

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

ADRIANO BRESSIANI MACHADO

**IMPACTO AGRONÔMICO E DANO ECONÔMICO DA
INTERFERÊNCIA ENTRE LEITEIRO (*Euphorbia heterophylla*) E
FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris*) EM INTERVALOS DISTINTOS DE
SEMEADURA**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2012

ADRIANO BRESSIANI MACHADO

**IMPACTO AGRONÔMICO E DANO ECONÔMICO DA
INTERFERÊNCIA ENTRE LEITEIRO (*Euphorbia heterophylla*) E
FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris*) EM INTERVALOS DISTINTOS DE
SEMEADURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador: Dr. Michelangelo M. Trezzi
Co-Orientador: Dr. Ribas A. Vidal

PATO BRANCO

2012

Catálogo na Fonte por Elda Lopes Lira CRB9/1295

M149i Machado, Adriano Bressiani

Impacto agrônomico e dano econômico da interferência entre leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) em intervalos distintos de semeadura / Adriano Bressiani Machado – 2012.
126f. : il.; 30 cm.

Orientador: Michelangelo Muzell Trezzi
Coorientador: Ribas Antônio Vidal
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco / PR, 2012.
Bibliografia: f.116 - 126

1.Competição. 2.Planta daninha. 3.Características morfológicas. 4.Nível crítico de dano. 5.Rendimento de grãos. I.Trezzi, Michelangelo Muzell, orient. II. Vidal, Ribas Antônio, coorient. III.Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV.Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD (22. ed.) 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 058


“Impacto agrônômico e dano econômico da interferência entre *Euphorbia heterophylla* L. e feijoeiro em intervalos distintos de semeadura”

por

Adriano Bressiani Machado

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia vinte e sete de fevereiro de dois mil e doze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho *aprovado*.

Banca examinadora:



Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior
Embrapa



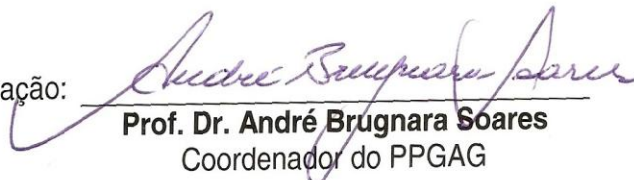
Dr. Ribas Antonio Vidal
UFRGS



Dr.ª Fabiane Pinto Lamego
UFSM/CESNORS



Dr. Michelangelo Müzell Trezzi
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação: 

Prof. Dr. André Brugnara Soares
Coordenador do PPGAG

Dedico este trabalho aos meus pais Jairo e Maria Salete, meus irmãos André, Luiz Henrique, Felipe e Elizandro e a uma pessoa muito especial Diandra.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência.

Aos meus pais Jairo K. Machado e Maria S. B. Machado, pelos ensinamentos, incentivo e compreensão durante toda minha vida, pelo apoio nos momentos mais delicados.

Ao meu irmão André B. Machado pelo apoio na condução do experimento e pelo incentivo durante todo esse tempo.

A minha namorada Diandra Dal Bello por todo o carinho, amizade e compreensão, a qual sempre esteve me apoiando nos momentos mais difíceis, principalmente aos finais de semana os quais me dedicava à elaboração da dissertação.

Ao meu orientador professor e Dr. Michelangelo M. Trezzi, primeiramente por aceitar o convite para minha orientação, mesmo sabendo das dificuldades que iríamos enfrentar, a todo o auxílio na condução do experimento e acima de tudo pela nossa amizade e companheirismo. Muito obrigado Michelangelo.

Ao professor e co-orientador Dr. Ribas A. Vidal, o qual tive oportunidade de ser seu aluno de mestrado. Agradeço pelo incentivo, dedicação e pelo auxílio na dissertação.

A UTFPR por possuir excelentes professores, oferecendo ensino de qualidade e disponibilização de toda a sua estrutura.

Aos meus colegas que sempre me incentivaram durante todo esse tempo, principalmente ao Eng. Agr. Felipe Patel, pelo auxílio desde a implantação do experimento até a elaboração da dissertação, o qual sempre me apoiou nas horas difíceis, sendo acima de tudo um grande amigo.

Ao meu colega de mestrado Lucas F. Cieslik, o qual foi um grande parceiro, sempre trabalhamos juntos desde a fase de condução dos experimentos e elaboração da dissertação e pela nossa amizade.

Ao gerente da Coasul – Entrepósito Renascença Edison Sofiati pelo incentivo durante todo esse tempo e aos demais colegas de trabalho Volnei Pasqueti, Valdir Sbabo, Juliano Salvadego, Lidiane Sofiati, Fernando Lopes, Cleverson Tabolka, Jheison Broch e Edson Tavares.

Quem conhece os outros é inteligente, mas quem conhece a si mesmo é iluminado. Quem vence os outros é forte, mas quem vence a si mesmo é invencível.

“Lao Tse”

RESUMO

MACHADO, Adriano Bressiani. Impacto agrônômico e dano econômico da interferência entre leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em intervalos distintos de semeadura. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

A cultura do feijoeiro apresenta grande importância econômica para o Brasil e especificamente para a região do Sudoeste do Paraná, onde é cultivado principalmente em pequenas e médias propriedades. Constitui-se em um dos alimentos mais ricos consumido pelo povo brasileiro, principalmente para as populações mais pobres. É imprescindível o estudo científico dos sistemas de produção e o avanço tecnológico para aumentar sua produtividade e rentabilidade. Entre os gargalos limitantes à cultura, está a necessidade de estudar melhor os níveis populacionais de plantas daninhas que justificam o seu controle atendendo a critérios econômicos, o que resultaria em maior segurança para tomada de decisões de controle e, conseqüentemente, maior economia aos produtores rurais. Nesse contexto, realizou-se um experimento na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, com objetivo de verificar o nível de dano econômico e competitivo de *Euphorbia heterophylla* sob diferentes densidades e épocas de semeadura desta infestante em relação à cultura do feijoeiro. O experimento foi conduzido a campo em delineamento de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram locadas oito densidades esperadas de *E. heterophylla* (0, 6, 10, 17, 29, 49, 83 e 142 pl m⁻²) e nas subparcelas duas épocas de semeadura de *E. heterophylla* (12 dias antes da semeadura do feijão e simultaneamente a cultura). Foram realizadas avaliações das características agrônômicas das plantas de feijão e morfológicas de *E. heterophylla* e feijão durante o período de desenvolvimento e no momento da colheita da cultura. No cálculo das perdas de rendimento foi empregado o modelo da hipérbole retangular e pelo método de segmentação linear, sendo extraídos os parâmetros “i” (perda percentual por cada planta de *E. heterophylla*), que foram empregados no cálculo do nível de dano econômico. A antecipação da semeadura de *E. heterophylla*, bem como o incremento na densidade acarretaram redução da produtividade da cultura do feijão, devido principalmente à redução do número de legumes por planta. A interferência de plantas de *E. heterophylla* com a cultura do feijão determinou redução da estatura de plantas, índice de área foliar, massa seca, número de trifólios, número de ramificações produtivas, mas houve aumento da altura de inserção de legumes da cultura. A semeadura antecipada de *E. heterophylla* proporciona maior desenvolvimento desta espécie em relação à época de semeadura simultânea com a cultura do feijão, refletindo-se no aumento da área foliar, da massa seca e da cobertura do solo pela espécie daninha. A perda percentual por planta daninha pode ser estimada adequadamente através dos diferentes modelos utilizados. Tanto o modelo hiperbólico quanto o linear indicam maior perda percentual quando a semeadura de *E. heterophylla* ocorre antecipadamente à cultura do feijão comum. O modelo hiperbólico superestima os

valores de nível crítico de dano em relação ao modelo linear. O aumento na perda de rendimento por unidade de planta daninha, rendimento da cultura, eficiência do herbicida e no valor do produto colhido ocasionam diminuição dos valores dos níveis de dano econômico. No entanto, o aumento do custo de controle de plantas de *E. heterophylla* aumenta os valores do nível de dano econômico.

Palavras-chave: Competição. Planta daninha. Características morfológicas. Nível crítico de dano. Rendimento de grãos.

ABSTRACT

MACHADO, Adriano Bressiani. Agronomic impact and economic damage from the interference between wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) at different sowing intervals. 126 f. Dissertation (Master's in Agronomy) – Program of post graduation in Agronomy (Field of study: Vegetable Production), Federal Technologic University of Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2012.

Bean crop has great economic importance to Brazil and specifically for the South West of Parana, where it is grown mainly in small and medium farms. It constitutes one of the richest foods consumed by the Brazilian people, especially for the poorest populations. In this context, the scientific study of production systems and technological advances are essential to increase productivity and profitability. Among the factors that limit crop development, is the need to better understand the weed population levels that justify its control attending economic aspects, which would result in better control decision-making and, consequently, lower costs to farmers. In this context, an experiment was carried out at the experimental area of the Federal Technologic University of Paraná, Campus Pato Branco, in order to verify the economic injury level and competitive potential of the *Euphorbia heterophylla* under different sowing dates and densities of this weed in relation to the bean crop. The experiment was laid out as a randomized blocks arranged in a split-plots design with four replications. At the main plots were located eight expected densities of *E. heterophylla* (0, 6, 10, 17, 29, 49, 83 and 142 pl m⁻²) and at the subplots two sowing dates of *E. heterophylla* (12 days before bean sowing and at the crop sowing day). Evaluations were made on the agronomic characteristics of the bean plants during its development and at the harvest period. Moreover, morphological characteristics of the *E. heterophylla* and the beans were also evaluated at the same periods. To determine the crop yield losses was used the hyperbolic model and the linear segmentation method, and extracted the parameters "i" (percentage loss per plant of *E. heterophylla*), which were used in calculating the economic injury level. *E. heterophylla* sowed before the crop as well as its density increase led to reduced productivity of the bean, mainly due to reduction in the number of pods per plant. Moreover, the interference of the *E. heterophylla* on the bean crop resulted in lower plants, reduced leaf area index, lower dry weight, less number of leaves, less number of productive branches, however resulted in shorter height of the pods insertion on the crop. Early sowing of *E. heterophylla* results in better development of the weed specie in relation to the sowing data were both, weed and crop are sowed at the same day, resulting on higher leaf area, higher dry matter production and soil cover by the weed species. Percentage of yield losses due to the weed plant presence could be adequately estimated through the different models used. Both the linear and the hyperbolic model indicate a higher percentage loss when the sowing of *E. heterophylla* occurs before than the common bean crop. The hyperbolic model overestimates the values of the critical level of damage in relation to the linear model. Increases on the yield losses per unit weed, lower crop yield, lower herbicide efficiency and lower value of the harvested product resulted in smaller values of the

economic injury level. Although, as the *E. heterophylla* control cost increase, the economic injury level also increases.

Keywords: Competition. Weed. Morphological characteristics. Critical level of damage. Yield of grain.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Precipitação pluviométrica e irrigação durante o período experimental, UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....42
- Figura 2 - Densidades de *E. heterophylla* durante a realização do experimento, em duas épocas de semeadura da espécie daninha 12 DAS (A) e 0 DAS (B), em relação à cultura do feijão, considerando as densidades esperadas de 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (Δ), 49 (■), 83 (□) e 142 pl m⁻² (◆). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....51
- Figura 3 - Temperatura média diária durante o período experimental UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....52
- Figura 4 - Estatura de plantas (cm) de feijão em V₄ (A), R₅ (B) e R₈ (C) em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (Δ), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....55
- Figura 5 - Altura de inserção de legume (cm) do feijão em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (Δ), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....57
- Figura 6 - Número de trifólios de feijão nos estádios R₅ (A) e R₈ (B), em função de densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (Δ), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....59
- Figura 7 - Área foliar por planta de feijão (cm²): (A) no estádio V₄ em função de diferentes densidades e épocas de semeadura de *E. heterophylla* (12 DAS ●— —●; 0 DAS Δ— —Δ); (B) no estádio R₅, em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (Δ), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....61
- Figura 8: - Número de ramificações produtivas por planta de feijão em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (Δ), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....62
- Figura 9 - Massa de planta seca (g planta⁻¹) de feijão, (A) no estádio V₄ em função de diferentes densidades e épocas de semeadura de *E. heterophylla* (12 DAS ●— —●; 0 DAS Δ— —Δ) em relação a semeadura do feijão; (B) no estádio R₅ em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (Δ), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na

- média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.64
- Figura 10 - Área foliar (cm^2) (A e B) e massa de planta seca (g planta^{-1}) (C e D) de *E. heterophylla* nos estádios V_4 e R_5 do feijão, em função de diferentes densidades e épocas de semeadura (12 DAS ●—●; 0 DAS Δ — Δ) de *E. heterophylla* em relação à semeadura do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.67
- Figura 11 - A; B; C= Estatura de plantas de *E. heterophylla* avaliadas nos estádios V_4 , R_5 e R_8 da cultura do feijão em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (Δ), 49 (■), 83 (□) e 142 (◆) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.70
- Figura 12 - Percentual de cobertura das entrelinhas por plantas de feijão no estádio R_5 , em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (Δ), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.73
- Figura 13 – (A) Cobertura do solo com feijão (%) avaliado no estádio V_4 da cultura do feijão em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (Δ), 49 (■), 83 (□) e 142 (◆) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão; (B) Cobertura de solo com *E. heterophylla* (%) avaliado no estádio V_4 da cultura do feijão em função de diferentes densidades e épocas de implantação de *E. heterophylla* (12 DAS ●—●; 0 DAS Δ — Δ) em relação a cultura do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.75
- Figura 14 - Cobertura do solo (%) com *E. heterophylla* e feijão, avaliados no estádio R_5 da cultura do feijão em função de diferentes densidades e épocas de implantação de *E. heterophylla* em relação a semeadura do feijão (Feijão 12 DAS (▼—▼); Feijão 0 DAS (Δ — Δ); *E. heterophylla* 12 DAS (●—●); *E. heterophylla* 0 DAS (o - -o)). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.76
- Figura 15 - Massa de sementes por planta de *E. heterophylla* (g planta^{-1}) (A) e por área (g m^{-2}) (B), em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* ; 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (Δ), 49 (■), 83 (□) e 142 (◆) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.81
- Figura 16 - Número de sementes por planta de *E. heterophylla* (A) e número de sementes m^{-2} (B), em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (Δ), 49 (■), 83 (□) e 142 (◆) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.81
- Figura 17 - Número de grãos por legume (A), peso de 1000 grãos (B), número de legumes por planta (C) e número de plantas m^{-2} (D) de feijão em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (Δ),

- 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....85
- Figura 18 - Rendimento de grãos de feijão (kg ha⁻¹) em função de diferentes densidades de plantas de *E. heterophylla* m⁻² e de duas épocas de semeadura da planta daninha (12 DAS ● — ●; 0 DAS Δ — — Δ) em relação à semeadura do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011....87
- Figura 19 - Rendimento de grãos de feijão (kg ha⁻¹) em função da massa desidratada de plantas de *E. heterophylla* m⁻² e de duas épocas de semeadura da planta daninha 12 DAS ● — — ●; 0 DAS Δ — Δ) em relação à semeadura do feijão safra 2010/11. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....89
- Figura 20 - Porcentagem de perdas de rendimento de feijão em função de diferentes densidades e épocas de semeadura de *E. heterophylla* (12 DAS ● — — ●; 0 DAS Δ — — Δ) em relação a semeadura do feijão calculados através do modelo da hipérbole retangular. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011. 100
- Figura 21 - Rendimento de grãos de feijão (kg ha⁻¹) em função da densidade de plantas e épocas de implantação de *E. heterophylla* anteriores à semeadura do feijão. 12 DAS (- - - -); 0 DAS (— — —); 1° segmento -12 DAS (▲); 2° segmento - 12 DAS (▼); 1° segmento 0 DAS (■); 2° segmento 0 DAS (●). UTFPR, Câmpus Pato Branco PR, safra 2010/11. 102
- Figura 22 - Nível de dano econômico de plantas de *E. heterophylla* na cultura do feijão calculados pelo modelo de hipérbole retangular em função do potencial de rendimento de grãos, preço pago à cultura, custo de aplicação e eficiência do herbicida. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011. 107
- Figura 23 - Nível de dano econômico de plantas de *E. heterophylla* na cultura do feijão calculados pelo modelo linear em função do potencial de rendimento de grãos, preço pago à cultura, custo de aplicação e eficiência do herbicida. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011. 109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférico presente na área do experimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	39
Tabela 2 - Características agronômicas da cultivar de feijão IPR-Tiziu.	41
Tabela 3 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a interferência de <i>E. heterophylla</i> sobre a estatura de plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	54
Tabela 4 - Parâmetros da equação de regressão usada para determinar a interferência de <i>E. heterophylla</i> sobre a altura de inserção de legumes pelas plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	56
Tabela 5 – Número de trifólios de plantas de feijão em função de semeadura de <i>E. heterophylla</i> 12 dias antes e simultaneamente à cultura do feijão, na média de oito densidades da espécie daninha. UTFPR. Câmpus Pato Branco, 2011.	58
Tabela 6 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a interferência de <i>E. heterophylla</i> sobre o número de trifólios das plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	58
Tabela 7 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a interferência de <i>E. heterophylla</i> sobre a área foliar das plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	60
Tabela 8 - Parâmetros da equação de regressão usadas para determinar a interferência de <i>E. heterophylla</i> sobre o número de ramificações produtivas das plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	62
Tabela 9 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a interferência de <i>E. heterophylla</i> sobre a massa de planta seca de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	63
Tabela 10 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a área foliar, estatura e massa seca de planta de <i>E. heterophylla</i> . UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	66
Tabela 11 - Estatura de plantas de <i>E. heterophylla</i> em função da semeadura da espécie daninha 12 dias antes ou simultaneamente à cultura do feijão na média de oito densidades da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	69
Tabela 12 - Cobertura de entrelinha (%) de plantas de feijão em função de épocas distintas de semeadura de <i>E. heterophylla</i> na média de oito densidades da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	72

