. M. II. Planting date influences critical period of weed control in sweet corn. **Weed Science**, v. 54, n. 5, p. 928-933, 2006.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO. W.S.; KUNZ, R.P. Efeito de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 143-150, 2000.