



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS ERECHIM

CURSO DE AGRONOMIA

CÉSAR TIAGO FORTE

**INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PICÃO-PRETO SOBRE O
FEIJÃO DO TIPO PRETO**

ERECHIM

2014

CÉSAR TIAGO FORTE

**INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PICÃO-PRETO SOBRE O
FEIJÃO DO TIPO PRETO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Engenheiro Agrônomo da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. D.Sc. Leandro Galon

ERECHIM

2014

CÉSAR TIAGO FORTE

**INTERFERÊNCIA E NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PICÃO-PRETO SOBRE O
FEIJÃO DO TIPO PRETO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Engenheiro Agrônomo da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. D.Sc. Leandro Galon

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. D.Sc. Leandro Galon – UFFS

Prof. Me. Gismael Francisco Perin – UFFS

Dr. André Luiz Radünz – UFFS

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo auxílio financeiro à pesquisa (Processos n. 482144/2012-2/CNPq e 12/2265-3/FAPERGS) e em a especial a nossa forte equipe de trabalho que de alguma ou outra forma ajudou no desenvolvimento da pesquisa.

RESUMO

O feijão do tipo preto apresenta-se no cenário brasileiro como uma cultura com importância econômica, social e cultural para as propriedades familiares. Entre os fatores bióticos que interferem negativamente na produtividade e qualidade dos grãos de feijão destaca-se a interferência das plantas daninhas, sendo o picão-preto uma das espécies mais problemáticas que ocorre no Sul do Brasil. A decisão de controle do picão-preto com base no conceito de nível de dano econômico (NDE) permite ao produtor adotar práticas de manejo somente quando os prejuízos causados pela planta daninha forem superiores ao custo da medida utilizada, tornando-se uma medida importante para o uso racional dos agrotóxicos. Assim, objetivou-se com o trabalho testar modelos matemáticos e identificar variáveis explicativas, visando determinar o NDE de picão-preto em feijoeiro em função de cultivares e de populações da planta daninha. O experimento foi instalado a campo em delineamento de blocos casualizados, sem repetição. Os tratamentos foram constituídos por seis cultivares de feijão do tipo preto (IPR 88 Uirapuru, BRS Supremo, BRS Campeiro, Fepagro 26, BRS Esplendor e IPR Tuiuiú) e dez populações de picão-preto para cada cultivar de feijoeiro semeada. As variáveis avaliadas foram população de plantas (m^{-2}), área foliar ($cm^2 m^{-2}$), cobertura de solo (%) e massa seca da parte aérea ($g m^{-2}$) de picão-preto. O modelo da hipérbole retangular foi utilizado para descrever a relação entre perda de produtividade de grãos de feijão e as variáveis explicativas população de plantas, cobertura do solo, área foliar e massa seca da parte aérea. As perdas de produtividade de grãos de feijão devido à interferência do picão-preto podem ser estimadas satisfatoriamente pelo modelo da hipérbole retangular. A variável população de plantas de picão-preto apresenta melhor ajuste ao modelo do que massa seca da parte aérea, cobertura do solo ou área foliar. Os resultados demonstram que as cultivares respondem de forma distinta para as perdas de produtividade quando convivem com o picão-preto. O NDE está relacionado com a cultivar de feijão, podendo variar de 0,74 a 8,72 plantas de picão-preto m^{-2} . As cultivares que foram mais competitivas que o picão-preto foram a BRS Esplendor e a IPR Tuiuiú.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. *Bidens pilosa*. Manejo integrado de plantas daninhas.

ABSTRACT

Bean is in the Brazilian scenario as a crop with economic, social and cultural importance for smallholders farms. Among biotic factors that affect bean productivity and quality, weed infestation can be highlighted, being beggartick one of the most problematic species in southern Brazil. Beggarstick control decision based on the concept of economic injury level (NDE) allows farmers to adopt management practices only when damage caused by the weed is greater than the cost of control, making it an important measure for rational use of pesticides. Thus, the objective was to test mathematical models and identify explanatory variables in order to determine beggartick NDE depending on bean cultivar and weed population. The experiment was installed in the field in a randomized block design with no replication. Treatments consisted of six black bean cultivars (IPR 88 Uirapuru, BRS Supremo, BRS Campeiro, Fepagro 26, BRS Esplendor and IPR Tuiuiú) and ten beggarstick populations. Plant population (m^{-2}), leaf area ($cm^2 m^{-2}$), ground cover (%) and beggarstick shoot dry weight ($g m^{-2}$) were assessed. The rectangular hyperbolic model was used to describe the relationship between productivity loss of bean and the explanatory variables in plants, soil cover, leaf area and beggarstick shoot dry mass. Losses in grain yield of beans due to interference of beggartick can be satisfactorily estimated by the hyperbolic model. Beggarstick plant population fits better to the model than shoot dry weight, ground cover or leaf area. The results show that cultivars respond differently to productivity losses when living with beggartick. NDE associated with the bean cultivar ranged from 0.74 to 8.72 beggartick plants m^{-2} . The cultivars that were more competitive than beggartick were BRS Esplendor and IPR Tuiuiú.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. *Bidens pilosa*. Integrated weed management.

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Perda de produtividade de grãos de feijoeiro em função da população de plantas de picão-preto (m ²) e cultivares de feijão do tipo preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	22
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perda de produtividade (PP) de cultivares de feijoeiro em função da população de picão-preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	17
Figura 2 - Perda de produtividade (PP) de cultivares de feijoeiro em função da área foliar de picão-preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	18
Figura 3 - Perda de produtividade (PP) de cultivares de feijoeiro em função da cobertura do solo de picão-preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	19
Figura 4 - Perda de produtividade (PP) de cultivares de feijoeiro em função da massa seca da parte aérea de picão-preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	21
Figura 5 - Nível de dano econômico (NDE) para feijoeiro em função da produtividade de grãos, população de picão-preto e cultivares de feijão do tipo preto. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	23
Figura 6 - Nível de dano econômico (NDE) para feijoeiro em função do preço do feijão, população de picão-preto e cultivares de feijão do tipo preto. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	24
Figura 7 - Nível de dano econômico (NDE) para feijoeiro em função da eficiência do herbicida, população de picão-preto e cultivares de feijão do tipo preto. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	24
Figura 8 - Nível de dano econômico (NDE) para feijoeiro em função do custo de controle, população de picão-preto e cultivares de feijão do tipo preto. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.....	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de feijão destaca-se como uma das culturas mais antigas semeadas no Rio Grande do Sul (CONTERATO e SCHNEIDER, 2006), sendo o feijão do tipo preto o mais cultivado e consumido nesse estado. Esse fato torna a cultura de elevada importância econômica, cultural e social, em especial à agricultura familiar da região.

A produtividade média de feijão está muito aquém das obtidas em áreas experimentais ou em lavouras que adotam altos níveis tecnológicos. Entre as prováveis causas para essa baixa produtividade do feijão destacam-se os fatores relacionados a interferência das plantas daninhas (SALGADO et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2009). Os efeitos negativos da competição com as plantas daninhas refletem em redução da produtividade, depreciação do produto colhido, interferem na colheita da cultura e/ou hospedam doenças e insetos (VIDAL et al., 2010).

Entre as espécies daninhas de maior importância para a cultura do feijão, destaca-se o picão-preto, pelos prejuízos causados a quantidade e qualidade dos grãos (KISSMANN e GROTH, 1999; SANTOS e CURY, 2011). Os prejuízos são agravados pela ampla distribuição, elevada produção de sementes do picão-preto pelas lavouras produtoras de feijão da Região Sul do Brasil e também por essa planta daninha apresentar elevada habilidade competitiva com a cultura.