Tabela 13 - Parâmetros da equação de regressão usadas para determinar a interferência de <i>E. heterophylla</i> sobre a cobertura de entrelinhas pelas plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....	72
Tabela 14 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a cobertura do solo através das plantas de feijão e <i>E. heterophylla</i> .UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....	75
Tabela 15 - Parâmetros das equações de regressão utilizadas para determinar a produção de sementes de <i>E. heterophylla</i> em função de diferentes densidades de <i>E. heterophylla</i> . UTFPR, Câmpus-Pato Branco 2011. ..	78
Tabela 16 - Produção de sementes de <i>E. heterophylla</i> em função de diferentes épocas de semeadura de <i>E. heterophylla</i> (12 DAS e 0 DAS) em relação a semeadura do feijão na média de oito densidades da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....	79
Tabela 17 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar o rendimento da cultura do feijão e seus componentes. UTFPR, Câmpus Pato Branco 2011.....	83
Tabela 18 - Número de legumes por planta de feijão em função da semeadura de <i>E. heterophylla</i> 12 dias antes e simultaneamente à cultura do feijão na média de oito densidades de semeadura da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....	84
Tabela 19 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar o rendimento de grãos da cultura do feijão em função da massa de plantas de <i>E. heterophylla</i> secas, avaliadas no estadio R ₅ do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....	88
Tabela 20 - Coeficientes de correlações entre o rendimento de feijão e seus componentes com variáveis morfológicas da cultura do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....	94
Tabela 21 - Coeficientes de correlação entre rendimento de grãos de feijão, número de legumes por planta e altura de inserção de legumes entre variáveis morfológicas de <i>E. heterophylla</i> e cobertura de solo de plantas de <i>E. heterophylla</i> . UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	96
Tabela 22 - Coeficientes de correlações entre o rendimento de grãos da cultura do feijão e seus componentes. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	97
Tabela 23 - Parâmetros das equações do modelo de hipérbole retangular para determinar o nível crítico de dano (NCD) de <i>E. heterophylla</i> nas diferentes épocas de semeadura (12 DAS e 0 DAS), com base na perda de rendimento de grãos. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.	99
Tabela 24 - Parâmetros das equações de regressão linear dos segmentos com menor soma de quadrados, obtidos a partir dos valores das densidades reais das plantas de <i>E. heterophylla</i> . UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.....	101

LISTA DE SIGLAS

AIL	Altura de Inserção de legumes
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAE	Dias Após a Emergência
DAS	Dias Anteriores a Semeadura
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations.
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDG	Massa de Grãos
MIPD	Manejo Integrado de Plantas Daninhas
NCD	Nível Crítico de Dano
NDE	Nível de Dano Econômico
NEA	Nível Econômico de Ataque
NGL	Número de Grãos por Legume
NLP	Número de Legumes por Planta
PAI	Período que Antecede a Interferência
PCPI	Período de Crítico de Prevenção da Interferência
PLM	Número de Plantas por Metro Quadrado
PR	Paraná
PTPI	Período Total de Prevenção da Interferência das Plantas Daninhas
RDG	Rendimento de Grãos
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

R\$	Reais
%	Porcentagem
CTC	Capacidade de troca de cátions
t	Toneladas
ha	Hectare
kg	Quilograma
cm	Centímetro
m	Metro
mm	Milímetro
n.	Número
N	Nitrogênio
P	Fósforo
p.	Página
K	Potássio
g	Gramas
L	Litros
CO ₂	Gás carbônico
m ²	Metros quadrados
V ₃	Estadio vegetativo da cultura do feijão (segunda folha trifoliolada completamente expandida)
V ₄	Estadio vegetativo da cultura do feijão (terceira folha trifoliolada completamente expandida)
R ₅	Estadio reprodutivo da cultura do feijão (planta em pré-florescimento)
R ₈	Estadio reprodutivo da cultura do feijão (planta em início da formação de grãos)
R ²	Coefficiente de determinação
r	Coefficiente de correlação
°C	Graus célsius
QMR	Quadrado médio do resíduo
QR	Quadrado do resíduo
SQR	Soma de quadrado do resíduo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO FEIJÃO	23
2.2 CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS DE <i>E. heterophylla</i>	25
2.3 EFEITOS DA INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NO FEIJÃO	27
2.4 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA.....	30
2.5 PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NO FEIJÃO	31
2.6 DEFINIÇÃO DE NÍVEL CRÍTICO DE DANO.....	33
2.7 DEFINIÇÃO DE NÍVEL DE DANO ECONÔMICO	33
2.8 FATORES INFLUENCIANDO O CÁLCULO DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO	35
3 HIPÓTESES.....	37
4 OBJETIVOS.....	38
4.1 GERAL	38
4.2 ESPECÍFICOS	38
5 MATERIAIS E MÉTODOS	39
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	39
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	39
5.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS E TRATOS CULTURAIS	40
5.4 DETERMINAÇÕES	43
5.4.1 Densidade Populacional das Plantas de <i>E. heterophylla</i> ao Longo do Tempo	43
5.4.2 Características Morfológicas das Plantas de Feijão	43
5.4.3 Determinação das Características Morfológicas de <i>E. heterophylla</i>	44
5.4.4 Cobertura Vegetal de Plantas de <i>E. heterophylla</i> e Feijão	45
5.4.4.1 Análise visual	45
5.4.4.2 Análise de imagens	45
5.4.5 Produção de Sementes de <i>E. heterophylla</i>	46

5.4.6 Determinação do Rendimento e Componentes de Rendimento da Cultura do Feijão	46
5.4.7 Determinação do Nível Crítico de Dano	47
5.4.8 Determinação do Nível de Dano Econômico.....	48
5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	50
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
6.1 DETERMINAÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS DE <i>E. heterophylla</i>	51
6.2 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA CULTURA DO FEIJÃO E DE <i>E. heterophylla</i>	54
6.2.1 Características Morfológicas da Cultura do Feijão	54
6.2.2 Variáveis Morfológicas de Plantas de <i>E. heterophylla</i>	65
6.2.3 Variáveis Relacionadas ao Desenvolvimento das Espécies <i>E. heterophylla</i> e Feijão	72
6.3 DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE <i>E. heterophylla</i>	78
6.4 RENDIMENTO E COMPONENTES DE RENDIMENTO DE FEIJÃO.....	83
6.4.1 Número de Grãos por Legume	84
6.4.2 Massa de Grãos de Feijão	84
6.4.3 Número de Legumes Por Planta	84
6.4.4 Densidade de Plantas	86
6.4.5 Rendimento de Grãos de Feijão.....	86
6.4.5.1 Efeito de densidade de plantas e época de semeadura de <i>E. heterophylla</i> ..	86
6.4.5.2 Impacto da massa de plantas de <i>E. heterophylla</i> secas sobre o rendimento de grãos de feijão.....	88
6.5 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS	93
6.6 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL CRÍTICO DE DANO	99
6.6.1 Modelo Hiperbólico.....	99
6.6.2 Modelo Linear.....	101
6.6.3 Comparação Entre Épocas de Semeadura de Plantas de <i>E. heterophylla</i>	103
6.6.4 Comparação Entre os Modelos Hiperbólico e Linear	103
6.7 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO	106
6.7.1 Modelo Hipérbole Retangular.....	106

6.7.2 Modelo Linear.....	108
6.7.3 Comparação da Estimativa de Nível de Dano Econômico entre diferentes épocas de semeadura de <i>E. heterophylla</i>	111
7 CONCLUSÕES.....	113
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
REFERÊNCIAS.....	116

1 INTRODUÇÃO

O feijão é um dos principais constituintes da dieta alimentar da população brasileira, principalmente por ser excelente fonte de proteína e carboidratos e, além disso, apresentar outros nutrientes essenciais ao ser humano.

O Brasil está entre os maiores produtores de feijão no mundo, com uma produção total de 3,46 milhões de t e uma área plantada de 3,78 milhões de ha para o ano de 2008 (FAOSTAT, 2010). O estado do Paraná é o maior produtor de feijão do Brasil com uma produção no ano de 2008 de 716,5 mil t, em uma área de 622,7 mil ha⁻¹ (SEAB, 2010). A região Sudoeste do Paraná produziu, no ano de 2008, cerca de 102,8 mil t de feijão, já para o ano de 2009 ocorreu uma diminuição da produção, que foi de 87,9 mil t (CONAB, 2010).

A cultura do feijão apresenta grande importância econômica para o Sudoeste do Paraná, assim como em outras partes do território nacional e do mundo. Na região Sudoeste do Paraná, o feijão é cultivado na safra das águas e na safrinha, apresentando boa adaptação às condições edafoclimáticas locais.

A pesquisa vem desenvolvendo cultivares de feijão cada vez mais adaptadas às condições climáticas da região Sudoeste do Paraná, ampliando o seu potencial produtivo. Através do melhoramento genético estão sendo desenvolvidas cultivares com arquitetura de planta mais ereta, para facilitar a colheita mecânica, diminuindo os riscos de adversidades climáticas na época da colheita. Além disso, estão sendo aprimoradas características fisiológicas, como índice de colheita, melhoria da eficiência fotossintética e crescimento vegetativo favorável, contribuindo para o manejo das plantas daninhas. Em algumas áreas agrícolas na região do Sudoeste do Paraná a produtividade chega aproximadamente a 4000 kg ha⁻¹.

No entanto, há necessidade de aprimoramento dos sistemas de manejo existentes para se obter produtividades mais elevadas. Dentre as principais culturas anuais cultivadas no Brasil, a do feijão provavelmente é a que apresenta maior perda percentual de rendimento ocasionada pela competição com plantas daninhas. Por ser uma espécie muito cultivada em pequenas propriedades rurais, o controle dessas infestantes muitas vezes é realizado manualmente, através de capina e arranquio e o controle, na maioria dos casos, ocorre em momento inadequado, em

que já houve perdas significativas no rendimento de grãos. As perdas são estimadas na ordem de 25% do rendimento de grãos, o que equivale a aproximadamente R\$ 1 bilhão de reais, anualmente Oerke (2006 apud VIDAL; PORTUGAL; SKORA NETO, 2010).

Existem poucos trabalhos de pesquisas com relação à cultura do feijão, principalmente quanto ao manejo de plantas daninhas, comparativamente a outras culturas como soja, milho, arroz e cana-de-açúcar. Há carência de trabalhos de pesquisa que investiguem o potencial de dano gerado pelas plantas daninhas na cultura do feijão e parâmetros de tomada de decisão de controle que possam ser utilizados pelos agricultores.

Dentre as principais espécies de plantas daninhas na Região Sudoeste do Paraná, *Euphorbia heterophylla* L. conhecida popularmente como leiteiro ou amendoim bravo, entre outros nomes comuns, se destaca pela ocorrência em grande frequência e em grandes densidades nas lavouras e pela alta competitividade com as culturas. Uma característica ecológica peculiar em muitas plantas daninhas e extremamente importante nesta espécie é a sua capacidade de emergência em fluxos distintos ao longo do tempo. A emergência em fluxo é importante principalmente porque é elemento determinante das épocas em que as plantas daninhas emergirão e, dessa forma, do momento em que o processo de competição se inicia e da intensidade do mesmo, já que plantas daninhas que emergem antes possuem maior capacidade competitiva com as plantas cultivadas do que as espécies de fluxos mais tardios.

A operação de dessecação é fundamental para a eliminação de plantas daninhas e também de culturas de cobertura que antecedem a semeadura de uma nova cultura. Trabalhos desenvolvidos no Brasil na cultura da soja e do milho indicam que o aumento de intervalo de tempo entre a operação de dessecação e introdução de espécie cultivada propicia intensificação da competição das plantas daninhas com as plantas cultivadas, podendo este intervalo de tempo ser importante determinante do nível crítico de dano de infestantes.

Através de modelos bioeconômicos, a perda de rendimento decorrente da interferência com plantas daninhas pode ser prevista através do número de indivíduos por área ou do uso de outras variáveis, como a cobertura de plantas daninhas sobre o solo. Os modelos utilizados podem auxiliar na explicação de como determinadas práticas de manejo afetam o processo competitivo entre plantas

daninhas e plantas cultivadas, explicando também as variáveis econômicas envolvidas no processo. Assim, é possível verificar se é vantajoso economicamente ou não realizar o controle sob diferentes situações de manejo.

É de extrema importância o conhecimento da capacidade competitiva das plantas daninhas para a previsão das perdas de rendimento (OLIVER; FRANS; TALBERT, 1976). No entanto, a estimativa da competição entre cultura e plantas daninhas e do dano resultante ao nível de campo é uma tarefa complexa, sendo necessário, primeiramente, determinar a competição com espécies isoladas e, posteriormente, a competição em infestações mistas (OLIVER; FRANS; TALBERT, 1976).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO FEIJÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes constituintes da dieta da população brasileira, por ser reconhecidamente uma excelente fonte protéica, além de possuir um bom conteúdo de carboidratos e de ser rico em ferro, o qual apresenta grande importância em nosso país e no mundo pela alta prevalência da deficiência de ferro e da anemia ferropriva (VIEIRA; JÚNIOR; BORÉM, 2006). Além disso, o feijão apresenta grande importância socioeconômica no Brasil, principalmente por ser uma fonte de proteína com baixo custo para o consumo (MACHADO; FERRUZZI; NIELSEN, 2008).

Dentre os componentes do feijão, destacam-se principalmente os compostos fenólicos, substâncias antioxidantes vinculadas a um menor risco no desenvolvimento de alguns tipos de câncer e a uma menor incidência de doenças degenerativas (MACHADO; FERRUZZI; NIELSEN, 2008). O consumo em quantidades médias a alta de feijão está sendo associado à diminuição de riscos para outras doenças como diabetes, doenças cardiovasculares e até mesmo neoplasias (BASSINELO, 2007). Acredita-se que esse efeito benéfico do consumo do feijão é devido à presença de metabólitos secundários na planta, fitoquímicos, compostos fenólicos e flavonoides. As fibras dietéticas podem ser divididas em solúveis e insolúveis em água (BASSINELO, 2007). Os feijões são ricos em fibras solúveis, as quais têm sido comprovadamente responsáveis por reduzir os níveis de colesterol e de açúcar no sangue em seres humanos, e auxiliam na prevenção do câncer de cólon. Além dos carboidratos componentes da fibra e dos carboidratos digeríveis (amido e sacarose), encontram-se ainda no feijão alguns oligossacarídeos, os quais são os principais responsáveis pela produção de gases e flatulência nas pessoas (BASSINELO, 2007).

Existem estudos genéticos para elucidar a possibilidade de melhorar a qualidade dos grãos de feijão, especialmente com respeito a quantidade e qualidade de proteínas e teores de ferro e zinco. Existe também variabilidade genética para compostos antinutricionais como taninos e fitatos, ainda que estes últimos sejam

necessários como fonte de fósforo para a germinação da semente e não podem ser totalmente eliminados do grão (BASSINELO, 2007).

A cultura do feijão tem uma ampla adaptação edafoclimática, que permite o seu cultivo durante quase todo o ano em quase todos os estados brasileiros, permitindo uma grande oferta do produto ao mercado consumidor. Outra característica dessa leguminosa é possibilitar sua produção em diversos ecossistemas, em monocultivo ou consorciado com várias outras culturas, favorecendo uma diversificação na produção, mas limitando uma maior integração na sua cadeia produtiva (BONATO et al., 2008).

Com relação ao consumo mundial do feijão, as Américas representam 43,2%, seguidas da Ásia (34,5%), África (18,5%), Europa (3,7%) e Oceania (0,1%). Os países em desenvolvimento são responsáveis por 86,7% do consumo mundial (WANDER, 2005).

A produtividade média nacional para a cultura do feijão na safra das águas 2009/2010 foi de 1033 kg ha⁻¹ e 713 kg ha⁻¹ na safrinha. As regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste representam cerca de 70% da produção nacional de feijão comum, onde são anotados rendimentos da ordem de 1500 kg ha⁻¹. As regiões Norte e Nordeste têm, respectivamente, produtividades da ordem de 750 e 350 kg ha⁻¹ o que reduz consideravelmente a média nacional (IBGE, 2010). No entanto, a produtividade no estado do Paraná, na safra das águas 2009/2010, foi de 1543 kg ha⁻¹, enquanto na safrinha foi de 1544 kg ha⁻¹. Na safra das águas, a produtividade de feijão na região Sudoeste do Paraná foi de 1615 kg ha⁻¹ e na safrinha 1462 kg ha⁻¹. Comparando-se as produtividades de feijão entre o estado do Paraná e a região Sudoeste deste estado, conclui-se que a média das duas épocas é similar. No entanto, o Sudoeste do Paraná possui uma produtividade média mais elevada na primeira época, quando comparado ao estado do Paraná e ao Brasil (SEAB, 2010), a qual pode estar relacionada às condições climáticas favoráveis na região ou ainda a características de manejo da cultura do feijoeiro.

Através do melhoramento genético se tem obtido cultivares com alto potencial produtivo, podendo alcançar aproximadamente 4000 kg ha⁻¹, como é o caso de algumas cultivares de feijoeiro desenvolvidas pelo IAPAR no estado do Paraná (IAPAR, 2010).

2.2 CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS DE *E. heterophylla*

O leiteiro ou amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*) é uma planta daninha da família Euphorbiaceae que, quando em competição com espécies cultivadas provoca grandes reduções no rendimento e na qualidade do produto, devido ao seu rápido desenvolvimento e a formação de uma densa cobertura vegetal (JUMES et al., 2010).

E. heterophylla é uma planta daninha nativa das regiões tropicais e subtropicais das Américas (KISSMANN e GROTH, 1992), estando hoje distribuída amplamente num cinturão ao Norte e ao Sul do equador, avançando inclusive para regiões subtropicais, nos diversos continentes. Sua ocorrência é relatada em níveis significativos em mais de 20 países e em níveis pouco significativo em outros 40 países, sendo considerada planta invasora das culturas de soja, milho, arroz, banana (KISSMANN e GROTH, 1992) e feijão (COBUCCI et al., 1999; RODRIGUES et al., 2006), entre outras.

A importância desta espécie daninha para a cultura do feijão foi relatada em questionário aplicado pela Embrapa Arroz e Feijão no ano de 1995 a produtores de feijão, em que as principais plantas daninhas levantadas foram: *Bidens pilosa*, (*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *plantaginea* (Link) R.D. Webster), *Euphorbia heterophylla*, *Amaranthus* spp., *Cenchrus echinatus*, *Commelina benghalensis* e *Digitaria horizontalis* (COBUCCI et al., 1999).

Em relação ao espectro de plantas daninhas presentes nos últimos vinte anos em áreas de lavoura, verifica-se aumento significativo na ocorrência das espécies *E. heterophylla* e, mais recentemente, *Ipomoea ramosissima* (RIZZARDI et al., 2004). No caso de *E. heterophylla*, o uso contínuo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, alterou a composição da população, havendo, hoje, predominância de biótipos resistentes aos principais herbicidas usados para seu controle (RIZZARDI et al., 2004).

E. heterophylla é uma planta daninha bastante variável, fenotipicamente, principalmente em relação ao formato e tamanho da folha. Essa variabilidade morfológica é observada em indivíduos de diferentes populações, dentro de uma mesma população e até mesmo em uma única planta (KISSMANN e GROTH, 1992). Os diferentes formatos do limbo indicam uma grande diversidade fenotípica,

ressaltando que a grande variabilidade tem dificultado estudos taxonômicos e existem controvérsias quanto à definição das características e classificação botânica da espécie (KISSMANN e GROTH, 1992).

As plantas da espécie *E. heterophylla* possuem porte médio de 40 a 60 cm e ciclo reprodutivo curto, sendo possíveis duas a três gerações por ano. Essas plantas possuem um bom desenvolvimento em qualquer tipo de solo, tendo preferência por solos bem drenados (CRONQUIST, 1981). Fisiologicamente, estas plantas podem ser classificadas como de dia curto (KIGEL et al., 1992; LEAL, 1995). mas que também florescem em dia longo (WACHOWICS, 1991).

De modo geral, *E. heterophylla* apresenta raiz axial bem desenvolvida (SUDA, 2001). O caule é ereto, oco, ramificado e com estômatos, apresenta feixes vasculares colaterais, drusas de oxalato de cálcio e grãos de amido. Características como presença de epiderme papilhosa e drusas são próprias do gênero. O látex esbranquiçado pode ser observado tanto nas partes florais quanto nas vegetativas (CRONQUIST, 1981). As folhas são verdes, simples, alternas, sendo que as superiores apresentam disposição semi-opostas ou opostas (SUDA, 2001). O bordo da folha é serrilhado a quase inteiro e a presença de tricomas nas superfícies inferior e superior é rara, podendo estar restrita ao bordo. Na base das folhas, ocorrem estípulas glanduliformes (COSTA, 1982).

Em um estudo anatômico das folhas de *E. heterophylla*, Ferreira et al. (2003) observaram um alto teor de cera epicuticular, elevada densidade de vasos laticíferos e grande espessura da cutícula da face adaxial, características que permitem a construção de barreiras foliares à penetração de agroquímicos, dificultando o controle da espécie por meio de herbicidas.

O hábito de crescimento e a ramificação são bastante influenciados pela luminosidade (KISSMANN e GROTH, 1992). Na axila das duas últimas folhas, desenvolve-se uma ramificação dicotômica, onde são formadas inflorescências principais, chamadas ciátio. Cerca de 30 a 40 flores masculinas dispõem-se ao redor de uma única flor feminina (SUDA, 2001).

A reprodução é exclusiva por sementes, oriunda tanto de autofecundação quanto fecundação cruzada (CRONQUIST, 1981). Após a fecundação, o pedicelo se alonga, tornando o fruto pendente para fora do receptáculo. O fruto é capsular e trilocular, com uma semente por lóculo (SUDA, 2001). Com o amadurecimento, ocorre alteração da coloração do fruto e a cápsula

se rompe, explosivamente, lançando as sementes para locais distantes da planta-mãe, a maturação dos frutos numa só planta não ocorre simultaneamente, o que possibilita a produção de sementes por um longo período (COSTA, 1982). Cada planta produz grande quantidade de sementes, aumentando seu potencial de competição com outras espécies vegetais (COSTA, 1982).

Embora de modo geral as sementes possam disseminar-se nas lavouras sob diferentes formas, primeiramente elas são introduzidas através da dispersão ocasionada por plantas já existentes na área (SCOTT et al., 2000). No entanto, as sementes podem apresentar algumas características como dormência e longevidade as quais assegurarão sua presença por muitos anos. Variações na produção de sementes representam estratégias evolutivas que as capacitam a explorar determinada área (SCOTT et al., 2000).

2.3 EFEITOS DA INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NO FEIJÃO

Entende-se por interferência o conjunto de pressões ambientais que recebe determinada cultura agrícola, em decorrência da presença das plantas infestantes no agroecossistema (RAMOS e PITELLI, 1994). A interferência pode ser classificada como direta (competindo pelos recursos do crescimento, alelopatia e parasitismo) e indireta (hospedando pragas, doenças e nematóides, reduzindo a qualidade dos produtos colhidos) (CARVALHO e VELINI, 2001).

As baixas produtividades da cultura do feijão muitas vezes podem estar relacionadas com a competição com plantas daninhas, as quais reduzem o rendimento da mesma. Uma estimativa mundial indica que, caso não fossem adotadas medidas de gestão de plantas daninhas, mais do que 38% do potencial produtivo das lavouras seria perdido devido ao efeito negativo das mesmas (OERKE, 2005). De acordo com Kozlowski et al. (2002) a produtividade do feijoeiro pode ser afetada por vários fatores, sendo que a interferência das plantas daninhas pode reduzir a produtividade de grãos, ultrapassando 80%.

São diversos os fatores que afetam o grau de interferência entre as comunidades infestantes e as culturas agrícolas, sendo que o grau de interferência depende de fatores ligados à comunidade infestante (composição específica,

densidade e distribuição), cultura (espécie, variedade ou cultivar, espaçamento e densidade de plantio) e a época e extensão do período de convivência (PITELLI et al., 2002). Além disso, pode ser alterado pelas condições climáticas, edáficas e de tratamentos culturais (PITELLI, 1987).

Com relação a fatores relacionados à cultura, estas variam bastante em suas capacidades de suportar a competição imposta pelas plantas daninhas. Espécies cultivadas e cultivares podem levar alguma vantagem comparativamente a outras, sobretudo devido à capacidade de rápido crescimento e o recrutamento de recursos do meio, como o poder de interceptação da luz solar, dificultando o acesso e a utilização pela comunidade infestante (PITELLI, 1987). A composição específica da comunidade infestante é fator de fundamental importância na determinação do grau de interferência, pois as espécies integrantes variam bastante em relação aos seus hábitos de crescimento e exigências em recursos do meio. Geralmente quanto mais próximas morfológica e fisiologicamente são duas espécies, mais similares serão suas exigências em relação aos fatores de crescimento e mais intensa será a competição pelos fatores limitados no ambiente comum (PITELLI, 1987; VIDAL e LAMEGO, 2010).

As comunidades infestantes geralmente são bastante diversificadas, o que lhes garante maior estabilidade quanto à ocupação de um determinado local e nos efeitos competitivos sobre as culturas. Desta maneira, em altas densidades, o valor de cada indivíduo como elemento competitivo fica diminuído, e o potencial de crescimento da comunidade é controlado por aquele recurso que, de acordo com as necessidades gerais da comunidade, apresenta-se em menor quantidade do ambiente (PITELLI, 1987). Outro fator que deve ser levado em consideração é a distribuição das plantas infestantes, normalmente plantas daninhas mais próximas a linha de semeadura competem mais com a cultura, onde plantas bem espaçadas podem apresentar maior habilidade individual competitiva (PITELLI, 1987).

Sendo a comunidade infestante composta por indivíduos distintos e muitas espécies diferentes, a resposta de cada um às variações climáticas e edáficas das diferentes regiões determina mudanças no equilíbrio da comunidade, influenciando o balanço competitivo. O mesmo é válido em relação às práticas culturais empregadas (PITELLI, 1987 e TEIXEIRA et al., 2009).

Por ser o feijoeiro cultivado nas diversas épocas do ano, sob diferentes sistemas de cultivo (solteiro ou consorciado) e nas mais variadas condições

edafoclimáticas, o mesmo pode sofrer interferência de diversas espécies de plantas daninhas (COBUCCI et al., 1999). Além disso, por tratar-se de planta de ciclo vegetativo curto, torna-se bastante sensível à competição, sobretudo nos estádios iniciais de desenvolvimento vegetativo. Quando não controladas adequadamente, as plantas daninhas competem por fatores essenciais como água, luz e nutrientes, dificultam a operação de colheita e depreciam a qualidade do produto, servindo, ainda, como hospedeiras intermediárias de insetos e agentes causadores de doenças (COBUCCI et al., 1999).

Trabalhos realizados por Kozlowski et al. (1999) concluíram que o PCPI na cultura do feijão se situa entre os estádios V_4 e R_6 . Após o estádio fenológico V_4 , a planta de feijão apresenta maior taxa de crescimento e, desta forma, qualquer competição que ocorra nesta fase da cultura afeta drasticamente o índice de área foliar, interferindo na produção final da cultura. No entanto, a competição após o estádio fenológicos R_6 não interfere negativamente na cultura do feijão.

A cultura do feijão deve ficar livre de interferência com plantas daninhas em um período médio de 16 a 44 dias após a emergência, mas esse período médio pode aumentar ou diminuir de acordo com as características das plantas infestantes, tais como espécie, densidade, época de emergência (PITELLI, 1985), bem como características da planta cultivada e de fatores climáticos. Por isso, há necessidade de intensificação das pesquisas a respeito de épocas de interferência na cultura do feijão.

O período mais crítico para a competição de plantas daninhas na cultura do feijoeiro ocorre entre 20 e 30 dias após a emergência da cultura (VICTORIA FILHO, 1994), sendo esta competição influenciada por diversos fatores, os quais podem estar relacionados com a cultura ou com a planta daninha, sendo estes: espaçamento entre linhas, variedade utilizada, densidade, adubação do feijoeiro, espécie de planta infestante, densidade populacional da espécie infestante e período de interferência das plantas daninhas. Pode-se dar maior importância à espécie infestante e sua densidade populacional e à época em que ocorre o período de competição (VICTORIA FILHO, 1994).

Poucos trabalhos avaliando a competição de *E. heterophylla* isoladamente têm sido realizados. A convivência de plantas de *E. heterophylla* com a soja após o 17º dia após a emergência resultou numa perda diária de $5,15 \text{ kg ha}^{-1}$ na produtividade de grãos (MESCHEDE et al., 2002). Em outro experimento, a

interferência imposta por *E. heterophylla* entre 11 e 68 DAE (dias após a emergência) provocou uma queda diária de 6,45 kg ha⁻¹ na produtividade da soja, com redução média de 38% da produtividade (MESCHEDE et al., 2004). Outros estudos desenvolvidos por Karam et al. (1993) constataram redução média de 30% na produtividade da soja devido à infestação de 42,5 plantas m⁻² de *Euphorbia heterophylla*. Devido aos inúmeros fatores que afetam a competição entre as plantas daninhas e a cultura do feijão, as perdas de rendimento da cultura devido à matocompetição são bastante variáveis. Segundo alguns estudos realizados por Arevalo e Rozanski (1991) essas perdas no Brasil foram estimadas entre 23% e 80% e a nível mundial entre 20% a 80%.

Além dos estudos com épocas de interferência na cultura do feijão, também há necessidade de estudar melhor os níveis populacionais de plantas daninhas que justificam o seu controle, atendendo a critérios econômicos.

2.4 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA

São várias as metodologias para se avaliar a competição de plantas daninhas com plantas cultivadas. Em uma revisão de literatura, Radosevich, Holt e Ghera (2007) apontam os métodos aditivo, substitutivo, sistemático e de vizinhança, como os mais utilizados para o estudo da competição das plantas daninhas com as espécies cultivadas.

O método aditivo é o mais usado para estudar a competição entre plantas. Frequentemente é descrito matematicamente através do modelo da hipérbole retangular (COUSENS, 1985), em que se estabelece relação entre perdas de rendimento da cultura e densidades da planta daninha. A hipérbole retangular é obtida apenas quando se segue duas condições experimentais: densidade das plantas cultivadas mantida constante do início ao final do período avaliado e a existência de uma ampla faixa de população de plantas daninhas a serem avaliadas, desde baixas infestações até infestação plena na área (VIDAL e PORTUGAL, 2010).

Esse modelo vem sendo empregado em diversos trabalhos envolvendo estudos de competição de plantas daninhas com culturas no Brasil (RIZZARDI et al., 2003a; VIDAL et al., 2004). Sob baixas densidades de infestantes, cada planta

daninha adicional na área promove uma queda no rendimento muito acentuada, no entanto em populações elevadas, o efeito de cada planta adicionada não tem um efeito tão acentuado na queda do rendimento da cultura (PORTUGAL e VIDAL, 2009).

Além da densidade de plantas daninhas, outras variáveis poderiam ser empregadas para a avaliação do NCD, que incluem massa de plantas daninhas, área foliar e determinação da cobertura do solo, avaliada visualmente ou digitalmente. O método que estima a cobertura foliar da cultura em relação a planta daninha através de digitalização de fotografias torna a avaliação mais rápida e precisa. Rizzarda e Fleck (2004) mostram perspectiva promissora de utilização de digitalização de fotografias em programas computacionais como variável explicativa da previsão de perdas de rendimentos de grãos de soja por guanxuma e picão preto, pois o método mostrou-se mais prático em relação às demais técnicas utilizadas.

A detecção dos períodos em que existe competição entre planta daninha e cultura e também do nível de dano econômico são duas informações básicas a serem obtidas para se efetuar o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD).

Dentre as diversas metodologias empregadas para definir os períodos de interferência entre plantas daninhas e cultura pode-se utilizar como critério os estádios fenológicos da cultura do feijoeiro os quais são descritos detalhadamente pelos autores Vieira, Júnior e Borém (2006). Existem algumas vantagens da utilização deste método quando comparado ao número de dias ou altura de plantas, os quais podem sofrer maiores variações de acordo com fatores climáticos, cultivares entre outros, influenciando na tomada de decisão de controle das espécies infestantes.

2.5 PERÍODOS DE INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS NO FEIJÃO

Trabalhos científicos conduzidos no Brasil indicam que o período crítico de prevenção da interferência de plantas daninhas na cultura do feijão é variável. Salgado et al. (2007), em área com predomínio das espécies *Alternanthera tenella*, *Blaenvillea rhomboideae* e *Cenchrus echinatus*, constataram que o período anterior à interferência (PAI) ocorreu até os 17 dias após emergência da cultura, e o período

total de prevenção à interferência (PTPI) ocorreu até 25 dias após a emergência da cultura. A interferência das plantas daninhas durante todo o ciclo de vida do feijoeiro reduziu a produtividade em 67%.

Experimentos desenvolvidos com a interferência de *Acanthospermum hispidum*, *Cenchrus echinatus*, *Raphanus raphanistrum* e *Cyperus rotundus* na cultura do feijão a uma densidade de 10 plantas por metro linear, espaçamento entre linhas de 0,45 m, reduziu a produtividade em 16%, com PAI de 28 dias, quando comparado no mesmo experimento na mesma densidade de feijão, mas com espaçamento para 0,6 m houve um aumento na perda de rendimento para 36% e PAI de 14 dias (PARREIRA, 2009). Borchardt et al. (2008) avaliaram uma comunidade infestante composta por infestações mistas de *Zea mays* e *Digitaria horizontalis*, em que o período crítico de prevenção de interferência (PCPI) teve início aos 6 dias após a emergência (DAE) e se estendeu até 26 DAE. No entanto em outro trabalho realizado o período crítico de competição pelas plantas daninhas de *Zea mays* e *Digitaria horizontalis* foi dos 4 aos 18 dias após emergência da cultura (BORCHARTT et al., 2011).

Um experimento testando duas densidades (13 e 148 plantas m⁻²) das espécies tiririca (*Cyperus rotundus*), capim marmelada (*Urochloa plantaginea*), capim colchão (*Digitaria ciliaris*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e corda de viola (*Ipomoea grandifolia*) e seis períodos de convivência das plantas daninhas com a cultura do feijão (0 a 15, 0 a 30, 0 a 45, 0 a 60 DAE) foi desenvolvido por Skora Neto, Campos e Horszyn (2010). Eles verificaram que a densidade populacional afeta a intensidade de perdas no rendimento do feijoeiro e que, em alta infestação, para reduzir as perdas econômicas pela presença das plantas daninhas, o controle deve ser iniciado precocemente, antes dos 15 dias após a emergência da cultura, entretanto nas áreas com baixa infestação seria possível retardar o controle até os 30 dias sem ocorrer perda no rendimento.

Assim, se nas áreas a campo predominassem baixas infestações de plantas daninhas ocorreria redução no nível de competição e, além disso, aumentaria a “período” de tempo para a realização do controle das mesmas, sem que ocorresse queda no rendimento da cultura. No caso da realização do controle manual ou mecânico, isso seria de grande importância, pois estes métodos exigem maior tempo para realização do manejo das infestantes. Em caso de controle químico, a maior “janela” também é importante para os agricultores, pois os mesmos

poderão realizar o controle em momento em que as condições de aplicação dos herbicidas sejam mais adequadas.

2.6 DEFINIÇÃO DE NÍVEL CRÍTICO DE DANO

O nível de dano competitivo descreve a população de plantas daninhas em culturas em que primeiramente é detectado um impacto negativo (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007), ou ainda o nível de infestação a partir do qual é mensurável através de testes de interferência, o efeito depressivo das infestantes no rendimento da cultura (CUSSANS; COUSENS; WILSON, 1986). No entanto, a densidade de plantas daninhas não é constante durante todo o ciclo da cultura, existindo um componente temporal que define o período crítico durante o qual a presença da planta daninha é mais competitiva à cultura acarretando maiores perdas no rendimento (VIDAL e PORTUGAL, 2010).

O nível crítico de dano (NCD) é um indicador do impacto de cada planta daninha sobre o rendimento da cultura. O conceito de NCD inclui não somente o conceito da densidade crítica como também o de período crítico, ou seja, período no qual a presença das infestantes é mais acentuada para a cultura (VIDAL e PORTUGAL, 2010). A primeira etapa para calcular o NCD é a obtenção da função dano, ou seja, a equação que relaciona a densidade de infestantes com a queda de rendimento da cultura, a qual pode ser calculada para infestação de apenas uma espécie ou para infestações mistas de plantas daninhas (VIDAL e PORTUGAL, 2010).

2.7 DEFINIÇÃO DE NÍVEL DE DANO ECONÔMICO

Nível de dano econômico pode ser definido como a densidade populacional, ou nível de dano, em que devem ser tomadas medidas de controle para evitar que ocorra dano econômico à cultura (GLASS, 1975 e COBLE e MORTENSEN, 1991), ou ainda, densidade de planta daninha no qual o custo de

controle se iguala ao valor da perda econômica de rendimento se não for tomada nenhuma ação de controle (BAUER e MORTENSEN, 1992).

Em revisão de literatura sobre o tema, Portugal e Vidal (2009) encontraram diferentes nomenclaturas para definição do nível de dano econômico (NDE), sendo em alguns países conhecido como nível econômico de ataque (NEA), ou ainda, na literatura inglesa, como *economic threshold*.

Vários modelos bioeconômicos, que simulam estratégias de manejo de plantas daninhas em pós-emergência, estão sendo usados para determinar a época ideal para realizar o controle de infestantes, acarretando maior economia ao produtor rural (LYBECKER; SCHWEIZER; KING, 1991). Na cultura do feijão, estes modelos são de grande importância porque poderiam resultar em redução de custos de produção. Isso é muito importante, pois a maioria dos produtores de feijão são classificados como “pequenos produtores rurais”, que apresentam baixa renda na propriedade agrícola e poderiam investir os recursos demandados para o controle de plantas daninhas em outros gargalos da cultura.

A utilização de modelos de previsão do resultado da interferência cultura-planta daninha e também de programas relacionados com o NDE depende da habilidade em se prever a função dano, a qual descreve o impacto das espécies de plantas daninhas sobre o potencial de rendimento da cultura (JONES e MEDD, 2000). O estabelecimento de um limiar de ação, ou nível populacional de plantas daninhas em que é necessário tomar medidas de controle para impedir as perdas de rendimento inclui uma previsão dos efeitos diretos na produtividade da cultura ou outras formas de perdas econômicas devido à associação de plantas daninhas com a cultura; no entanto, o custo/benefício para o manejo de plantas daninhas exige que a avaliação do dano potencial e real das ervas daninhas seja realizado antes da introdução do controle, sendo essencial para uma boa gestão dos ecossistemas agrícolas e naturais (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Através do conhecimento de variáveis como o preço do produto colhido, rendimento esperado, custo do controle, é possível determinar o NDE (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Portanto, a variação dos fatores usados para calcular o NDE pode causar o seu aumento ou redução. No caso de variações positivas dos fatores custo de controle, ocorrerá aumento do NDE. Já, no caso de variação positiva dos fatores rendimentos de grãos da cultura, preço do produto colhido, eficiência do herbicida ocorrerá redução do NDE. Aumentos no potencial de

produtividade da cultura, no preço do produto colhido ou na eficiência do herbicida e redução no custo de controle diminuem os NDEs em todas as simulações efetuadas, independentemente dos fatores em teste. Assim, em lavouras onde o potencial de produtividade é elevado, a menor população de plantas daninhas justifica economicamente a adoção de medidas de controle (GALON et al., 2007).