O manejo de plantas daninhas infestantes de culturas pode ser adotado por meio de estratégias alternativas, com uso de modelos empíricos que levam em conta a competição entre a comunidade existente no meio, descrevendo assim a resposta da perda de produtividade da cultura em relação a uma ou mais variáveis que caracterizam a infestação das plantas daninhas (GALON et al., 2007).

Segundo Cousens (1985), pode-se ainda utilizar a equação não linear da hipérbole retangular para se fazer uma relação entre a perda de produtividade da cultura e as variáveis explicativas, como população, massa seca, cobertura do solo e área foliar das plantas daninhas. O modelo da hipérbole contém parâmetros que apresentam significado biológico e agrônomo, os quais podem ser usados como índices de competitividade (COUSENS, 1985). Desse modo, a redução do ciclo de

desenvolvimento de cultivares de feijoeiro incrementa a habilidade competitiva da cultura em relação ao picão-preto e mais fácil se torna o manejo da planta daninha.

O controle do picão-preto infestante do feijoeiro é realizado quase que exclusivamente pelo método químico usando-se herbicidas em função da praticidade, eficiência e menor custo quando comparado a outros métodos de manejo. Entretanto, na atualidade tem-se a busca por modelos produtivos sustentáveis, com isso se tem menor impacto ambiental e resíduos nos de alimentos e intoxicações de aplicadores. Neste sentido, a aplicação dos herbicidas com base no conceito do nível de dano econômico (NDE), prevê a adoção do método de controle somente quando o dano causado pelas plantas daninhas for maior do que o custo do método de controle (GALON et al., 2007; TIRONI, 2011).

Elevadas populações de plantas daninhas competindo com as culturas simplificam a tomada de decisão dos produtores para adotarem alguma medida de controle (KNEZEVIC et al., 1997). No entanto, quando as plantas daninhas aparecem em baixas densidades populacionais, a adoção de medidas para controlá-las torna-se difícil, pois os agricultores precisam quantificar as vantagens econômicas associadas ao custo do controle (KNEZEVIC et al., 1997). Desse modo torna-se necessário adotar estratégias de manejo que integrem o conhecimento técnico e a análise econômica, aliado ao conhecimento da relação de competição entre a cultura e as plantas daninhas (BECKETT et al., 1988).

O conhecimento da dinâmica e da competitividade das plantas daninhas é pressuposto fundamental, pois para algumas espécies, pode se tomar a decisão de não controlá-las, devido à baixa competitividade. Entretanto, pressupõe-se que para espécies competitivas, como é o caso do picão-preto, o controle, na maioria dos casos, deva ser necessário (NORRIS, 1992; CARDINA et al., 1995).

Quando se utiliza o NDE para tomada de decisão de controle de plantas daninhas presentes nas lavouras, comparam-se as perdas estimadas de produtividade de grãos das culturas aos custos das opções de controle disponíveis, proporcionando assim a análise do ganho obtido com o tratamento de controle usado (BAUER e MORTENSEN, 1992). Para estimar o NDE, adotam-se usualmente equações de regressão ou funções de dano, já que estas relacionam as perdas de produtividade das culturas com possíveis medidas da infestação das plantas daninhas na época do seu controle em pós-emergência (WEAVER, 1991).

No cálculo dos NDEs são envolvidas muitas variáveis, e estas podem ser influenciadas por vários fatores, como: espécie de planta daninha presente na lavoura, população e época de emergência das plantas daninhas em relação à cultura, porcentagem de perda da produtividade e potencial de produtividade da cultura na ausência de plantas daninhas, valor do produto colhido, custos e eficiência do controle e influência das plantas daninhas remanescentes sobre o produto (KNEZEVIC et al., 1997; GALON et al., 2007).

Entre os vários elementos que exercem influência na competição entre as plantas daninhas e as culturas citam-se aqueles relacionados com as práticas de manejo, como por exemplo, o uso de cultivares com maior habilidade competitiva, que pode diminuir o grau de competição das plantas daninhas, aumentando o NDE e minimizando a necessidade de adoção de medidas de controle (GALON et al., 2007). Quando essas informações estão disponíveis, elas podem ter uma função importante no sentido de mudar o método de manejo que depende principalmente de herbicidas, para um sistema voltado ao conhecimento ecofisiológico (BAUER e MORTENSEN, 1992; MCDONALD e RIHA, 1999) e desse modo tem-se um modelo mais sustentável. A hipótese testada foi de que existem variações nos níveis de dano econômico ocasionados pela competição exercida pelo picão-preto com o feijoeiro, em função de população de plantas do competidor e das cultivares da cultura.

Diante do exposto objetivou-se com o trabalho identificar variáveis explicativas, visando determinar o nível de dano econômico de picão-preto infestante do feijoeiro em função de cultivares e de populações da planta daninha.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, em Quatro Irmãos/RS, no ano agrícola 2012/13, sendo o solo classificado como Cambissolo Háplico Ta eutrófico (Embrapa, 2013). A adubação de manutenção foi realizada conforme análises físico-químicas e seguindo-se as recomendações para a cultura do feijão do tipo preto (ROLAS, 2004). O método de cultivo adotado foi o sistema de plantio direto na palha formada por aveia-preta, dessecando-se a área com glyphosate ($1080 \text{ g e.a ha}^{-1}$) antes da semeadura. O delineamento experimental adotado foi o completamente casualizado, sem repetição. Cada unidade experimental (parcela) foi composta por área de $14,1 \text{ m}^2$ ($2,82 \times 5,0 \text{ m}$), sendo a semeadura realizada em 6 linhas, com 5 m de comprimento e espaçadas a 0,47 m em 15/11/2012. A densidade de semeadura das cultivares de feijão foi de 12 sementes viáveis por metro linear ou aproximadamente $250.000 \text{ sementes ha}^{-1}$ (INDICAÇÕES TÉCNICAS..., 2012).

Os tratamentos foram constituídos por seis cultivares de feijão do tipo preto (IPR 88 Uirapuru, BRS Supremo, BRS Campeiro, Fepagro 26, BRS Esplendor e IPR Tuiuiú) e dez populações de plantas de picão-preto (0, 2, 2, 2, 4, 6, 12, 14, 52 e 58; 0, 4, 8, 14, 22, 24, 28, 38, 40 e 44; 0, 8, 14, 14, 24, 24, 36, 42, 42 e 54; 0, 2, 6, 14, 20, 22, 22, 30, 34 e 60; 0, 6, 8, 16, 18, 28, 30, 40, 40 e 50; 0, 2, 8, 8, 16, 20, 20, 28, 34 e 50 plantas m^{-2}) para cada cultivar testada, respectivamente. Em razão de o picão-preto ser proveniente do banco de sementes do solo, o estabelecimento das populações foi variado, pois fatores como infestação, vigor, umidade, entre outros, impedem que se estabeleça exatamente o mesmo número de plantas por área (unidade experimental). As populações da planta daninha foram estabelecidas a partir do banco de sementes do solo, pela aplicação do herbicida fluazifop-p-butyl + fomesafen ($270 \text{ g ha}^{-1} \text{ i.a}$) + óleo mineral (Energic[®] - 0,2% v/v), quando a cultura se encontrava nos 4 trifólios e a planta daninha, no estágio de 3 a 6 folhas. A época foi escolhida em razão de ser a mais adequada para a aplicação de herbicidas em pós-emergência. As plantas de picão-preto foram protegidas com copos, para que não sofressem injúrias do herbicida. O herbicida fluazifop-p-butyl + fomesafen foi escolhido devido ao controle de monocotilédones e dicotiledôneas e por não persistir no solo e/ou na água (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011). As demais plantas daninhas remanescentes nas unidades experimentais não objeto de estudo foram controladas por monda.