2.8 FATORES INFLUENCIANDO O CÁLCULO DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO

Um fator importante que interfere diretamente no NDE é a época de emergência das plantas daninhas quando comparada à da cultura. Rizzardi et al. (2003b) constataram que, à medida que se atrasou a semeadura da soja em relação à dessecação da cobertura vegetal, diminuíram os valores de NDE. Os mesmos autores constataram que a variação dos valores estimados de NDE foi afetada geralmente pela seguinte ordem decrescente dos fatores envolvidos: época de semeadura da soja pós dessecação da cobertura > ambiente de estudo > potencial de rendimento da soja > eficiência do herbicida > preço do produto, ou seja, a época de semeadura da soja foi o fator primordial para estimativa do NDE. Resultados similares foram encontrados por Vidal et al. (2004), pois o NDE de *U. plantaginea* na cultura do milho aumentou à medida que diminui o preço da cultura e aumentou o custo de controle; e o aumento do preço do milho reduziu o impacto do custo de controle de *U. plantaginea* para o retorno econômico da cultura do milho.

A adoção do NDE para tomar iniciativa de controle de plantas daninhas deve ser feita onde existe integração com outras práticas alternativas de controle, tais como rotação de culturas, arranjo adequado de plantas, uso de variedades adaptadas e mais competitivas, aplicação de doses adequadas de herbicidas, para com isso minimizar os efeitos negativos das plantas daninhas, tornando cada vez mais racional o uso do manejo químico (RIZZARDI et al., 2003b). Segundo Oerke (2005) a utilização do NDE como tomada de decisão para o controle de plantas daninhas torna a produção vegetal mais econômica e ecologicamente correta.

A decisão de controlar ou não as plantas daninhas requer completo discernimento quantitativo quanto aos seus efeitos sobre o rendimento da cultura, necessitando-se investigar as relações de interferência plantas daninhas-cultura e os

fatores que alteram tal relacionamento. Dentre os fatores que afetam a competição plantas daninhas-culturas destacam-se alguns relacionados às práticas de manejo adotadas (AGOSTINETTO et al., 2005).

Os principais fatores que podem limitar o uso do NDE são a 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 (GALON et al., 2007).

3 HIPÓTESES

- As maiores perdas de rendimento de grãos na cultura do feijão ocorrerão nas maiores densidades de *E. heterophylla*;
- Plantas de *E. heterophylla* que germinarem antes da cultura do feijão apresentarão maior capacidade competitiva com a cultura;
- Maiores perdas de rendimento na cultura do feijão por planta de *E. heterophylla* ocorrerão nas menores densidades dessa espécie daninha;
- As plantas de feijão e as de *E. heterophylla* sofrerão mudanças nas suas características morfológicas quando ambas estão em competição.
- Os valores de níveis de dano econômico sofrerão variação de acordo com a época de semeadura de *E. heterophylla*, rendimento da cultura, preço do produto, custo de controle e eficiência do herbicida.
- Com o aumento da densidade de *E. heterophylla* será atingida produtividade final constante de sementes desta espécie.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

- Avaliar o impacto da interferência e determinar os níveis de dano econômico e competitivo de *E. heterophylla* em diferentes épocas de semeadura desta infestante em relação à cultura do feijoeiro.

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar perdas de rendimento da cultura do feijão sob diferentes densidades de *E. heterophylla*;
- Avaliar a perda de rendimento da cultura do feijão em função da variação do intervalo de tempo entre a semeadura de *E. heterophylla* e da cultura do feijão;
- Avaliar competição exercida por planta de *E. heterophylla* com a cultura do feijão em diferentes densidades de plantas;
- Avaliar alterações em características morfológicas de plantas de feijão e *E. heterophylla* em função da interferência;
- Determinar qual a população de plantas que justifica o controle de *E. heterophylla*, considerando períodos distintos de emergência desta planta daninha em relação à emergência do feijoeiro;
- Determinar quais os principais fatores que influenciam na tomada de decisão para o controle de *E. heterophylla*.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi conduzido a campo, na Área Experimental do Câmpus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), situada no município de Pato Branco - PR, entre outubro de 2010 a janeiro de 2011. A Área Experimental está localizada a uma latitude de 26°10'27``S, longitude de 52°41'10``W e altitude de aproximadamente 720 metros.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo do local pertence à unidade de mapeamento Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa, relevo ondulado (BHERING et al., 2008). Antes da instalação do experimento, foram coletadas várias subamostras de solo na área experimental, em profundidade de 0 a 20 cm, as quais foram homogeneizadas e encaminhadas para o Laboratório de Solos da UTFPR. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférico presente na área do experimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Distribuição Granulométrica		Atributos químicos	
Componente	%	Componente	Valor/ Un. medida
Argila	55,7	MO ¹	49,50 gdm ⁻³
Silte	41,3	P ²	14,32 mgdm ⁻³
Areia	3	K ³	0,70 cmol _c dm ⁻³
		CTC ⁴	17,63
		pH ⁵	5,6
		H+AL ⁶	5,35 cmol _c dm ⁻³

¹Matéria orgânica; ²Fósforo; ³Potássio; ⁴Capacidade de troca de cátions; ⁵pH do solo; ⁶Acidez trocável.

5.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS E TRATOS CULTURAIS

O experimento foi implantado em delineamento de blocos completos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram locadas oito densidades de *E. heterophylla* e nas subparcelas duas épocas de semeadura de *E. heterophylla* em relação ao feijoeiro (12 dias antes e no momento da semeadura do feijão). As subparcelas possuíram dimensões de 6,0 m de comprimento x 2,25 m de largura, compostas por cinco linhas de semeadura. Anteriormente à semeadura do feijão e das plantas de *E. heterophylla* houve necessidade da retirada de parte da palhada de cobertura de azevém com auxílio de um “rastel”, para com isso favorecer a semeadura do feijão e aumentar o contato das sementes de *E. heterophylla* com o solo, diminuindo possíveis problemas na germinação. Inicialmente, foi realizada a adubação de base e marcação das linhas de semeadura com auxílio de semeadora-adubadora da marca Planti Center, com sete linhas de semeadura. A deposição das sementes de feijão foi efetuada manualmente nas linhas de semeadura previamente demarcadas pela semeadora-adubadora.

As sementes de *E. heterophylla* também foram depositadas nas subparcelas, manualmente e a lanço. Para obter-se densidades próximas das requeridas a campo, procedeu-se o teste de germinação das sementes de *E. heterophylla* em laboratório, para identificar o poder germinativo das mesmas. O cálculo de sementes depositadas a campo levou em consideração a correção de falhas apontadas no teste de germinação e acrescentou-se também 50% de sementes para compensar outras perdas. Para maximizar-se a germinação, logo após as semeaduras de *E. heterophylla*, procedeu-se uma leve incorporação com auxílio de um “rastel” manual. Em seguida, foi realizada irrigação por aspersão das parcelas simulando uma chuva de 20 mm. Após a emergência das plantas de *E. heterophylla*, monitorou-se as densidades de plântulas nas subparcelas, durante o desenvolvimento da cultura do feijão.

A semeadura do feijão foi realizada manualmente, com auxílio de uma régua graduada, para melhorar a sua distribuição na linha e se obter estande final de plantas mais homogêneo. A semeadura foi realizada no dia 26 de outubro de 2010, com a cultivar IPR Tiziu, cujas características agrônômicas estão descritas na

Tabela 2. As sementes foram semeadas a uma profundidade de 5 cm, com espaçamento entre linhas de 0,45 m visando densidade de 220.000 plantas ha⁻¹. Foram distribuídas 15% a mais de sementes para compensar possíveis falhas.

Tabela 2 - Características agronômicas da cultivar de feijão IPR-Tiziu.

Grupo	Preto
Hábito de crescimento	Indeterminado
Porte	Ereto
Ciclo	89 dias
Teor médio de Proteína	24,5 %
Potencial de Rendimento	Alto
Peso mil sementes	205 gramas

Fonte: adaptado IAPAR (2010).

As adubações de base e cobertura foram realizadas de acordo com a análise de solo. Na base, utilizou-se 300 kg ha⁻¹ da formulação 08.20.15, perfazendo as quantidades de 24, 60 e 45 kg de N, P₂O₅ e K₂O. Em cobertura, manualmente e a lanço, sob condição adequada de umidade no solo, empregou-se 90 kg ha⁻¹ de uréia granulada (45.00.00), o que equivale a 40 kg ha⁻¹ de N. A adubação de cobertura foi efetuada no estadio V₃ da cultura, ou seja, quando em média 50% das plantas estavam com a primeira folha trifoliolada, no dia 24 de novembro de 2011.

As sementes de feijão foram tratadas com o fungicida thiram a 70 g 100 kg⁻¹ de sementes e inseticida fipronil a 50 g 100 kg⁻¹ de sementes. Foi realizado o controle das plantas daninhas monocotiledôneas com três aplicações do herbicida clethodim (120 g ha⁻¹), conforme o fluxo de emergência com pulverizador costal pressurizado com CO₂, mantido à pressão constante e munido de bicos tipo leque 11002, distanciados entre si em 0,5 m na barra de 2,5 m de largura, totalizando um volume de calda aspergida de 180 L ha⁻¹. As demais dicotiledôneas, com exceção de *E. heterophylla*, foram arrancadas manualmente durante todo o ciclo da cultura, para que não houvesse outras espécies daninhas que interferissem com a cultura do feijão.

No decorrer do experimento, efetuou-se monitoramento da ocorrência das principais pragas e moléstias, conforme recomendações técnicas (EMBRAPA, 2005). As principais pragas encontradas foram percevejo verde pequeno (*Piezodorus guildinii*), bicudo (*Sternechus subsignatus*) e vaquinha (*Diabrotica*

speciosa), havendo necessidade de controle das mesmas nos estádios de desenvolvimento V₄, R₅ e R₈. A aplicação foi realizada com lambda cialotrina na dose de 8 g ha⁻¹ com auxílio de um pulverizador tratorizado com vazão de 180 L de calda ha⁻¹.

As principais doenças foram mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), as quais foram controladas com a aplicação de piraclostrobina (82 g ha⁻¹). Quando as plantas de feijão encontravam-se em V₄, R₅ e R₈, houve necessidade do controle de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), devido às condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da doença, principalmente altas precipitações pluviométricas ocorridas nos estádios vegetativo e reprodutivo da cultura, conforme dados do IAPAR (2011a) na Figura 1, e ao fato da cultivar apresentar alta suscetibilidade. O controle foi realizado com o fungicida hidróxido de fentina, na dose de (250 g ha⁻¹), aplicado nos estádios V₄ e R₅ da cultura do feijão com auxílio de um pulverizador tratorizado com vazão de 180 L ha⁻¹.

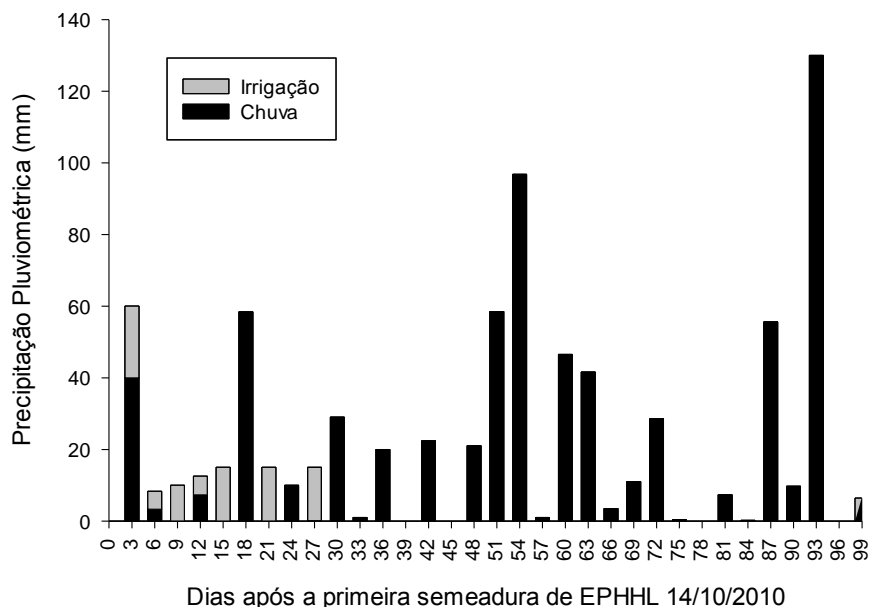


Figura 1 - Precipitação pluviométrica e irrigação durante o período experimental, UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Fonte: Adaptado de IAPAR (2011a).

5.4 DETERMINAÇÕES

5.4.1 Densidade Populacional das Plantas de *E. heterophylla* ao Longo do Tempo

Após a semeadura de *E. heterophylla*, foram determinadas as populações dessa infestante nas unidades experimentais, aos 0, 15, 25, 40 e 60 dias após a semeadura (DAS) da cultura do feijão para a época de 12 DAS e aos 10, 15, 25, 40 e 60 (DAS) para a semeadura de *E. heterophylla* simultânea a semeadura do feijão. A primeira contagem de cada época foi realizada na totalidade da área útil de cada unidade experimental. Para as demais contagens, foram demarcadas duas áreas quadradas em cada unidade experimental, com 0,5 m². Através da contagem das plantas de *E. heterophylla* emergidas na área dentro dos quadrados e com a extrapolação para m², estimou-se a densidade total em cada unidade experimental.

5.4.2 Características Morfológicas das Plantas de Feijão

As determinações de estatura de planta, área foliar, massa de planta seca e altura de inserção do primeiro legume das plantas de feijão foram procedidas em amostras de cinco plantas, definidas aleatoriamente na área útil de cada unidade experimental.

1) Estatura de planta: determinada nos estádios fenológicos V₄ (plantas com 3° folha trifoliolada completamente expandida), R₅ (planta em pré-florescimento) e R₈ (planta em início de formação de grãos). A estatura de planta de feijão foi medida através de uma régua, medindo-se o ponto do nível do solo até o ponto de estatura máxima da cultura.

2) Área foliar: determinada nos estádios fenológicos V₄ e R₅. Foram retiradas todas as folhas das plantas de feijão, tomando-se o cuidado de não deixar as folhas enrolarem. Para isso, as mesmas foram colocadas em caixa térmica e armazenadas com temperatura em torno de 20 °C e em seguida a área foliar foi determinada via integrador de área foliar.

3) Massa de planta seca: para a realização de massa seca das plantas de feijão foram coletadas cinco plantas por cada unidade experimental nos estádios fenológicos V₄ e R₅, (mesmas amostras utilizadas para determinação da área foliar); em seguida essas amostras foram encaminhadas ao laboratório de Herbologia e secas em estufa à uma temperatura de 60 °C, até massa constante e determinada com auxílio de uma balança de precisão.

4) Altura de inserção de legumes: foi efetuada no momento da colheita da cultura. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de Herbologia da UTFPR, onde foram realizadas as medições com auxílio de uma régua, sendo medido o ponto aproximado da inserção no nível do solo até o ponto de inserção do primeiro legume.

5) Número de ramificações produtivas por planta: nas mesmas plantas e momento em que foi efetuada a avaliação de altura de inserção do legume, também foi feita a contagem do número de ramificações produtivas, ou seja, ramificações que possuíam legumes.

5.4.3 Determinação das Características Morfológicas de *E. heterophylla*

As avaliações nas plantas de *E. heterophylla* foram procedidas em amostras de cinco plantas coletadas aleatoriamente na área útil de cada unidade experimental, em estádios fenológicos tendo como base as plantas de feijão, sendo realizadas as seguintes avaliações:

1) Estatura de plantas: determinada nos estádios fenológicos V₄ (3ª folha trifoliolada), R₅ (pré-florescimento), e R₈ (início de formação de grãos) da cultura do feijão. A estatura de plantas de *E. heterophylla* foi medida através de uma régua, medindo-se o ponto do nível do solo até o ponto de estatura máxima das plantas.

2) Área foliar: determinada nos estádios fenológicos V₄ e R₅ da cultura do feijão. Tomou-se cuidado para não deixar as folhas enrolarem, para isso as mesmas foram colocadas em caixa térmica com temperatura em torno de 20 °C e em seguida foram medidas separadamente com auxílio do integrador de área foliar.

3) Massa de planta seca: foi efetuada nos estádios fenológicos V₄ e R₅ da cultura do feijão, através da secagem das plantas em estufa a temperatura de 60

°C até peso constante e posterior pesagem, com auxílio de uma balança de precisão.

5.4.4 Cobertura Vegetal de Plantas de *E. heterophylla* e Feijão

As estimativas de cobertura vegetal de *E. heterophylla* e feijão foram efetuadas através da análise visual e através da interpretação de imagens fotográficas.

5.4.4.1 Análise visual

Na avaliação de cobertura de forma visual, no estadio R₅ da cultura do feijão, foi determinado o percentual de cobertura de entrelinhas pelas plantas de feijão, na área útil de cada unidade experimental. Atribuíram-se notas de 0 a 100, ou seja, 0 (ausência de fechamento do solo pela cultura nas entrelinhas) e 100 (fechamento total da entrelinha pela cultura).

5.4.4.2 Análise de imagens

Quando as plantas de feijão encontravam-se nos estadios V₄ e R₅, foram realizadas avaliações de cobertura vegetal pelas plantas de *E. heterophylla* e feijão. A cobertura vegetal foi estimada com auxílio de imagens obtidas através de câmara fotográfica digital com resolução de 12 megapixels. Foram fotografados 0,25 m² por unidade experimental, demarcado com auxílio de um quadro de madeira com dimensões de 0,5 x 0,5 m. A câmara digital foi posicionada a uma distância de 0,8 m do nível do solo. Com auxílio dos softwares “FotoShop®” e “Power Point®”, as fotos foram sobrepostas com retas nas posições horizontal e vertical, formando uma grade onde as intersecções de retas geraram 165 pontos, que permitiram a

determinação visual da porcentagem de cobertura do solo pelas plantas de feijão e *E. heterophylla*.

5.4.5 Produção de Sementes de *E. heterophylla*

Cinco plantas de *E. heterophylla* em cada unidade experimental, que encontravam-se próximas ao estágio de maturação fisiológica, foram identificadas de forma aleatória e monitoradas. Coletas em vários momentos foram procedidas quando as sementes estavam completamente formadas, evitando com isso as perdas por deiscência natural das mesmas. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de Herbologia da UTFPR e colocadas em sacos de tule para evitar perdas, ficando por cerca de cinco dias em casa de vegetação, para com isso facilitar as coletas das sementes.