Quando o feijão estava no estágio V3 efetuou-se aplicação nitrogenada em cobertura, na forma de ureia de acordo com a análise química do solo e com a expectativa de rendimento da cultura. Todas as demais práticas de manejo utilizadas foram àquelas recomendadas pela pesquisa para a cultura do feijão do tipo preto (INDICAÇÕES TÉCNICAS..., 2012).

A quantificação da população das plantas (PP), área foliar (AF), cobertura do solo (CS) ou massa seca da parte aérea (MS) de picão-preto foram realizadas aos 41 dias após a emergência (DAE) da cultura. Para determinação da variável PP, foram realizadas contagens das plantas presentes em duas áreas de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m) por parcela. A quantificação da AF da planta competidora foi efetuada com um integrador eletrônico de AF portátil, modelo CI-203, marca CID Bio-Science, mensurando-se todas as plantas em uma área de 0,25 m² por parcela. A CS por plantas de picão-preto foi avaliada visualmente, de modo individual por dois avaliadores, utilizando-se escala percentual, na qual a nota zero corresponde à ausência de CS e a nota 100 representa cobertura total do solo. A MS das plantas de picão-preto (g m⁻²) foi determinada pelas coletas das plantas contidas em área de 0,25 m² por parcela e secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60±5°C, até atingir massa constante.

A quantificação da produtividade de grãos do feijão foi obtida pela colheita das plantas em área útil de 5,64 m² de cada unidade experimental, quando o teor de umidade dos grãos atingiu aproximadamente 18%. Após pesagem dos grãos, foi determinada sua umidade e, posteriormente, as massas foram uniformizadas para 13% de umidade. Com os dados da produtividade de grãos, foram calculadas as perdas percentuais em relação às parcelas mantidas sem infestação (testemunhas), de acordo com a Equação 1:

$$\text{Perda (\%)} = \left(\frac{Ra - Rb}{Ra} \right) \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: *Ra* e *Rb*: produtividade da cultura sem ou com presença da planta competidora, picão-preto, respectivamente.

Anteriormente à análise dos dados, os valores de MS (g m⁻²), CS (%) ou AF (cm²) foram multiplicados por 100, dispensando-se assim o uso do fator de correção no modelo (FLECK, et al., 2004; AGOSTINETTO et al., 2007; GALON et al., 2007).

As relações entre perdas percentuais de produtividade do feijão em função das variáveis explicativas foram calculadas separadamente para cada cultivar,

utilizando-se o modelo de regressão não linear derivada da hipérbole retangular, proposta por Cousens em 1985, conforme a Equação 2:

$$Pp = \frac{(i * X)}{(1 + (\frac{i}{a}) * X)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde: Pp = perda de produtividade (%); X = população de picão-preto, massa seca da parte aérea, área foliar ou cobertura do solo; i e a = perdas de produtividade (%) por unidade de plantas de picão-preto quando o valor da variável se aproxima de zero e quando tende ao infinito, respectivamente. O ajuste dos dados ao modelo foi realizado com o procedimento *Proc Nlin* do programa computacional SAS (SAS, 1989). Para o procedimento de cálculos, foi utilizado o método de Gauss-Newton, o qual, por sucessivas iterações, estima os valores dos parâmetros, nos quais a soma dos quadrados dos desvios das observações, em relação aos valores ajustados, seja mínima (RATKOWSKY, 1983). O valor da estatística F ($p \leq 0,05$) foi utilizado como critério de análise dos dados ao modelo. O critério de aceitação do ajuste dos dados ao modelo baseou-se no maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e no menor valor do quadrado médio do resíduo (QMR).

Para o cálculo do nível de dano econômico (NDE) foi utilizado as estimativas do parâmetro *i* obtidas a partir da Equação 2 (COUSENS, 1985), e a Equação adaptada de Lindquist e Kropff (1996) – Equação 3:

$$NDE = \frac{(Cc)}{(R * P * (\frac{i}{100}) * (\frac{H}{100}))} \quad \text{Equação 3}$$

onde: NDE = nível de dano econômico (plantas m^{-2}); Cc = custo do controle (herbicida e aplicação terrestre tratorizada, em dólares ha^{-1}); R = produtividade de grãos de feijão preto ($kg\ ha^{-1}$); P = preço do feijão preto (dólares kg^{-1} de grãos); i = perda (%) de produtividade do feijão preto por unidade de planta competidora quando o nível populacional se aproxima de zero e H = nível de eficiência do herbicida (%).

Para as variáveis Cc, R, P e H (Equação 3) foram estimados três valores ocorrentes nos últimos 10 anos. Assim, para o custo de controle (Cc), considerou-se o preço médio, sendo o custo máximo e mínimo alterado em 25%, em relação ao custo médio. A produtividade de grãos do feijão (R) foi baseada na menor, média e maiores produtividades obtidas no Rio Grande do Sul, nos últimos 10 anos. O preço

do produto (P) foi estimado a partir do menor, médio e maior preço do feijão preto pagos por saca de 60 kg, nos últimos 10 anos. Os valores para a eficiência do herbicida (H) foram estabelecidos na ordem de 80, 90 e 100% de controle, sendo 80% o controle mínimo considerado eficaz da planta daninha (SBCPD, 1995). Para as simulações de NDE foram utilizados os valores intermediários para as variáveis que não estavam sendo objeto de cálculo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis explicativas PP, AF, CS e MS do picão-preto, para todas as cultivares avaliadas, apresentaram valores da estatística F significativos (Figuras 1, 2, 3 ou 4). Os resultados demonstram que, para todas as cultivares de feijão, o modelo da hipérbole retangular ajustou-se adequadamente aos dados apresentando valores de R^2 superiores a 0,61 e baixo QMR, o que caracteriza elevado ajuste ao modelo. Observou-se que o ajuste dos dados ao modelo variou de acordo com a cultivar de feijão e variável estudada, sendo o mesmo observado por Kalsing e Vidal (2013).

Os resultados para perda de produtividade das cultivares de feijão, em relação a população de plantas de picão-preto m^{-2} (Figura 1), demonstram que as cultivares responderam de forma distintas ao incremento da população da planta daninha. Observou-se que na presença de apenas uma planta de picão-preto houve prejuízos a produtividade de grãos do feijoeiro, sendo as reduções estabilizadas ou sofrem leves acréscimos a partir de 20 plantas de picão-preto m^{-2} (Figura 1).

Observaram-se reduções de 12,84; 4,50; 6,52; 4,47; 3,37 e 3,41%, respectivamente para as cultivares IPR Uirapuru, BRS Supremo, BRS Campeiro, Fepagro 26, BRS Esplendor e IPR Tuiuiú com a presença de apenas uma planta de picão-preto (Figura 1).

Os resultados demonstram, em geral, para a maioria das variáveis que os valores estimados para o parâmetro i tenderam a ser menores para as cultivares BRS Esplendor, IPR Tuiuiú e Fepagro 26 (Figuras 1, 2, 3 e 4; Tabela 1). Já a menor competitividade foi verificada para as cultivares IPR Uirapuru para a variável PP e a BRS Supremo para a CS e MS, as quais apresentaram as maiores perdas de produtividades de grãos quando comparadas as demais.

As distintas respostas entre as cultivares são relacionadas as características intrínsecas destas (FISCHER, et al., 1997). Avaliando o NDE em duas cultivares de feijão-comum Kalsing e Vidal (2013), verificaram respostas distintas destas quando na presença de populações de papuã.