Após a separação das sementes, estimou-se o número total produzido por planta através: a) obtenção da massa de 100 sementes; b) obtenção da massa total de sementes produzidas por planta; c) uso de regra de três simples. A estimativa do número de sementes de *E. heterophylla* produzido por área foi efetuada através do produto entre o número de sementes produzidas e o número de plantas por área (m^2), este último obtido em levantamento efetuado aos 60 dias após a semeadura do feijão.

5.4.6 Determinação do Rendimento e Componentes de Rendimento da Cultura do Feijão

Após a colheita das plantas de feijão, foram determinados o número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso de mil grãos em uma amostra de cinco plantas de feijão, coletadas na área útil das subparcelas e encaminhadas para o laboratório de Herbologia da UTFPR. A população final foi determinada no momento da colheita, através da contagem de todas as plantas da área útil de cada unidade experimental, exprimindo o resultado em número de

plantas por hectare. Para a avaliação do rendimento de grãos de feijão foram coletadas as plantas em quatro metros lineares, nas três fileiras centrais de cada unidade experimental, o que corresponde a uma área de 5,4 m². Em seguida as plantas de feijão foram identificadas e encaminhadas para casa de vegetação situada na UTFPR, para com isso homogeneizar as plantas quanto à umidade de grãos e facilitar a trilha. Aproximadamente cinco dias após a colheita, efetuou-se a trilha e em seguida foram pesados os grãos de feijão com auxílio de uma balança de precisão e a umidade da massa de grãos foi corrigida para 13%. O rendimento de grãos de feijão foi expresso em kg ha⁻¹.

5.4.7 Determinação do Nível Crítico de Dano

Através dos dados gerados, calculou-se o Nível Crítico de Dano (NCD) de *E. heterophylla* para as plantas de feijão, considerando as duas épocas de implantação da espécie, utilizando o modelo da hipérbole retangular de Cousens (1985). A expressão matemática do modelo de hipérbole retangular é definida na Equação 1.

$$QR = i * d / [1 + (i*d/A)] \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que: QR indica a queda no rendimento em relação à média das testemunhas (%); *i* é a declividade na tangente que passa pela curva na densidade zero (0), indicando o impacto de cada espécie infestante na queda de rendimento da cultura, *d* é a densidade das plantas infestantes (variável independente); e *A* representa a assíntota máxima, ou seja, a máxima perda de rendimento possível sob uma densidade infinita da espécie daninha considerada.

O valor de *i* é utilizado para representar o nível crítico de dano (NCD). A razão *A/i* calcula o *D*₅₀, ou seja, densidade de infestante a qual representa 50% de queda no rendimento da cultura indicado pela assíntota máxima.

Outro modelo muito utilizado para calcular o valor de i é pela segmentação da curva de rendimento em um ou mais segmentos, a definição do ponto exato de inflexão da curva (e conseqüentemente do primeiro segmento linear) é dado pelo Quadrado Médio do Resíduo (QMR), sendo a melhor estimativa da variância de uma regressão linear. Para isto, calculou-se a Soma de Quadrados dos Resíduos (SQR). O Quadrado do Resíduo (QR) para um par de dados (x, y) é dada por $(Y' - Y)^2$, onde Y' é o dado original obtido para a variável y , e Y é o dado estimado para a variável y através da equação da regressão linear. Somando todos os QRs do conjunto de dados, tem-se o SQR (Equação 2).

$$\text{QMR} = (\text{SQR}/n-2) \quad (\text{Equação 2})$$

Neste caso, a definição do ponto exato de inflexão da curva é feito por 'tentativa e erro'. Partindo do ponto de inflexão definido visualmente (observação visual do gráfico), em seguida foi determinado alguns pares de dados abaixo e acima do mesmo, repetindo o procedimento descrito para encontrar cada QMR. Assim, foi definido o ponto de inflexão exato com base na equação que fornece o menor QMR. Observa-se também que a equação definida é aquela que proporciona o maior coeficiente de correlação (r^2). Definida a equação que representa o primeiro segmento linear, encontrou-se o valor que representa i ('perda percentual por planta' ou PP), ou seja, a queda no rendimento causada por cada planta de *E. heterophylla* por m^2 , através da divisão entre os parâmetros b e a da equação linear ($PP = -b/a$).

5.4.8 Determinação do Nível de Dano Econômico

Através do cálculo do modelo de hipérbole retangular e do modelo linear encontrou-se o valor de " i ", o qual representa a perda de rendimento em % que cada planta de *E. heterophylla* reduziu na produtividade da cultura do feijão. Através do valor de " i " pode-se realizar o cálculo do Nível de dano Econômico (NDE) com base na equação 3, proposta por Lindquist e Kropff (1996).

$$\text{NDE} = C / (R * P * (i/100) * E) \quad (\text{Equação 3})$$

em que:

NDE= Nível de Dano Econômico

C= Custo de Controle (R\$ ha⁻¹)

R= Rendimento de grãos da cultura (kg ha⁻¹)

P= Preço do produto colhido (R\$ kg⁻¹ de grão)

i= Porcentagem de perda de rendimento da cultura por unidade de planta daninha quando sua unidade se aproxima de zero

E= Eficiência do herbicida (%)

Para realização do cálculo do NDE foram simulados alguns cenários relacionados ao fatores C, P, R e E da equação 3. Para o fator C os custos de controle utilizados foram de 20, 30, 40, 50, 60 e 70 R\$ ha⁻¹, ou seja, baseados nos preços nos últimos anos dos principais herbicidas recomendados para o controle de dicotiledôneas na cultura do feijão, acrescidos do custo da aplicação por ha⁻¹. Para o Fator P (preço do feijão em R\$ kg⁻¹ de grãos) foram utilizados valores praticados por empresas da região do Sudoeste do Paraná, situados na faixa de 0,8, 1,0, 1,2, 1,4, 1,6 e 1,8 R\$ kg⁻¹ de grãos. Os rendimentos de grãos de feijão utilizados no cálculo do NDE foram de 1000, 1500, 2000, 2500 e 3000 kg ha⁻¹, os quais são obtidos de acordo com níveis de investimento empregados pelos agricultores. Os valores para a eficiência do herbicida no controle de plantas de *E. heterophylla* (E) foram selecionados na ordem de 60, 70, 80, 90 e 100%. Adota-se como uma boa eficiência do herbicida no controle de plantas daninhas quando o mesmo superar o nível de 80% na mortalidade de plantas (RIZZARDI et al., 2003b), os quais podem variar dependendo do estadio da planta daninha na época da aplicação do herbicida, dose do produto e condições climáticas para a aplicação.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados foi realizada com auxílio do programa computacional WinStat®, no caso de interação significativa entre os fatores qualitativos e quantitativos com nível de significância de 5% pelo teste F, foram realizadas análises de regressão através do programa SigmaPlot® versão 12.0. No caso de interação não significativa pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, os dados de variáveis qualitativas foram comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro e para variáveis quantitativas foi efetuada análise de regressão. A escolha do modelo de regressão foi feita com base nos valores do coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o grau de ajuste do modelo aos dados.

Foram efetuadas análises de correlações de Pearson com auxílio do programa computacional WinStat®, através dessa análise pode-se identificar as variáveis de plantas de feijão que melhor expressem as perdas de rendimento pela interferência com *E. heterophylla*. Também foram efetuadas análises de correlação entre as variáveis independentes de plantas de *E. heterophylla* e demais variáveis dependentes da cultura do feijão.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 DETERMINAÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS DE *E. heterophylla*

Após a semeadura de *E. heterophylla* foram determinadas as densidades dessa infestante nas unidades experimentais, em avaliações realizadas aos 0, 15, 25, 40 e 60 dias após a semeadura da cultura do feijão, para a época de 12 DAS (Figura 2A) e aos 10, 15, 25, 40 e 60 dias após a semeadura simultânea de feijão e *E. heterophylla* (Figura 2B). Observa-se que a germinação em qualquer das épocas ocorreu em fluxos até atingir a densidade máxima de plantas de *E. heterophylla* (Figura 2A-B).

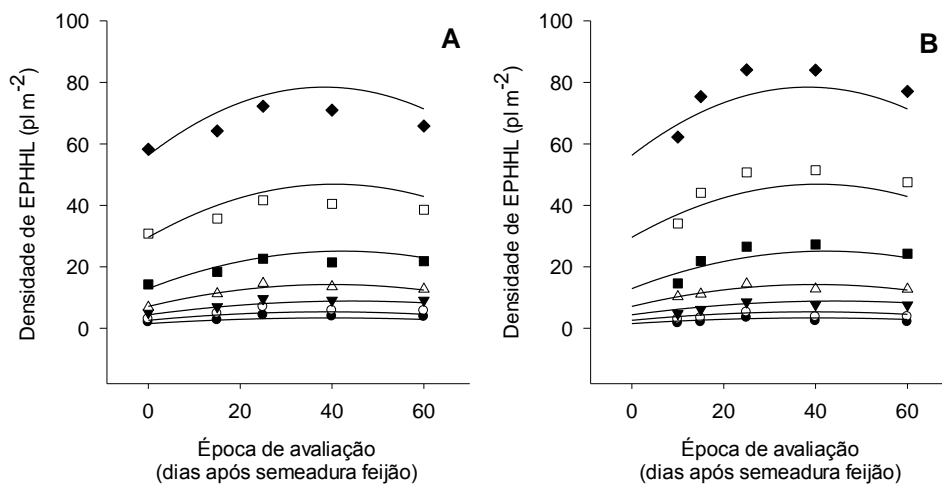


Figura 2 - Densidades de *E. heterophylla* durante a realização do experimento, em duas épocas de semeadura da espécie daninha 12 DAS (A) e 0 DAS (B), em relação à cultura do feijão, considerando as densidades esperadas de 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (△), 49 (■), 83 (□) e 142 pl m⁻² (◆). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

O número de plantas emergidas de *E. heterophylla* ficou abaixo da densidade esperada. Quando se compara as duas épocas de semeadura observa-se que, na semeadura simultânea entre as duas espécies, obtiveram-se densidades de plantas de *E. heterophylla* numericamente superiores a condição de semeadura antecipada (Figura 2A-B).

O fato da densidade de plantas emergidas ter situado abaixo da esperada pode ser atribuída a vários fatores. Segundo Radosevich, Holt e Ghera (2007), as “saídas” do banco de sementes podem ser atribuídas a vários fatores, como predação, emergência e mortalidade de plantas. A emergência depende das condições de temperatura, umidade, disponibilidade de oxigênio e luminosidade. No presente experimento, hipotetiza-se que a densidade baixa se deve principalmente às condições de temperatura não muito favoráveis para uma boa germinação e emergência das sementes, embora os fatores temperatura, umidade e luminosidade não tenham sido monitorados no experimento. Esta suposição é reforçada através de dados de temperatura média obtidas pelo IAPAR (2011b) Figura 3, pois na segunda época de semeadura de *E. heterophylla*, as temperaturas foram mais elevadas do que na primeira época o que resultou em maior emergência e consequentemente maior densidade de plântulas na segunda época de semeadura de *E. heterophylla* (Figura 2B). A deficiência de germinação não pode ser atribuída à deficiência hídrica, pois a área foi irrigada nas duas épocas de semeadura conforme necessidade (Figura 1).

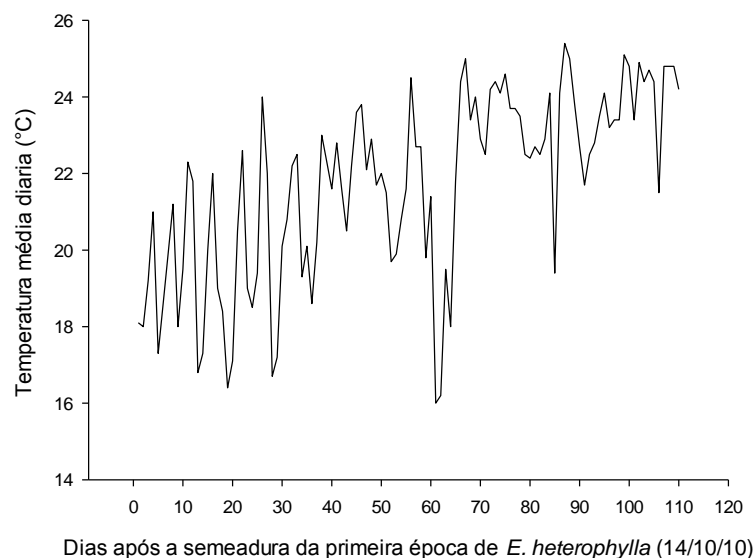


Figura 3 - Temperatura média diária durante o período experimental UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Fonte: Adaptado IAPAR (2011b).

Outra hipótese que pode explicar a baixa germinação é o fato de não haver incorporação das sementes de *E. heterophylla* em profundidades adequadas, sendo a incorporação com o “rastel” pouco eficiente, a qual resultou em incorporação em camada muito superficial, reduzindo a superfície de contato da semente com o solo. Em estudos realizados por Vicentini, Penha e Fonseca (2010) a maior taxa de emergência de *E. heterophylla* ocorre sob profundidade de 5 cm e sem a incorporação foram obtidos as menores taxas de emergência.

Analisando-se as duas épocas de semeadura, percebe-se que a maior mortalidade de plantas de *E. heterophylla* (ou o balanço negativo entre emergência e mortalidade) ocorreu mais precocemente na época de semeadura de *E. heterophylla* de 12 DAS do que na implantação simultânea com feijão. Esse efeito é observado principalmente nas densidades mais elevadas, acima de 30 plantas de *E. heterophylla* m⁻². A maior mortalidade pode ser atribuída à maior competição intraespecífica nas maiores densidades, que ocorre com maior intensidade quanto mais desenvolvidas estiverem as plantas de *E. heterophylla*, ou seja, em época de semeadura de *E. heterophylla* antecipada em relação à semeadura do feijão (Figura 2). Quando plantas estão sob altas densidades, as mesmas possuem capacidade de auto-ajuste, devido ao espaço ser mais limitado (RADOSEVICH; HOLT e GHERSA, 2007).

Resultados obtidos por Rizzardi (2002) respaldam os do presente experimento, pois na semeadura de soja realizada mais próxima à dessecação da cobertura vegetal, a mortalidade de plantas de picão preto iniciou em densidades próximas de 39 plantas m⁻², enquanto em semeaduras de soja realizadas aos 7 e 11 dias após dessecação, a mortalidade se deu em menores densidades, entre 22 e 11 plantas m⁻², respectivamente.

Devido às diferenças entre as densidades esperadas e observadas, foram utilizadas para ajustar os modelos as densidades avaliadas aos 25 dias após a semeadura de *E. heterophylla*, as quais compreendem a máxima densidade dessa infestante por unidade de área.

6.2 DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA CULTURA DO FEIJÃO E DE *E. heterophylla*

6.2.1 Características Morfológicas da Cultura do Feijão

A estatura de planta foi determinada em três momentos diferentes, nos estádios V₄, R₅ e R₈. No estádio V₄ não houve significância estatística para esta variável. Para as avaliações realizadas nos estádios R₅ e R₈ houve diferença significativa somente quanto à densidade de plantas de *E. heterophylla* (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a interferência de *E. heterophylla* sobre a estatura de plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Parâmetros ^c				R ^{2d}	C.V. ^e
		Modelo	y0	a	b		
V ₄	ns	-	-	-	-	-	4,76
R ₅	Densidade	PL	-	77,186	- 0,0006	0,113	12,13
R ₈	Densidade	ED3	92.397	15,967	0,118	0,597	6,91

^aEstádio de desenvolvimento da cultura do feijão.

^bResultado obtido pelo teste F, em que: ns= valor não significativo a 5% de probabilidade de erro; Densidade= fator significativo a 5% de probabilidade de erro.

^cEquação do tipo Polinomial Linear [$y = (a + bx)$] para R₅, e Exponencial decrescente de 3 parâmetros [$y = y_0 + (ae^{-bx})$] para R₈.

^dCoefficiente de determinação da regressão.

^eCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

Com relação à primeira avaliação de estatura das plantas de feijão, em V₄, a mesma não foi afetada pelos diferentes tratamentos (Figura 4A). No entanto, na segunda avaliação de estatura em R₅, ocorreu uma diminuição linear da estatura, com o aumento da densidade de *E. heterophylla* (Figura 4B). Na terceira avaliação, realizada no estádio R₈ observou-se que com o aumento da densidade, a estatura média de planta diminuiu exponencialmente, chegando a valores 17,4% menores do que a testemunha sem infestação. Quando se compara a estatura das plantas de feijão na testemunha (ausência de interferência) o valor médio é de 115 cm por planta, no entanto na densidade de 20 plantas de *E. heterophylla* m⁻² a estatura

média diminuiu para 95 cm. Observa-se que nas menores densidades a redução de estatura por planta de *E. heterophylla* foi maior (Figura 4C). As maiores reduções de estatura, considerando o somatório de plantas de *E. heterophylla*, ocorreram na densidade de 20 plantas m^{-2} , a partir da qual não houve redução significativa desta variável (Figura 4C).