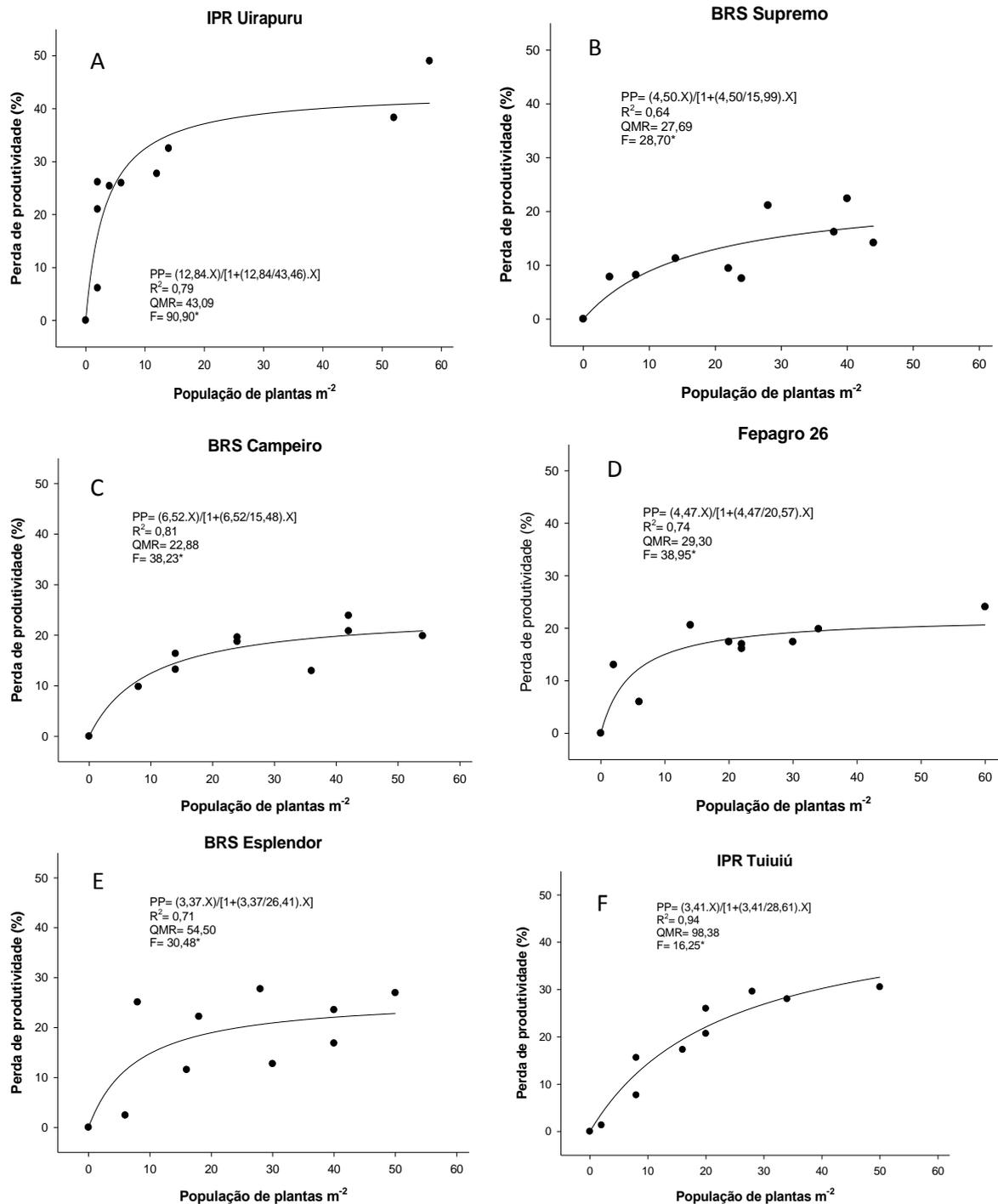


Figura 1. Perda de produtividade (PP) de cultivares de feijoeiro em função da população de picão-preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$.

Avaliando-se a perda de produtividade do feijoeiro em relação a área foliar - $25 \times 10^3 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ (Figura 2) tem-se redução média de 14,04% nas cultivares avaliadas, sendo a BRS Supremo e a BRS Esplendor, respectivamente as que apresentaram a menor e a maior perda, 10,06 e 16,01%. Já quando se analisou o feijoeiro em relação a maior área foliar ($100 \times 10^3 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$) constatou-se que as

cultivares que apresentaram maiores e menores perdas foi, respectivamente a IPR Uirapuru - 34,13% e a BRS Campeiro - 14,28% (Figura 2).

Pode-se assim inferir que o grau de competição das cultivares, em relação ao picão-preto é influenciado pela área foliar da planta daninhas, conforme constatado também por Galon et al. (2007) ao avaliarem a competição de capim-arroz com arroz irrigado.

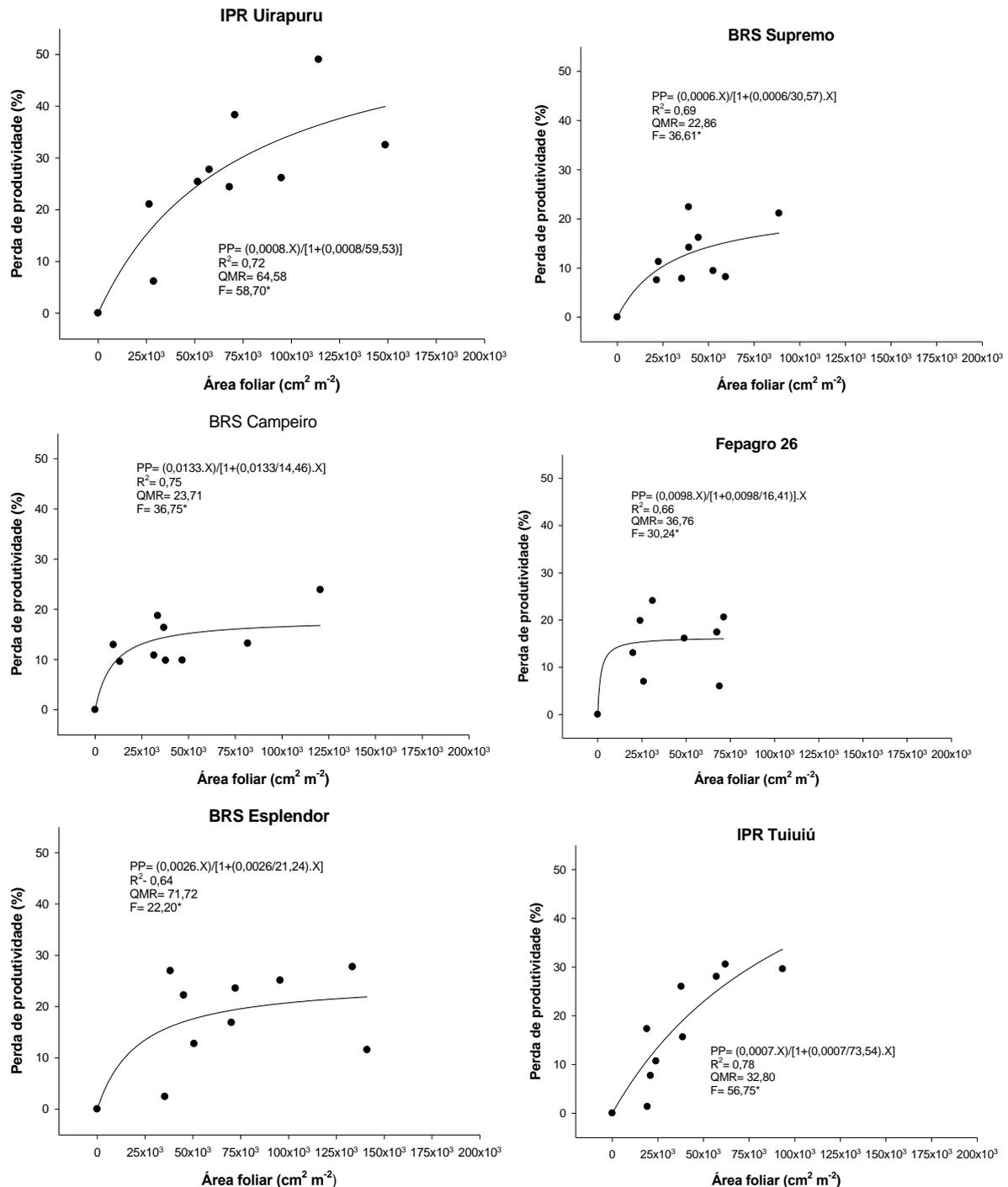


Figura 2. Perda de produtividade (PP) de cultivares de feijoeiro em função da área foliar de picão-preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13. R²= Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a p≤0,05.

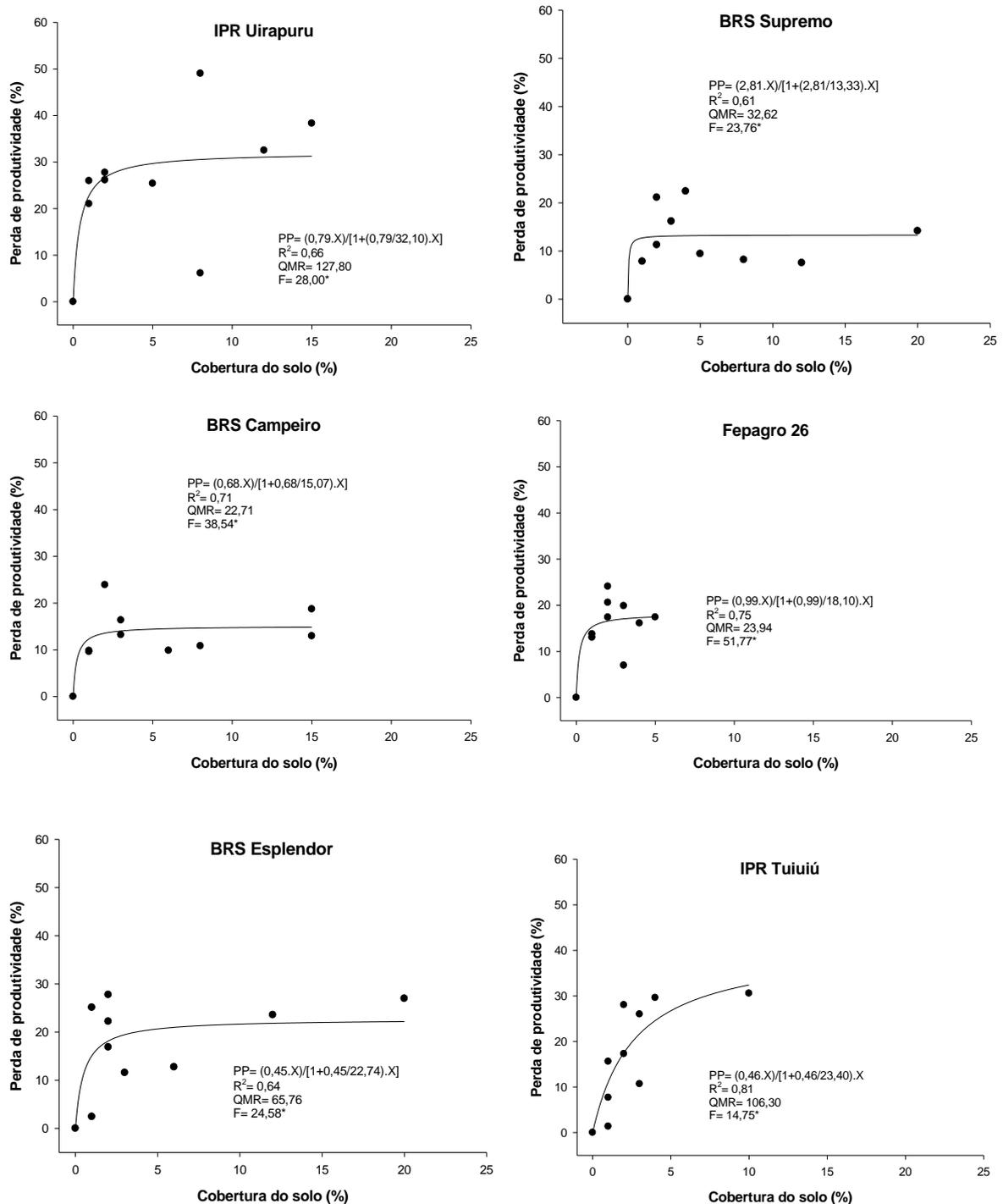


Figura 3. Perda de produtividade (PP) de cultivares de feijoeiro em função da cobertura do solo de picão-preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$.

Os resultados para perda de produtividade das cultivares de feijão, em relação ao percentual de cobertura do solo (Figura 3), demonstram semelhança ao observado em relação população de plantas. As cultivares responderam de forma distinta ao aumento do percentual de cobertura do solo pelas plantas de picão-preto.

Pode-se constatar que à exceção IPR Tuiuiú (Figura 3), as demais cultivares já apresentam as maiores reduções percentuais de produtividade quando o solo estava com 5% de cobertura de picão-preto.

A perda de produtividade das cultivares de feijão, em relação à massa seca acumulada do picão-preto (g m^{-2}), demonstram que com 100 g m^{-2} já são observadas reduções de 11,01; 12,93; 11,01; 7,54; 3,71 e 13,42%, respectivamente para as cultivares IPR Uirapuru, BRS Supremo, BRS Campeiro, Fepagro 26, BRS Esplendor e IPR Tuiuiú (Figura 4).

Ao se avaliar a perda de produtividade das cultivares de feijão em competição com o picão-preto, quando este apresentava acúmulo de massa seca de 1000 g m^{-2} , constatou-se que as cultivares apresentaram comportamentos competitivos distintos. Verificou-se prejuízos decrescentes, respectivamente para as cultivares BRS Esplendor (22,31%), IPR Tuiuiú (21,99%), Fepagro 26 (19,67%), BRS Campeiro e IPR Uirapuru (15,53%) e BRS Supremo (13,18%). Kalsing e Vidal (2013), também constataam que cultivares de feijão ao competirem com o papuã apresentou comportamento diferenciado e relacionaram o fato com as características intrínsecas diferenciadas que as mesmas demonstram.

Sendo o parâmetro i um índice usado para comparar a competitividade relativa entre espécies (SWINTON et al., 1994), observaram-se valores diferenciados para as cultivares de feijoeiro nas variáveis explicativas testadas (Tabela 1). A comparação entre cultivares considerando o parâmetro i , na média das quatro variáveis explicativas (PP, CS, AF ou MSPA), demonstrou que a ordem de colocação, de modo geral, em relação a competitividade foi: BRS Esplendor > IPR Tuiuiú > Fepagro 26 > BRS Campeiro > BRS Supremo > IPR Uirapuru. As diferenças observadas entre os resultados das cultivares devem-se em grande parte, às características genéticas das mesmas, ou a ocorrência de elevado erro-padrão na estimativa do parâmetro i podendo ser atribuído a variabilidade associada com experimentação de campo e/ou a plasticidade fenotípica inerente às plantas. Resultados semelhantes foram constatados por Kalsing e Vidal (2013) ao verificaram que as cultivares de feijoeiro respondem de forma distinta quanto ao parâmetro avaliado.

As estimativas do parâmetro a , independentemente da variável explicativa, foram todos inferiores a 100%, mesmo sem limitar a perda máxima em 100%

(Tabela 1), demonstrando que foi possível simular adequadamente as perdas máximas de produtividade de grãos do feijoeiro.