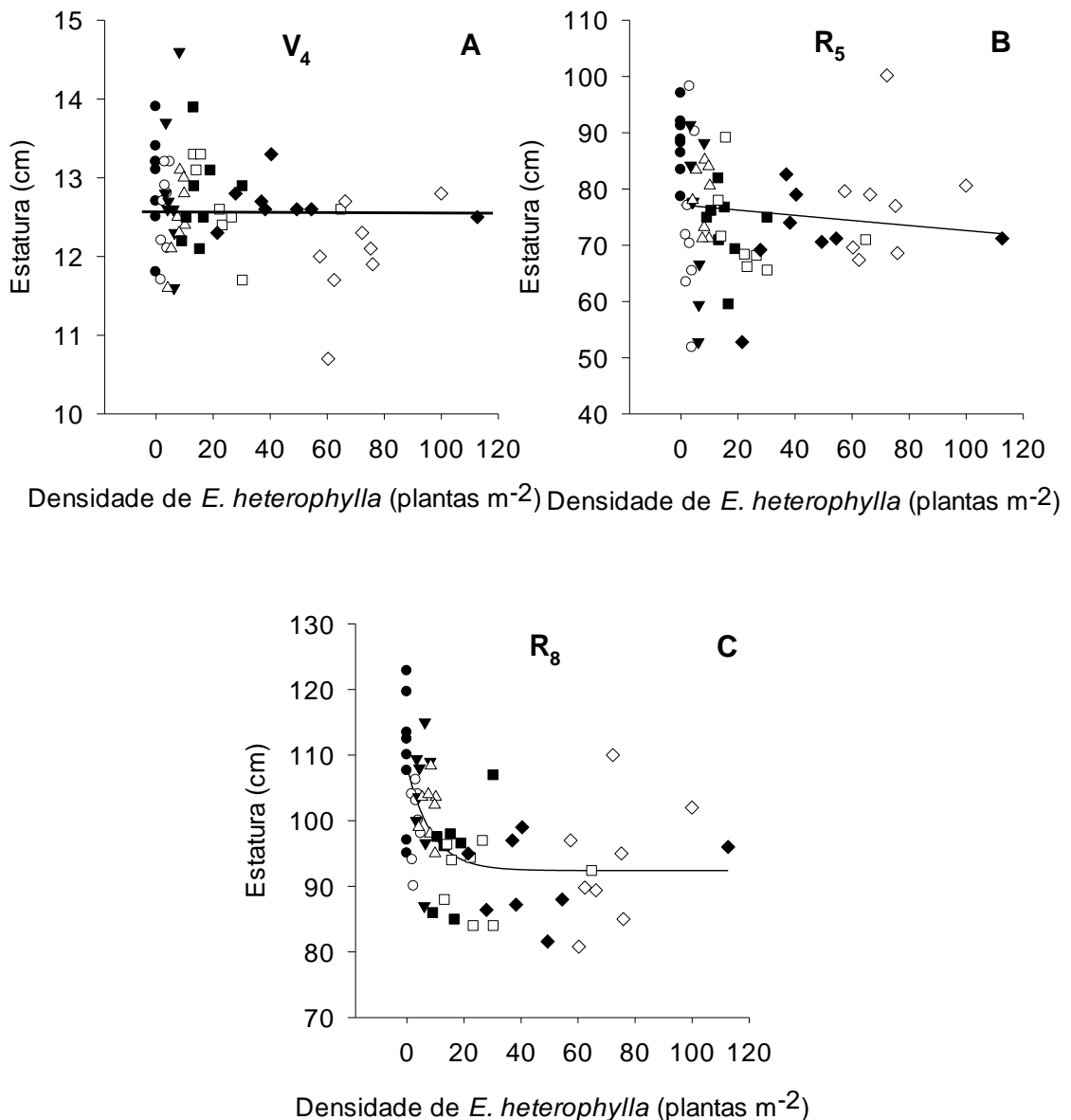


Figura 4 - Estatura de plantas (cm) de feijão em V₄ (A), R₅ (B) e R₈ (C) em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (△), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

A estatura de plantas de feijão foi fortemente afetada pela competição por água, luz e nutrientes. Durante o período de crescimento vegetativo da soja a competição por recursos do solo predominou sobre a competição por radiação solar, resultando em redução da estatura de planta (BIANCHI et al., 2006b). É de extrema importância que, para fazer frente às plantas daninhas, a cultura tenha um bom crescimento inicial em estatura, assim ocupando mais rapidamente o espaço e aumentando sua competitividade (LAMEGO et al., 2005). Em estudos realizados por Fleck et al. (2007), em relação à estatura de plantas de soja, cultivares que apresentavam maior estatura possuíam maior habilidade competitiva em relação a cultivares de porte baixo, ambas em competição com a cultivar Cobb, simuladora de competição, a qual possuía elevada estatura.

A altura de inserção de legumes foi avaliada na colheita das plantas de feijão e a análise estatística dos dados identificou significância somente para o fator densidade de plantas de *E. heterophylla* (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros da equação de regressão usada para determinar a interferência de *E. heterophylla* sobre a altura de inserção de legumes pelas plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Parâmetros ^c			R ² ^d	C.V. ^e	
		Modelo	y0	a			b
Colheita	Densidade	PL	-	19,16	0,081	0,53	13,9

^aÉpoca da realização da avaliação.

^bResultado obtido pelo teste F, em que: Densidade valor significativo a 5% de probabilidade de erro.

^cEquação do tipo Polinomial Linear [$y = (a + bx)$].

^dCoefficiente de determinação da regressão.

^eCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

À medida que aumentou a densidade de plantas de *E. heterophylla*, aumentou linearmente a altura de inserção de legumes pelas plantas de feijão (Figura 5). A altura de inserção de legumes na testemunha sem interferência, apresentou valores médios das duas épocas de 19,1 cm, e nas densidades mais elevadas o valor médio foi de 28 cm, o que representa um incremento de 46,6% na altura de inserção de legumes (Figura 5).

O incremento na altura da inserção do primeiro legume pode ser benéfico para a colheita mecanizada do feijão. No entanto, não é possível fazer uma

análise isolada desta variável sem considerar os problemas advindos do processo competitivo das plantas de *E. heterophylla* sobre o desenvolvimento das plantas de feijão, com reflexos nos componentes do rendimento e rendimento de grãos da cultura. Por exemplo, é importante salientar que o incremento na altura de inserção dos legumes normalmente ocorre simultaneamente à redução do número de legumes em toda a planta de feijão, aspecto que será analisado posteriormente no decorrer desta dissertação.

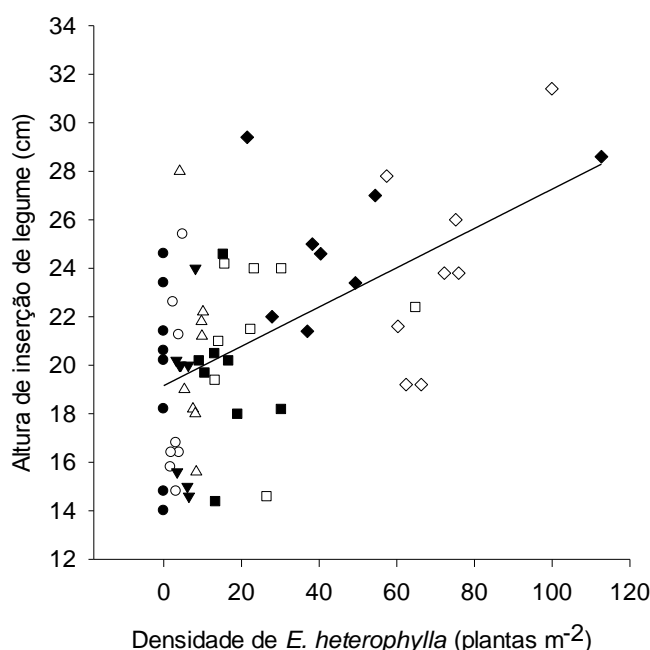


Figura 5 - Altura de inserção de legume (cm) do feijão em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (△), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Quanto ao número de trifólios completamente expandidos, a análise estatística identificou significância para os fatores época de semeadura e densidade de plantas de *E. heterophylla*, porém não foi significativa a interação entre os fatores (Tabelas 5 e 6).

Nos dois estádios de desenvolvimento da cultura houve diferença entre as épocas de semeadura de *E. heterophylla*. No estádio R₅, a semeadura antecipada de *E. heterophylla* reduziu o desenvolvimento das plantas de feijão, que se refletiu em número de trifólios por planta 11,3% menor do que na implantação

simultânea de *E. heterophylla* com feijão (Tabela 5). No estadio R₈, a semeadura antecipada de *E. heterophylla* em relação ao feijão resultou em redução do número de trifólios em 10%, comparativamente à semeadura simultânea das duas espécies (Tabela 5).

Tabela 5 – Número de trifólios de plantas de feijão em função de semeadura de *E. heterophylla* 12 dias antes e simultaneamente à cultura do feijão, na média de oito densidades da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de semeadura de <i>E. heterophylla</i>	Estadio de desenvolvimento	
	R ₅	R ₈
	Trifólios completamente expandidos (n ^o)	
12 DAS**	10.56 b*	12.78 b
0 DAS**	11.91 a	14.2 a

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**DAS = Dias antes da semeadura do feijão.

Tabela 6 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a interferência de *E. heterophylla* sobre o número de trifólios das plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Parâmetros			R ² ^d	C.V. ^e
		Modelo	y ₀	a		
R ₅	Densidade	ED3 ^c	8.609	4.398	0,037	10,58
R ₈	Densidade	ED3	11,64	4.496	0,094	17,64

^aEstadio de desenvolvimento da cultura do feijão.

^bResultado obtido pelo teste F, em que: ns= valor não significativo a 5% de probabilidade de erro; Densidade= fator significativo a 5% de probabilidade de erro.

^cEquação do tipo exponencial decrescente 3 parâmetros [$y = y_0 + (ae^{-bx})$] para R₅ e R₈.

^dCoefficiente de determinação da regressão.

^eCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

O aumento da densidade de plantas de *E. heterophylla* também resultou em decréscimo no número de trifólios. O maior decréscimo por unidade de planta daninha ocorreu nas densidades mais baixas, porém observou-se efeitos diferenciados entre as épocas de avaliação. Enquanto no estadio R₅ o modelo escolhido detectou decréscimo no número de trifólios até as densidades mais elevadas (Figura 6A), no estadio R₈ o modelo detectou decréscimo até aproximadamente a densidade de 40 plantas de *E. heterophylla* por m⁻². A partir da

densidade de 40 plantas de *E. heterophylla* por m^{-2} o incremento em densidade afetou muito pouco o número de trifólios das plantas de feijão (Figura 6B).

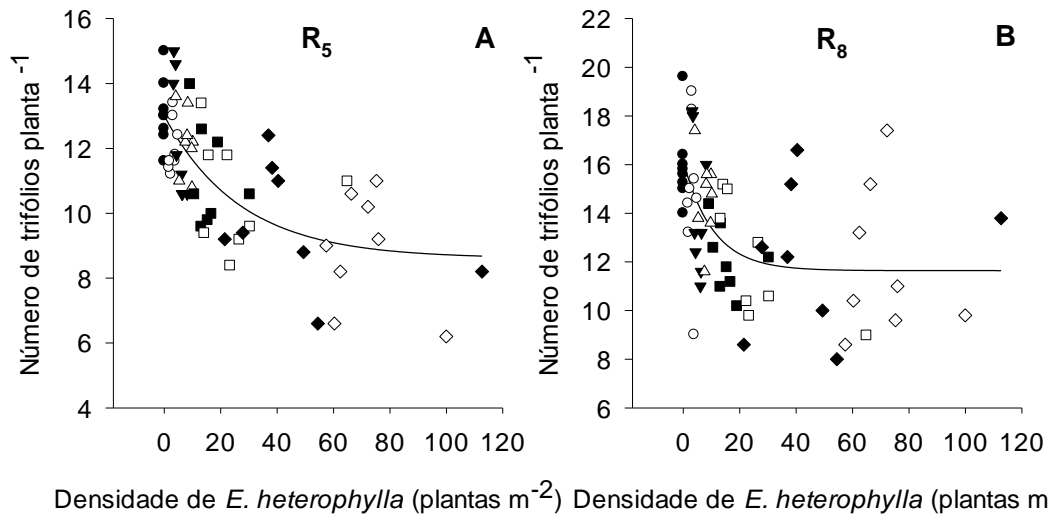


Figura 6 - Número de trifólios de feijão nos estádios R₅ (A) e R₈ (B), em função de densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (△), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Observou-se que na avaliação realizada no estádio R₅ da cultura do feijão, houve redução de aproximadamente 31% no número de trifólios, quando comparado com a testemunha (ausência de interferência) (Figura 6A), enquanto que na avaliação em R₈ a redução foi cerca de 25% em relação a testemunha (Figura 6B).

O comportamento diferenciado do número de trifólios em função do estádio de desenvolvimento do feijão provavelmente possa ser explicado porque a competição se intensificou com o decorrer do ciclo de desenvolvimento da cultura. Assim, densidades mais baixas foram capazes de gerar efeito competitivo mais pronunciado sobre o desenvolvimento das plantas de feijão, em estádios mais avançados, fazendo com que fossem atingidos níveis críticos de número de trifólios com densidade de plantas de *E. heterophylla* mais baixas, do que na avaliação em estádios mais precoces de desenvolvimento do feijão.

Para a variável área foliar do feijão houve significância da interação entre os fatores densidade e época de semeadura de *E. heterophylla* na determinação

efetuada no estadio V_4 (Tabela 7). No entanto, não houve significância de nenhum dos fatores testados nem da interação entre os mesmos na determinação efetuada no estadio de desenvolvimento R_5 do feijão.

Tabela 7 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a interferência de *E. heterophylla* sobre a área foliar das plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^c	Parâmetros ^d			R ^{2e}	C.V. ^f	
			Modelo	y0	a			b
V ₄	Época x Densidade	12 DAS	ED3	248,7	120,62	0,05	0,58	13,99
		0 DAS	PL	-	350,33	-0,85	0,43	13,99
R ₅	ns	-	-	-	-	-	-	24,92

^aEstadio de desenvolvimento da cultura do feijão

^bResultado obtido pelo teste F, em que: Interação Época x Densidade valor significativo a 5% de probabilidade de erro; ns= valor não significativo a 5% de probabilidade de erro.

^cDAS= Dias antes da semeadura do feijão.

^dEquação do tipo Polinomial Linear [$y = (a + bx)$] para semeadura simultaneamente (0 DAS) e exponencial decrescente 3 parâmetros [$y = y_0 + (ae^{-bx})$] para 12 dias antes da semeadura do feijão (12 DAS).

^eCoefficiente de determinação da regressão.

^fCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

Na semeadura de *E. heterophylla* aos 12 DAS constatou-se redução de 27% da área foliar do feijão nas densidades mais elevadas, em relação à testemunha sem interferência. Na semeadura simultânea de feijão e *E. heterophylla* a redução da área foliar foi de 35%.

De certa forma, a redução no número de trifólios e na área foliar das plantas de feijão ocasionada pela competição com plantas de *E. heterophylla* pode explicar a queda acentuada no rendimento de grãos da cultura, a qual será discutida mais adiante nesta dissertação. O índice de área foliar é uma das características que podem indicar a capacidade das plantas em competir por luz (PROCÓPIO et al., 2004a). Ainda de acordo com Silva et al. (2009) o estresse causado pela competição não se reflete apenas na área foliar, mas em todas as demais variáveis a ela associadas.

A semeadura de *E. heterophylla* aos 12 DAS ocasionou uma redução mais acentuada da área foliar por planta de feijão nas menores densidades comparativamente à época de semeadura simultânea à cultura do feijão (Figura 7A).

Apenas em densidades de *E. heterophylla* muito elevadas a redução da área foliar se equivaleu entre as épocas de semeadura (Figura 7A). Aos 12 DAS a maior redução ocorreu nas maiores densidades, mas nas menores densidades a perda de área foliar ocasionado por planta de *E. heterophylla* foi maior (Figura 7A).

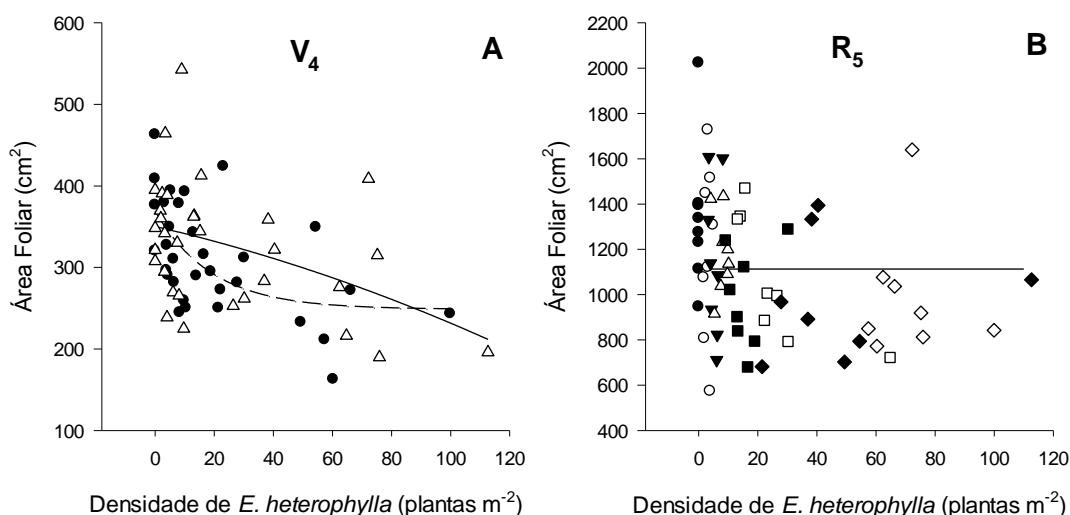


Figura 7 - Área foliar por planta de feijão (cm²): (A) no estádio V₄ em função de diferentes densidades e épocas de semeadura de *E. heterophylla* (12 DAS ●—●; 0 DAS △—△); (B) no estádio R₅, em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (△), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Santos et al. (2003) observaram que o feijoeiro apresentou maior razão de área foliar após o florescimento, o que sugere possível especialização da planta em realizar fotossíntese para o enchimento de grãos. No entanto, o mesmo trabalho indica que o feijão apresentou valor de índice de área foliar aproximadamente três vezes menor que o da soja, na fase vegetativa.

Na segunda avaliação, realizada quando a cultura do feijão encontrava-se em R₅, não houve diferença significativa entre as épocas de semeadura 12 DAS e semeadura simultânea ao feijão. O mesmo efeito foi observado com relação as densidades de semeadura, ou seja, o aumento da densidade de plantas de *E. heterophylla* não modificou a área foliar por planta de feijão (Figura 7B).

A análise estatística do número de ramificações produtivas por planta de feijão realizada em colheita, identificou significância estatística somente para o fator densidade de plantas de *E. heterophylla* (Tabela 8).

Tabela 8 - Parâmetros da equação de regressão usadas para determinar a interferência de *E. heterophylla* sobre o número de ramificações produtivas das plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Parâmetros ^c			R ^{2d}	C.V. ^e	
		Modelo	y0	a			b
Colheita	Densidade	ED3	-0,25	1,31	0,015	0,48	74,8

^aÉpoca da realização da avaliação.

^bResultado obtido pelo teste F, nível de significância a 5% de probabilidade de erro.

^cEquação do tipo exponencial decrescente 3 parâmetros [$y = y_0 + (ae^{-bx})$].

^dCoefficiente de determinação da regressão.

^eCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

O aumento da densidade de plantas de *E. heterophylla* m⁻² resultou em diminuição exponencial no número de ramificações produtivas por planta (Figura 8). Observa-se que nos tratamentos sem interferência, o número médio de ramificações produtivas chegou a uma por planta de feijão. No entanto, nas maiores densidades de *E. heterophylla*, as plantas não produzem ramificações produtivas, ou seja, os legumes são originados apenas na haste principal da planta de feijão (Figura 8).