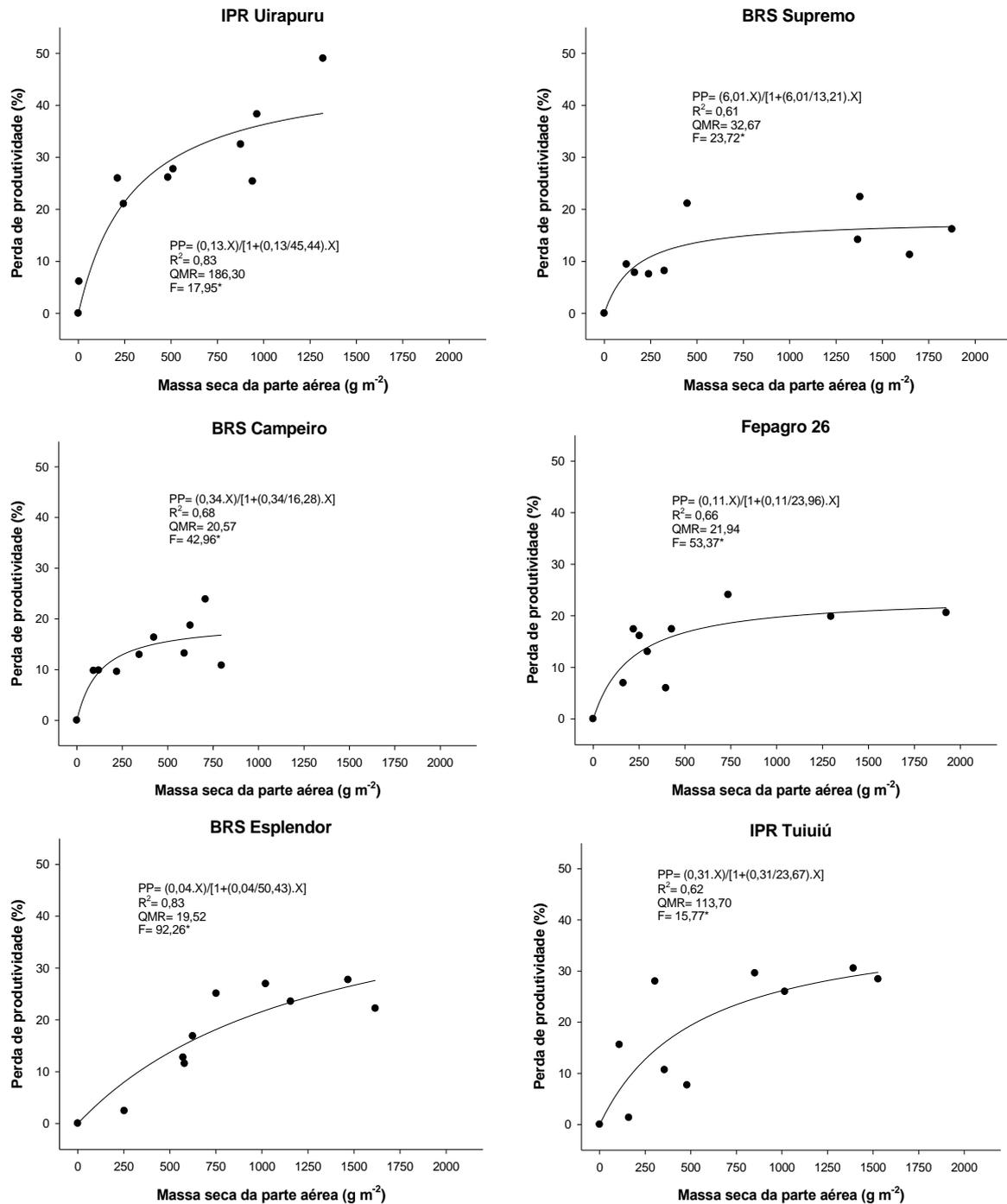


Figura 4. Perda de produtividade (PP) de cultivares de feijoeiro em função da massa seca da parte aérea de picão-preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; * Significativo a $p \leq 0,05$.

Ressalta-se ainda que quanto maior for o potencial produtivo das culturas e se as condições para seu desenvolvimento forem adequadas, tem-se como

consequência uma menor perda percentual diária causada por uma determinada espécie daninha (VIDAL et al., 2005).

Para cultivares do mesmo ciclo de crescimento observou-se que em todas as variáveis explicativas apresentaram parâmetros *i* diferenciados (Figuras 1, 2, 3 ou 4). Vidal et al. (2010) concluíram em seu trabalho que duas cultivares de feijão, uma do grupo preto e outra do grupo carioca apresentaram respostas distintas quando submetidas a interferência de comunidades de plantas daninhas (*Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil*).

Tabela 1. Perda de produtividade de grãos de feijoeiro em função da população de plantas de picão-preto (m^{-2}) e cultivares de feijão do tipo preto aos 41 dias após a emergência. UFFS, Erechim/RS, 2012/13

Genótipos	Ciclo	Perda de produtividade (%) ¹	(R ²) ¹	(QMR) ¹	(F*) ¹
População de plantas					
IPR Uirapuru	médio	(12,84.X) / (1 + (12,84/43,46).X)	0,79	43,09	90,90
BRS Supremo	normal	(4,50.X) / [1 + (4,50/15,99).X]	0,64	27,69	28,70
BRS Campeiro	semi-precoce	(6,52.X) / [1 + (6,52/15,48).X]	0,81	22,88	38,23
Fepagro 26	normal	(4,47.X) / [1 + (4,47/20,57).X]	0,74	29,30	38,95
BRS Esplendor	normal	(3,37.X) / [1 + (3,37/26,41).X]	0,71	54,50	30,48
IPR Tuiuiú	médio	(3,41.X) / [1 + (3,41/28,61).X]	0,94	98,38	16,25

¹Valor obtido pelo modelo de regressão da hipérbole retangular (COUSENS, 1985). *Significativo ($p \leq 0,05$). R²= Coeficiente determinação. QMR= Quadrado médio resíduo e F= Estatística

Considerando a produtividade média do feijão gira em torno de 1084 kg ha⁻¹, o preço médio da saca de 60 kg com valor de 36,7 dólares e o custo de controle de 91,2 dólares ha⁻¹, pode-se inferir que o custo de controle representa em média 14% da produtividade de grãos. Levando-se em conta uma planta de picão-preto m⁻² não se justifica o controle, pois o custo é maior do que o retorno econômico que proporcionará à cultura, isso para todas as cultivares de feijão avaliadas. Galon et al. (2007) ao trabalharem com capim-arroz competindo com arroz irrigado constataram que para algumas cultivares se justifica o controle da planta daninha, enquanto que outras não, já que o custo de controle é menor do que as perdas que ocorrerá a cultura. Desse modo fica evidente que as plantas daninhas causam competição diferenciada em relação a cultura que está infestando e que o nível de dano econômico está diretamente relacionado com a tomada de decisão de controlar ou não a planta daninha.

A simulação dos valores de nível de dano econômico – NDE foi realizada utilizando-se a variável explicativa PP do picão-preto, em função desta apresentar melhor ajuste ao modelo da hipérbole retangular, conforme proposto também por Galon et al. (2007). Na Tabela 1 observou-se diferença entre o grau de competição de picão-preto em função das cultivares avaliadas, sendo que essas respondem de forma diferenciada à competição com plantas daninhas (FISCHER et al., 1997). Segundo Kalsig e Vidal (2013) ao avaliarem os níveis críticos de danos (NCDs) concluíram que o mesmo variou amplamente de acordo com as cultivares de feijão-comum testadas em seu estudo.

Convém destacar que cultivares de feijão que apresentam maior habilidade competitiva reduz a intensidade de competição das plantas daninhas e conseqüentemente diminuem o uso de herbicidas e do custo de produção (GALON et al., 2007). Nesse sentido, estudos que avaliaram a competição de diferentes cultivares de feijão com plantas daninhas, detectaram existir variabilidade na habilidade competitiva entre diferentes cultivares (KALSIG e VIDAL, 2013).

O êxito na implantação de sistema de controle de picão-preto infestante do feijoeiro pode decorrer da determinação na população que excede o NDE. Desse modo observou-se que a BRS Esplendor e IPR Tuiuiú (ciclo normal e médio) apresentaram maiores valores de NDE em todas as simulações realizadas, tendo variações de 2,20 a 8,72 plantas m^{-2} (Figuras 5, 6, 7 e 8).

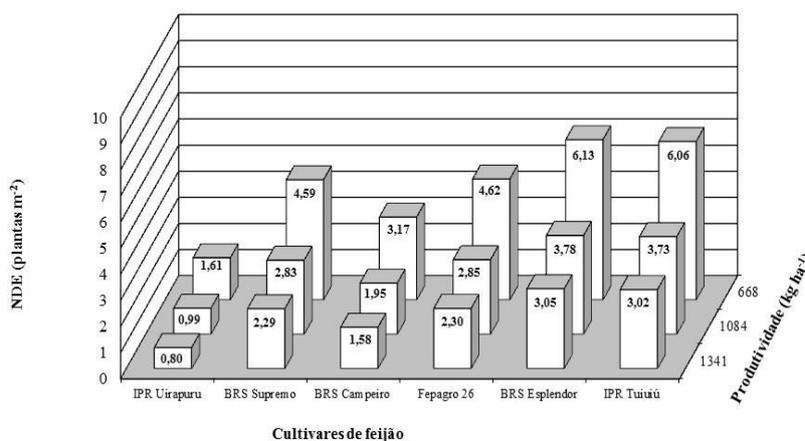


Figura 5. Nível de dano econômico (NDE) para feijoeiro em função da produtividade de grãos, população de picão-preto e cultivares de feijão do tipo preto. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.

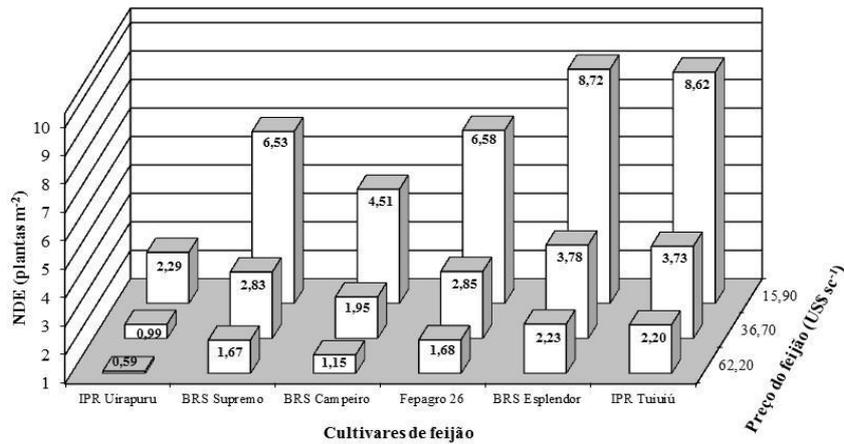


Figura 6. Nível de dano econômico (NDE) para feijoeiro em função do preço do feijão, população de picão-preto e cultivares de feijão do tipo preto. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.

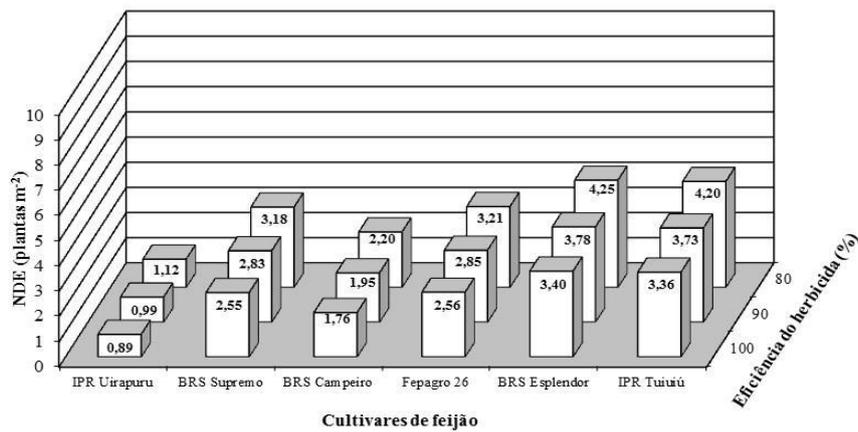


Figura 7. Nível de dano econômico (NDE) para feijoeiro em função da eficiência do herbicida, população de picão-preto e cultivares de feijão do tipo preto. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.

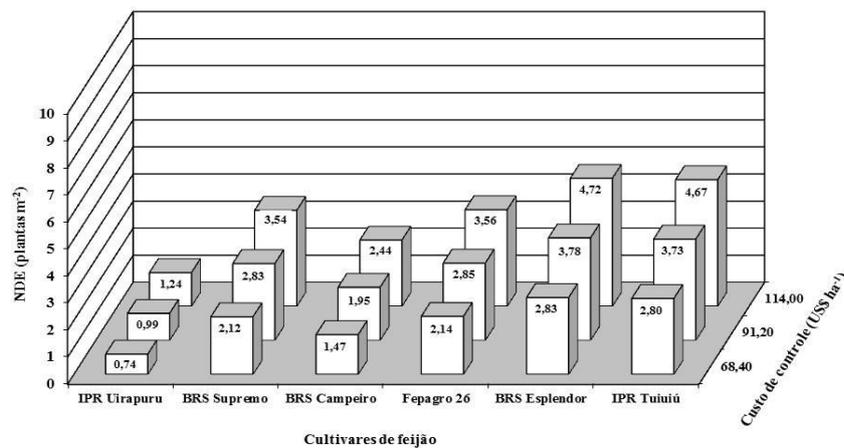


Figura 8. Nível de dano econômico (NDE) para feijoeiro em função do custo de controle, população de picão-preto e cultivares de feijão do tipo preto. UFFS, Erechim/RS, 2012/13.

Os menores valores de NDE foram obtidos com a cultivar IPR Uirapuru, com variações de 0,59 à 2,29 plantas m^{-2} (Figuras 5, 6, 7 e 8). Esses dados que fazem com que a cultivar IPR Uirapuru apresente menor NDE podem ser decorrentes da menor índice de área foliar e estatura de plantas, que permite uma maior entrada de luz e conseqüentemente maior desenvolvimento da planta daninha.

Na média de todas as cultivares e comparando-se a menor com a maior produtividade de grãos, observa-se diferença no NDE na ordem de 50% (Figura 5). Assim sendo quanto mais elevado for o potencial produtivo das cultivares, menor será a população de plantas de feijão necessária para superar o NDE, tornando compensatória adoção de medidas de controle do picão-preto. Galon et al. (2007) ao avaliar o nível de dano econômico para o capim-arroz, observaram que este também varia em função das cultivares de arroz semeadas e que aquelas que apresentam maior potencial produtivo, podem apresentar níveis de dano econômicos menores.

Os resultados médios de todas as cultivares, do maior contra o menor preço pago por saca de feijão, verificou-se variação de 3,9 vezes maior no valor do NDE (Figura 2). Portanto, quanto menor for o preço pago a saca de feijão, maior será a população necessária de picão-preto para ultrapassar o NDE e assim compensar o método de controle.

Em relação a eficiência do método químico de controle com uso de herbicida, observou-se que a eficiência média (90%) ao se comparar com a menor (80%) ou a maior (100%) tem-se alterações do NDE de 8 e 13%, respectivamente.