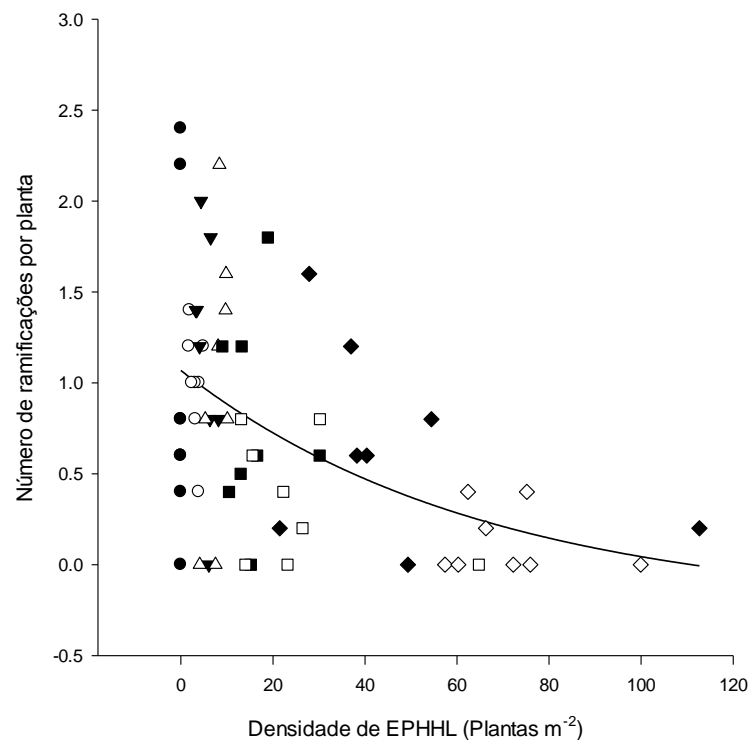


Figura 8: - Número de ramificações produtivas por planta de feijão em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (△), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Sabe-se que a cultura do feijão apresenta algumas características que conferem baixa habilidade competitiva quando a planta está em convívio com populações de plantas daninhas, fato este que pode influenciar negativamente o seu desenvolvimento, como foi observado quanto ao número de ramificações (Figura 8). Jadoski et al. (2000) constataram que o aumento de densidades das plantas de feijão elevou a competição intraespecífica, proporcionando diminuição no número de ramificações, sendo o contrário verdadeiro.

Para a variável massa de planta seca de feijão, na avaliação no estádio V_4 , houve interação significativa entre os fatores época de semeadura e densidade de plantas de *E. heterophylla*. No entanto, no estádio R_5 houve significância somente quanto à densidade de plantas de *E. heterophylla* (Tabela 9).

Tabela 9 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a interferência de *E. heterophylla* sobre a massa de planta seca de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^c	Parâmetros ^d			R ^{2e}	C.V. ^f	
			Modelo	y0	a			b
V ₄	Época x Densidade	12 DAS	ED3	1.693	0,768	0,063	0,67	12,10
		0 DAS	PL	-	2,27	0,0023	0,45	12,10
R ₅	Densidade	-	ED3	6.454	2.766	0,095	0,46	25,77

^aEstádio de desenvolvimento da cultura do feijão.

^bResultado obtido pelo teste F, em que: Interação Época x Densidade valor significativo a 5% de probabilidade de erro; densidade valor significativo a 5% de probabilidade de erro.

^cDAS= Dias antes da semeadura do feijão.

^dEquação do tipo polinomial linear [$y = (a + bx)$] para semeadura simultaneamente (0 DAS) na avaliação V_4 ; exponencial decrescente 3 parâmetros [$y = y_0 + (ae^{-bx})$] para 12 dias antes da semeadura do feijão (12 DAS) na avaliação estádio V_4 e para densidade na avaliação em R_5 .

^eCoefficiente de determinação da regressão.

^fCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

A análise em V_4 demonstra que a semeadura aos 12 DAS apresentou maior efeito competitivo com a cultura, comparativamente à semeadura simultânea de *E. heterophylla* e feijão, reduzindo a massa das plantas de feijão (Figura 9A). Tal resultado está de acordo com Parreira, Alves e Pavani (2007) em que plantas de *Bidens pilosa* sob diferentes épocas de emergência em relação ao feijoeiro determinaram diferenças quanto ao acúmulo de massa de planta seca, ou seja, plantas que emergiram antecipadamente a cultura reduziram mais intensamente o

acúmulo de fotoassimilados da mesma. Resultados semelhantes também foram encontrados por Rizzardi et al. (2004), demonstrando o efeito da época de emergência das plantas daninhas no acúmulo de biomassa das plantas de soja.

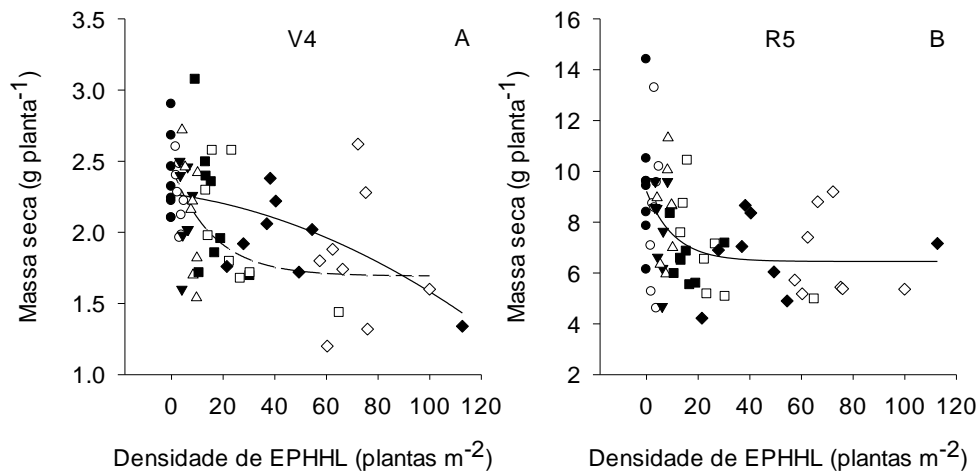


Figura 9 - Massa de planta seca (g planta^{-1}) de feijão, (A) no estágio V_4 em função de diferentes densidades e épocas de semeadura de *E. heterophylla* (12 DAS \bullet — \bullet ; 0 DAS Δ — Δ) em relação a semeadura do feijão; (B) no estágio R_5 em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (\bullet), 6 (\circ), 10 (\blacktriangledown), 17 (Δ), 29 (\blacksquare), 49 (\square), 83 (\blacklozenge) e 142 (\lozenge) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Em V_4 nas menores densidades, a perda de massa seca por unidade de planta de *E. heterophylla* foi maior, quando comparado a densidades mais elevadas (Figura 9A). Comparando-se a testemunha sem infestação com as maiores densidades de *E. heterophylla*, constataram-se reduções de massa seca de planta de feijão na ordem de 27,8% e 30,4%, respectivamente na introdução da planta daninha 12 DAS e simultaneamente a semeadura do feijão. Entretanto, nas densidades mais baixas de plantas de *E. heterophylla* o modelo exponencial evidencia que as maiores perdas de massa seca por planta devido a competição ocorrem quando a espécie daninha foi semeada antes da cultura do feijão.

Na segunda avaliação de massa de planta seca de feijão, no estágio da cultura R_5 , houve diferença significativa somente para a densidade de plantas de *E. heterophylla*. Nas menores densidades, a perda por planta de *E. heterophylla* foi maior. No entanto, as maiores perdas totais ocorreram na densidade de 20 plantas m^{-2} , e acima desta (Figura 9B). Não houve influência da época de semeadura das

plantas de *E. heterophylla* sobre a massa das plantas secas de feijão nesta segunda avaliação.

De acordo com Santos et al. (2003), a taxa assimilatória líquida para o feijão, antes do florescimento, foi aproximadamente 50% superior comparativamente a soja, ou seja, nesta fase o feijão foi à espécie que produziu mais biomassa seca a cada unidade de área foliar. Isso pode explicar o rápido fechamento do dossel observado para essa cultura, nos períodos iniciais do ciclo.

Em R₅, a redução de acúmulo de massa seca no feijão entre a testemunha e as densidades de *E. heterophylla* mais elevadas foi na ordem de 30%. Esses valores observados de redução do acúmulo de massa seca ainda situam-se abaixo do que alguns trabalhos, onde a competição com duas plantas *E. heterophylla* e uma planta de *Commelina benghalensis* por vaso, reduziram em aproximadamente 50 e 39% de massa seca, respectivamente, do valor observado na média das testemunhas ausentes de competição (CURY et al., 2011). Espécies de *Amaranthus spinosus* e *U. plantaginea*, nas mesmas densidades que a cultura do feijão, afetaram negativamente o acúmulo de massa seca em todos os componentes vegetativos da cultura, submetendo a valores de, aproximadamente, 17% de massa seca e 11% de massa seca de raiz, comparadas à testemunha livre da interferência. Bianchi et al. (2006a) também observaram redução na massa seca de plantas de soja quando em competição com genótipos competidores, ambos em mesmas densidades de uma planta por vaso.

6.2.2 Variáveis Morfológicas de Plantas de *E. heterophylla*

Com relação às variáveis morfológicas de *E. heterophylla*, o teste F demonstrou resultados distintos. Para as variáveis área foliar e massa de planta seca, houve significância para a interação entre densidade e época de semeadura de *E. heterophylla* em todas as avaliações realizadas (Tabela 10). No entanto para a variável estatura de planta somente foi significativo o efeito de densidade e época de semeadura de *E. heterophylla* isoladamente, nas três avaliações realizadas (Tabela 10).

Tabela 10 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a área foliar, estatura e massa seca de planta de *E. heterophylla*. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^c	Parâmetros ^d			R ^{2e}	C.V. ^f	
			Modelo	y0	a			b
.....Área foliar.....								
V ₄	Época x Densidade	12 DAS	ED3	95,20	12152,09	16.721	0,26	34,9
		0 DAS	ED3	60,96	-243,33	1.212	0,20	34,9
R ₅	Época x Densidade	12 DAS	ED3	262,28	536,96	0,061	0,63	41
		0 DAS	PL	-	276,36	0,438	0,07	41
.....Estatura.....								
V ₄	Densidade	-	PL	-	8,35	0,027	0,27	15,4
R ₅	Densidade	-	HPR2	-	66,34	0,473	0,48	6,5
R ₈	Densidade	-	ED3	63,88	24,28	0,126	0,70	7,9
.....Massa seca.....								
V ₄	Época x Densidade	12 DAS	ED3	0,628	16,23	1.212	0,21	38
		0 DAS	ED3	0,40	-3,58	1,47	0,23	38
R ₅	Época x Densidade	12 DAS	ED3	3,31	5,48	0,06	0,56	42
		0 DAS	ED3	3,17	-37,32	1,51	0,28	42

^aEstadio de desenvolvimento da cultura do feijão.

^bResultado obtido pelo teste F, onde: Época x Densidade interação significativa a 5% de probabilidade de erro; densidade, significância somente no fator densidade a 5% de probabilidade de erro.

^cDAS= Dias antes da semeadura do feijão.

^dEquação do tipo polinomial linear (PL) [$y = (a + bx)$]; exponencial decrescente 3 parâmetros (ED3) [$y = y_0 + (ae^{-bx})$]; hipérbole retangular 2 parâmetros (HPR2) [$y = (ax/b+x)$].

^eCoefficiente de determinação da regressão.

^fCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

Na primeira avaliação de *E. heterophylla*, em V₄, na semeadura aos 12 DAS, as plantas apresentaram maior área foliar, em comparação à semeadura simultânea, devido à maior competitividade das plantas daninhas com a cultura (Figura 10A). Nesta época de semeadura de *E. heterophylla* em relação ao feijão, uma pequena faixa de densidades mais baixas de *E. heterophylla* resultaram em área foliar superior às densidades mais elevadas.

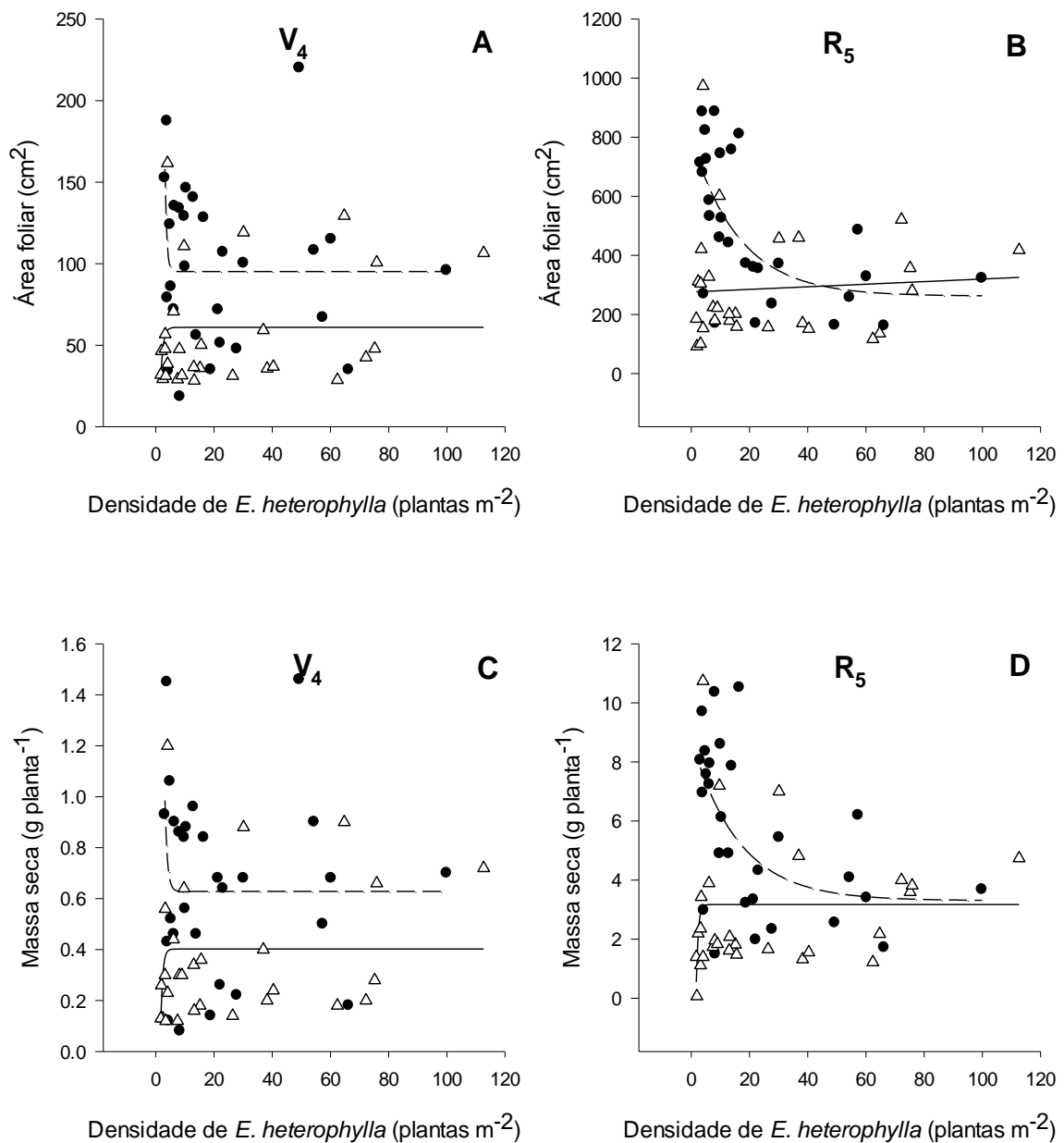


Figura 10 - Área foliar (cm²) (A e B) e massa de planta seca (g planta⁻¹) (C e D) de *E. heterophylla* nos estádios V₄ e R₅ do feijão, em função de diferentes densidades e épocas de semeadura (12 DAS ●—●; 0 DAS △—△) de *E. heterophylla* em relação à semeadura do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Com o aumento da densidade de plantas de *E. heterophylla* houve estabilização da área foliar, devido à competição intraespecífica, pois não há variação da densidade de plantas de feijão (Figura 10A). Comportamento distinto foi observado na época de implantação simultânea de *E. heterophylla* e feijão, pois pequena faixa de densidades mais baixas de *E. heterophylla*, antes de ocorrer à

estabilização da área foliar, resultou em área foliar inferior às densidades mais elevadas.

Esse comportamento em densidades mais baixas, distinto entre épocas de semeadura de *E. heterophylla* em relação ao feijão, pode ter ocorrido devido ao acirramento da competição interespecífica na implantação simultânea das duas espécies (Figura 10A). Assim, à medida que ocorre aumento da densidade de *E. heterophylla*, a competição interespecífica fica menos importante e passa a ser mais intensa a competição intraespecífica, o que faz estabilizar a área foliar em densidades mais elevadas.

Na segunda avaliação, realizada no estadio R₅ da cultura do feijão, a área foliar das plantas de *E. heterophylla* implantadas 12 DAS também foi maior comparativamente à semeadura simultânea de *E. heterophylla* e feijão (Figura 10B). Conforme aumentou a densidade de plantas de *E. heterophylla* aos 12 DAS, a área foliar diminui de forma exponencial, devido ao incremento da competição intraespecífica entre plantas de *E. heterophylla*. Na implantação simultânea entre *E. heterophylla* e feijão, ao contrário, com o aumento da densidade da planta daninha ocorreu incremento linear da área foliar das mesmas (Figura 10B).

Comparando plantas de *E. heterophylla* com as da cultura do feijão, Procópio et al. (2004a) observaram que as plantas infestantes possuíam maior taxa de fotossíntese líquida por unidade de área foliar aos 39 e aos 67 dias após a semeadura. Desse modo, é importante ressaltar que mesmo se as plantas de *E. heterophylla* possuísem menores índices de área foliar quando comparados à cultura, as mesmas poderiam se tornar muito competitivas devido à elevada taxa de fotossíntese líquida por unidade de área foliar.

No entanto do ponto de vista prático, a avaliação da área foliar através de método destrutivo é muito trabalhosa e assim estudos buscam outras alternativas, as quais podem ser mais rápidas e precisas, como a utilização de modelos matemáticos para a determinação da área foliar de *E. heterophylla* (DUARTE et al., 2009).

Para a massa seca de *E. heterophylla*, avaliada no estadio V₄, o comportamento foi similar ao da área foliar. Isto é, na semeadura com 12 dias de antecedência as plantas apresentaram maior massa seca em comparação à implantação simultânea. Com o aumento da densidade de plantas de *E. heterophylla*, houve redução na massa seca por planta de *E. heterophylla* (Figura

10C). As plantas semeadas antecipadamente à cultura do feijão ocuparam o espaço mais precocemente, obtendo desenvolvimento inicial mais rápido, devido a maior capacidade competitiva em relação à cultura. No entanto, plantas de *E. heterophylla* que germinaram simultaneamente à cultura obtiveram desenvolvimento inicial reduzido em relação à semeadura antecipada, devido à competição ocasionada pela cultura do feijoeiro, afetando o acúmulo de fotoassimilados e conseqüentemente a massa das plantas de *E. heterophylla*.

Na segunda avaliação, realizada no estadio R₅, em 12 DAS observa-se maior massa seca por planta de *E. heterophylla* nas menores densidades. À medida que aumentou a densidade de plantas de *E. heterophylla*, a massa de planta seca foi reduzida. Na implantação simultânea, foi observado comportamento distinto, pois em pequena faixa de densidades mais baixas de *E. heterophylla*, antes de ocorrer à estabilização da massa de planta seca, a massa de *E. heterophylla* seca foi inferior às densidades mais elevadas (Figura 10D).

O maior efeito sobre a área foliar e massa seca de *E. heterophylla* ocorreu na implantação simultânea das duas espécies, provavelmente porque a cultura tornou-se mais competitiva nesta condição, notadamente na faixa de densidades de *E. heterophylla* mais baixas, o que resultou em maior intensidade da competição interespecífica (feijão x *E. heterophylla*) do que a competição intraespecífica (*E. heterophylla* x *E. heterophylla*).