Para o custo médio de controle do picão-preto em todas as cultivares, verificou-se que foi 40% menor o custo mínimo ao se comparar com o custo máximo. Assim quanto maior for o custo do método de controle, maiores são os NDE e mais plantas de picão-preto m^{-2} são necessárias para justificar medidas de controle. Os resultados evidenciam que a aplicação prática do conceito de NDE para a tomada de decisão em controlar plantas daninhas em pós-emergência, levando em consideração um único ano agrícola, pode apresentar limitações. Os principais fatores que podem limitar o uso do NDE são: dificuldade em elaborar metodologias simples e baratas para quantificar os efeitos da competição de plantas daninhas sobre as culturas, ocorrência de elevada diversidade de espécies de plantas daninhas, impacto de fatores ambientais na interação cultura com plantas daninhas em diferentes locais e anos, e aumento do banco de semente no solo pelas plantas

de picão-preto em anos subsequentes (KROPFF e SPPITERS, 1991; SWINTON et al., 1994; GALON et al., 2007).

O uso do NDE como uma ferramenta para o manejo de plantas daninhas precisa superar suas limitações inerentes, já que sua implantação somente se justifica nas lavouras que utilizem outras práticas de manejo das populações de plantas daninhas não controladas, tais como: rotação de culturas, arranjo adequado de plantas, uso de cultivares mais competitivas e épocas adequadas de semeadura.

4 CONCLUSÃO

As cultivares respondem de forma distinta às perdas de produtividade de grãos em presença do picão-preto.

O modelo de regressão não linear da hipérbole retangular estima adequadamente as perdas de produtividade de grãos de feijoeiro na presença de picão-preto.

As cultivares de feijão BRS Esplendor, IPR Tuiuiú e Fepagro 26 apresentam maior habilidade competitiva com o picão-preto do que as BRS Campeiro, BRS Supremo e IPR Uirapuru. A presença de uma planta de picão-preto m^{-2} ocasiona perda de produtividade de grãos variável entre 3,37 e 12,84%, dependendo da cultivar.

Os valores de nível de dano econômico variam de 0,59 a 6,53 plantas m^{-2} para todas as variáveis estudadas para as cultivares IPR Uirapuru, BRS Supremo e BRS Campeiro, as quais demonstraram menor competitividade com o picão-preto.

Os maiores valores de nível de dano econômico variam de 1,68 a 8,72 plantas m^{-2} , dependendo da variável testada, para as cultivares Fepagro 26, BRS Esplendor e IPR Tuiuiú as quais demonstraram as maiores competitividades com o picão-preto.

Os níveis de dano econômico diminuem quando ocorre aumento na produtividade de grãos, aumento no preço da saca de feijão, aumento na eficiência do herbicida e redução no custo de controle do picão-preto, justificando a adoção de medidas de controle em menores populações da planta daninha.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v. 25, n.4, p.689-696, 2007.
- BAUER, T. A.; MORTENSEN, D. A. A comparison of economic and economic optimum thresholds for two annual weeds in soybeans. **Weed Technology**, v. 6, n.1, p. 228-235, 1992.
- BECKETT, T. H.; STOLLER, E. W.; WAX, L. M. Interference of four annual weeds in corn (*Zea mays*). **Weed Science**, v. 36, n.6, p.764-769, 1988.
- CARDINA, J.; REGNIER, E.; SPARROW, D. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) competition and economic thresholds in conventional and no-till corn (*Zea mays*). **Weed Science**, v.43, n.1, p.81-87, 1995.
- COUSENS, R. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. **Journal of Agricultural Science**, v.105, n.3, p.513-521, 1985.
- COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. 2.ed. Florianópolis: Epagri, 2012. 157p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Feijão - Brasil. Série Histórica de: área, produtividade e produção**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 20/06/2014.
- CONTERATO, M.A.; SCHNEIDER, S. A agricultura familiar do Alto Uruguai, RS: mercantilização e estratégias de reprodução no município de Três Palmeiras. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.23, n.2/3, p.151-189, 2006.
- EMBRAPA: Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos (Brasília, DF). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 154p.
- FISCHER, A.; RAMÍREZ, H.V.; LOZANO, J. Suppression of junglerice (*Echinochloa colona* (L.) Link) by irrigated rice cultivars in Latin America. **Agronomy Journal**, v.89, n.3, p.516-521, 1997.
- FLECK, N.G. et al. Interferência de plantas concorrentes em arroz irrigado modificada por métodos culturais. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.19-28, 2004.
- GALON, L. et al. Níveis de dano econômico para decisão de controle de capim arroz (*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.709-718, 2007.
- KALSING, A.; VIDAL, R.A. Nível crítico de dano de papuã em feijão-comum. **Planta Daninha**, v.31, n.4, p.843-850, 2013.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. Tomo II. 2. ed. São Paulo: Basf, 1999. 978p.

KNEZEVIC, S.Z.; HORAK, M.J.; VANDERLIP, R.L. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) emergence is critical in pigweed-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] competition. **Weed Science**, v. 45, n.4, p.502-508, 1997.

KROPFF, M.J.; SPITTERS, C.J.T. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of weeds. **Weed Research**, v.31, n.2, p.97-105, 1991.

LINDQUIST, J.L.; KROPFF, M.J. Application of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*) - *Echinochloa* competition. **Weed Science**, v.44, n.1, p.52-56, 1996.

MCDONALD, A. J.; RIHA, S. J. Model of crop: weed competition applied to maize: *Abutilon theophrasti* interactions. II. Assessing the impact of climate: implications for economic thresholds. **Weed Research**, v.39, n.5, p.371-381, 1999.

NORRIS, R. F. Case history for weed competition population ecology: barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in sugarbeets (*Beta vulgaris*). **Weed Technology**, v.6, n.1, p. 220-227, 1992.

RATKOWSKY, D.A. **Nonlinear regression modeling: a unified practical approach**. New York: Marcel Dekker, p.135-154, 1983.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.R. **Guia de herbicidas**. 5ª ed, Londrina: Edição dos Autores, 2011. 697p.

Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal - ROLAS. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004, 400p.

SALGADO, T.P.I et al. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.443-448, 2007.

SANTOS, J.B.; CURY, J.P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, v.29, n.esp.; p.1159-1171, 2011.

SAS: Institute Statistical Analysis System. **User's guide**: version 6.4 ed. Cary: SAS Institute, 1989. 846p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBPCPD. **Procedimentos para a instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42p.

SWINTON, S.M. et al. Estimation of crop yield loss due to interference by multiple weed species. **Weed Science**, v.42, n.1, p.103-109, 1994.

TEIXEIRA, I.R et al. Competição entre feijoeiros e plantas daninhas em função do tipo de crescimento dos cultivares. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.235-240, 2009.

TIRONI, S.P. **Interferência e controle químico de populações de *Brachiaria brizantha* em cana-de-açúcar**. 2011. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2011. 73f.

VIDAL, R.A.; FLECK, N.G.; MEROTTO JR., A. Período Anterior ao Dano no Rendimento Econômico (PADRE): Nova Abordagem Sobre os Períodos de Interferência entre Plantas Daninhas e Cultivadas. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.387-396, 2005.

VIDAL, R.A.; KALSING, A.; GHEREKHLOO, J. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. **Ciência Rural**, v.40, n.8, p.1675-1681, 2010.

VOLL, E. et al. Competição relativa de espécies de plantas daninhas com dois cultivares de soja. **Planta Daninha**, v.20, n.1, p.17-24, 2002.

WEAVER, S. E. Size-dependent economic thresholds for broadleaf weed species in soybeans. **Weed Technology**, v. 5, n.3, p.674-679, 1991.