Para a estatura de plantas de *E. heterophylla*, houve significância para os fatores isolados, densidade e época de semeadura nas três avaliações realizadas (Tabelas 10 e 11).

Tabela 11 - Estatura de plantas de *E. heterophylla* em função da semeadura da espécie daninha 12 dias antes ou simultaneamente à cultura do feijão na média de oito densidades da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de semeadura de <i>E. heterophylla</i>	Estadio de desenvolvimento		
	V ₄	R ₅	R ₈
Estatura (cm)			
12 DAS**	10,22 b*	66,42 b	83,72 b
0 DAS**	7,85 a	59,3 a	79,76 a

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

**DAS = Dias antes da semeadura do feijão.

Em V_4 , a estatura das plantas de *E. heterophylla* foi elevada de forma linear com o incremento da densidade das mesmas, efeito esse decorrente da resposta plástica das plantas de *E. heterophylla* à falta de luz, ocasionando estiolamento (Figura 11A).

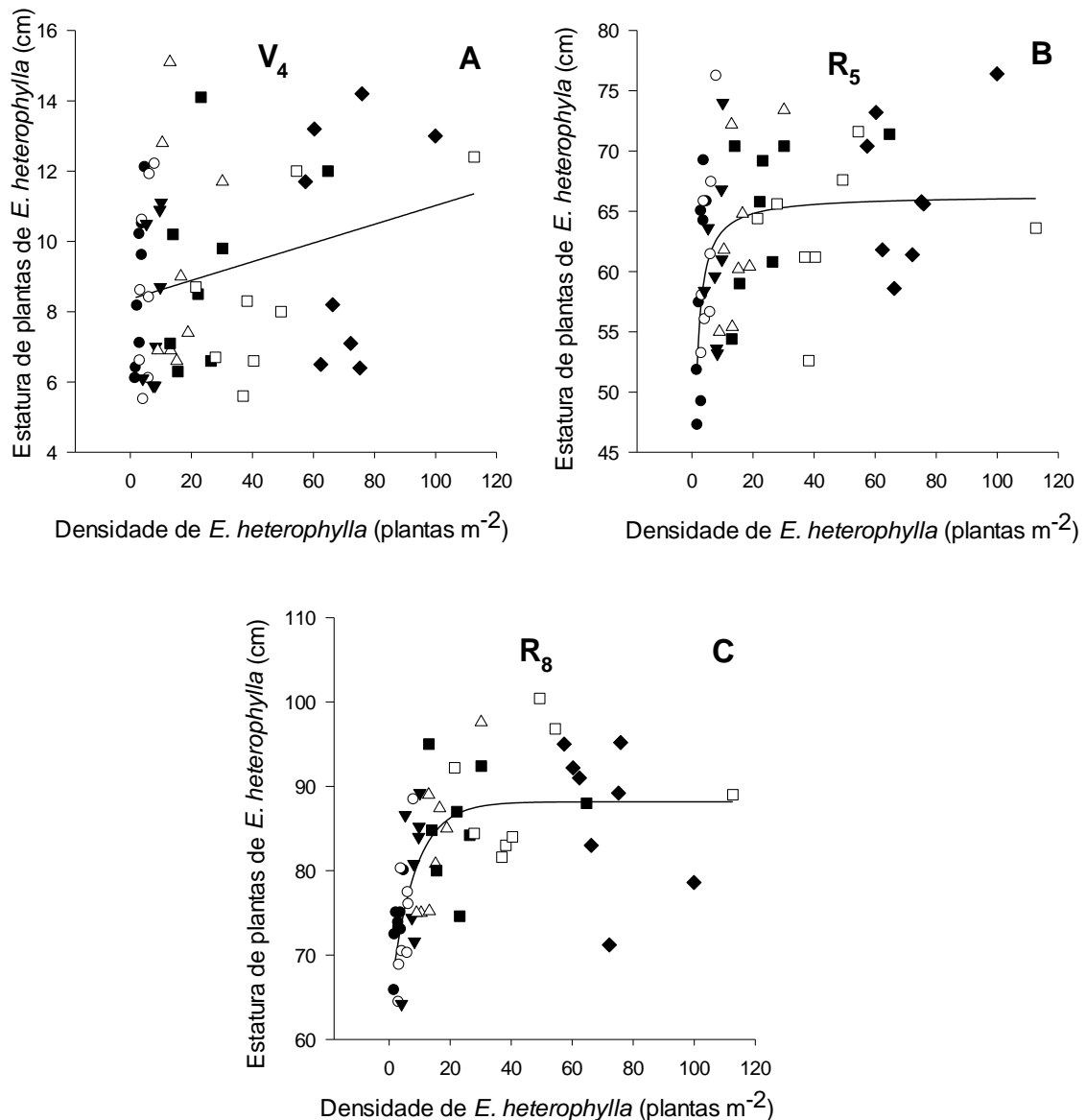


Figura 11 - A; B; C= Estatura de plantas de *E. heterophylla* avaliadas nos estádios V_4 , R_5 e R_8 da cultura do feijão em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (△), 49 (■), 83 (□) e 142 (◆) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Quando se compara a estatura nas menores densidades, a mesma foi de aproximadamente 8 cm de altura, mas nas maiores densidades a média atingiu 11,5 cm, correspondendo a um incremento da ordem de 43%. Na avaliação realizada em R₅, a partir da densidade de 20 plantas m⁻² de *E. heterophylla*, a resposta plástica foi reduzida e o ajuste seguiu o modelo hiperbólico retangular. A estatura média nas menores densidades, nas duas épocas estudadas, foi de aproximadamente 53 cm, no entanto nas maiores densidades atingiu 65 cm, com incremento de aproximadamente 22,6% (Figura 11B). A avaliação, realizada em R₈ apresentou a mesma tendência da avaliação em R₅, mas o ajuste seguiu o modelo exponencial em que, nas menores densidades de *E. heterophylla* a estatura de plantas foi de aproximadamente 70 cm, na média das duas épocas de semeadura (Figura 11C).

Essa redução das diferenças de estatura de *E. heterophylla* em função da época de semeadura relativa ao feijão, com o decorrer do tempo, pode ser explicada pela elevada plasticidade das plantas de *E. heterophylla*, pois as mesmas são capazes de incrementar as taxas de crescimento no decorrer do ciclo e recuperar-se da desvantagem competitiva imposta pelas plantas de feijão em estádios de desenvolvimento iniciais (Tabela 11). Para Blackshaw (1994), a rapidez de tomada do espaço aéreo constitui-se em importante característica para o sucesso competitivo.

No entanto, quanto maior o número de plantas de *E. heterophylla* em uma determinada área, maior a competição intraespecífica, resultando em um aumento de estatura. Em estudos conduzidos por Hoffman (2007), em que foi avaliada a estatura de plantas de *Bidens* spp. sob diferentes níveis de sombreamento, observou-se que a estatura das plantas foi elevada à medida do aumento dos níveis de sombreamento às plantas, comparativamente às plantas não sombreadas.

Observou-se que plantas de *E. heterophylla* possuem modificações nas suas características morfológicas, quando são submetidas a variações na densidade e época de semeadura. De acordo com Radosevich, Holt e Ghera (2007) plantas daninhas que possuem alta plasticidade no desenvolvimento, rápida taxa de desenvolvimento precoce e alta habilidade de competição, podem ser caracterizadas como plantas que mais afetam negativamente outras espécies.

6.2.3 Variáveis Relacionadas ao Desenvolvimento das Espécies *E. heterophylla* e Feijão

Para o percentual de cobertura das entrelinhas pelas plantas de feijão (% de fechamento entrelinhas), houve significância dos fatores época de semeadura e também de densidade de *E. heterophylla*, porém não foi identificada significância da interação entre os fatores (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12 - Cobertura de entrelinha (%) de plantas de feijão em função de épocas distintas de semeadura de *E. heterophylla* na média de oito densidades da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de semeadura de <i>E. heterophylla</i>	Estadio de desenvolvimento	
	R ₅	
	Cobertura da entrelinha (%)	
12 DAS**	72,75 b*	
0 DAS**	75,78 a	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**DAS = Dias antes da semeadura do feijão.

Tabela 13 - Parâmetros da equação de regressão usadas para determinar a interferência de *E. heterophylla* sobre a cobertura de entrelinhas pelas plantas de feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Parâmetros ^c				R ^{2d}	C.V. ^e
		Modelo	y ₀	a	b		
R5	Densidade	ED3	61.315	29.844	0,084	0,89	6,07

^aEstadio de desenvolvimento da cultura do feijão

^bResultado obtido pelo teste F, em que: Densidade valor significativo a 5% de probabilidade de erro.

^cEquação do tipo exponencial decrescente 3 parâmetros [$y = y_0 + (ae^{-bx})$].

^dCoefficiente de determinação da regressão.

^eCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

Com relação às épocas de implantação das plantas de *E. heterophylla* observa-se que na época antecipada de semeadura de *E. heterophylla* em relação à do feijoeiro (12 DAS), as plantas de feijoeiro obtiveram menor capacidade de cobertura do solo, de 72,7% na média entre as densidades. No entanto para a

implantação simultânea entre *E. heterophylla* e feijão, as plantas de feijão obtiveram maior capacidade de cobertura do solo, com valor médio entre as densidades de 75,8%, ou seja, houve um aumento de 4% na capacidade de cobertura da entrelinha (Tabela 12). De fato, as plantas de feijão semeadas simultaneamente a *E. heterophylla* ocuparam melhor o espaço, obtendo desenvolvimento inicial mais rápido, apresentando-se mais competitivas quando comparado à época de 12 DAS.

A relação entre o percentual de cobertura das entrelinhas por plantas de feijão e a densidade de plantas de *E. heterophylla* foi ajustada pelo modelo exponencial decrescente (Tabela 13). Sob competição com *E. heterophylla*, as plantas de feijão apresentaram um menor fechamento das entrelinhas, sendo a máxima redução do fechamento atingida aproximadamente com a densidade de 40 plantas m^{-2} de *E. heterophylla* (Figura 12).

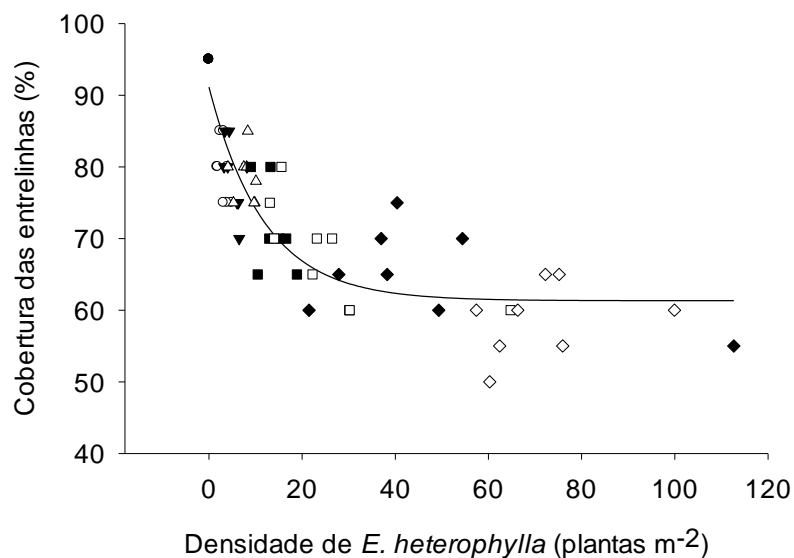


Figura 12 - Percentual de cobertura das entrelinhas por plantas de feijão no estádio R_5 , em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (△), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m^{-2} , na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Densidades a partir de 40 plantas m^{-2} de *Euphorbia heterophylla* reduzem a capacidade de cobertura do solo pelas plantas de feijoeiro em aproximadamente 60%, o que equivale a uma redução de 30%, comparativamente à testemunha sem infestação (Figura 12). Após a densidade de 40 plantas m^{-2} , o efeito

que cada planta de *E. heterophylla* produziu sobre a cobertura do solo foi praticamente nulo, provavelmente devido à maior competição intraespecífica de plantas de *E. heterophylla* pelos recursos do ambiente (Figura 12).

Densidades de *E. heterophylla* que proporcionam maior desenvolvimento das plantas de feijão resultam em cobertura do solo mais precoce. Em contrapartida, em plantas de feijão com menor desenvolvimento, a cobertura do solo é retardada, o que se reflete nesta avaliação pontual (Figura 12). A redução do percentual de fechamento de entrelinhas é resultante da redução do desenvolvimento das plantas de feijão, ocasionada pela competição com plantas de *E. heterophylla*. Cury et al. (2011) avaliaram a competição de feijão com várias espécies daninhas e concluíram que o grau de competição varia entre espécies distintas. Isso determinará variação do acúmulo e alocação de recursos energéticos (fotoassimilados) nos componentes vegetativos tanto da cultura quanto das espécies daninhas, refletindo-se diretamente no crescimento das mesmas. Além das plantas de feijão sofrerem interferência negativa quando em convívio com plantas daninhas, a cultura apresenta metabolismo C_3 , o qual confere menor eficiência fotossintética, quando comparado às plantas com metabolismo C_4 (PEREIRA, 1989), sendo mais um fator que contribui para uma reduzida habilidade competitiva.

As coberturas do solo por feijão e *E. heterophylla*, determinadas através de fotografia e posterior análise visual, ocorreram de forma distinta em função da espécie, dos fatores estudados e da época de avaliação desta variável.

Para a cobertura do solo com a cultura do feijão, houve comportamento distinto entre as épocas de avaliação. Em V_4 , não houve significância dos fatores testados nem da interação entre eles. Em R_5 , a interação entre os fatores época de semeadura e densidades de plantas de *E. heterophylla* foi significativa (Tabela 14).

Para a variável cobertura do solo por *E. heterophylla*, observou-se interação significativa entre época de semeadura e densidades de plantas, nas duas épocas avaliadas (V_4 e R_5) (Tabela 14).

A cobertura do solo pelo feijão, avaliada em V_4 , não demonstrou resposta à variação da densidade de plantas de *E. heterophylla*, nem houve diferença significativa entre épocas de semeadura (Figura 13A).

Tabela 14 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar a cobertura do solo através das plantas de feijão e *E. heterophylla*. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de avaliação ^a	Resultado do Teste F ^b	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^c	Parâmetros ^d			R ^{2e}	C.V. ^f	
			Modelo	y0	a			b
.....Cobertura do solo Feijão.....								
V ₄	ns	-					28	
R ₅	Época x Densidade	12 DAS	ED3	30,73	65,45	0,067	0,92	11
		0 DAS	ED3	66,8	25,45	0,043	0,66	11
.....Cobertura do solo <i>E. heterophylla</i>								
V ₄	Época x Densidade	12 DAS	ERM3	-3,74	61,68	0,02	0,88	54
		0 DAS	ERM3	3,86	43,48	0,041	0,61	54
R ₅	Época x Densidade	12 DAS	ERM3	-1,47	84,74	0,034	0,90	27
		0 DAS	ERM3	-4,05	41,41	0,06	0,50	27

^aEstadio de desenvolvimento da cultura do feijão

^bResultado obtido pelo teste F, onde: Época x Densidade= interação significativa a 5% de probabilidade de erro; ns= não significativo a 5% de probabilidade de erro.

^cDAS= Dias antes da semeadura do feijão.

^dEquação do tipo Exponencial decrescente 3 parâmetros (ED3) [$y = y_0 + (ae^{-bx})$]; Exponential Rise to Maximum (ERM3) $f = y_0 + a \cdot (1 - \exp(-b \cdot x))$.

^eCoefficiente de determinação da regressão.

^fCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

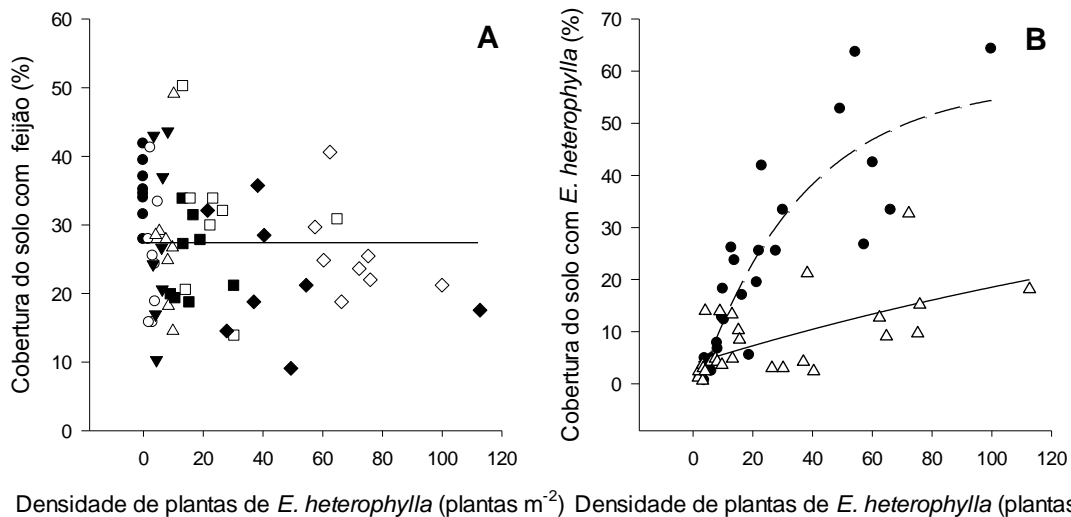


Figura 13 – (A) Cobertura do solo com feijão (%) avaliado no estadio V₄ da cultura do feijão em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (Δ), 49 (■), 83 (□) e 142 (◆) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão; (B) Cobertura de solo com *E. heterophylla* (%) avaliado no estadio V₄ da cultura do feijão em função de diferentes densidades e épocas de implantação de *E. heterophylla* (12 DAS ●—●; 0 DAS Δ—Δ) em relação a cultura do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

A cobertura do solo por *E. heterophylla* em V₄ foi distinta entre as épocas de semeadura desta espécie em relação ao feijão. Na semeadura de *E. heterophylla*

12 DAS, houve aumento exponencial na cobertura do solo (%), com o aumento da densidade de plantas de *E. heterophylla*, atingindo valor superior a 50% nas densidades mais elevadas (Figura 13B). Na semeadura de *E. heterophylla* simultaneamente ao feijão, a cobertura do solo com *E. heterophylla* atingiu percentuais muito inferiores aos observados na semeadura aos 12 DAS. Na semeadura simultânea das espécies cultivada e daninha, o aumento da densidade de *E. heterophylla* determinou incremento exponencial do percentual de cobertura do solo, atingindo nas maiores densidades os valores máximos, de apenas 20 % (Figura 13B).

Na segunda avaliação realizada no estadio R₅ da cultura, observa-se que, incrementos na densidade de *E. heterophylla*, na semeadura aos 12 DAS, resultaram em redução exponencial na cobertura do solo pela cultura do feijão (Figura 14).

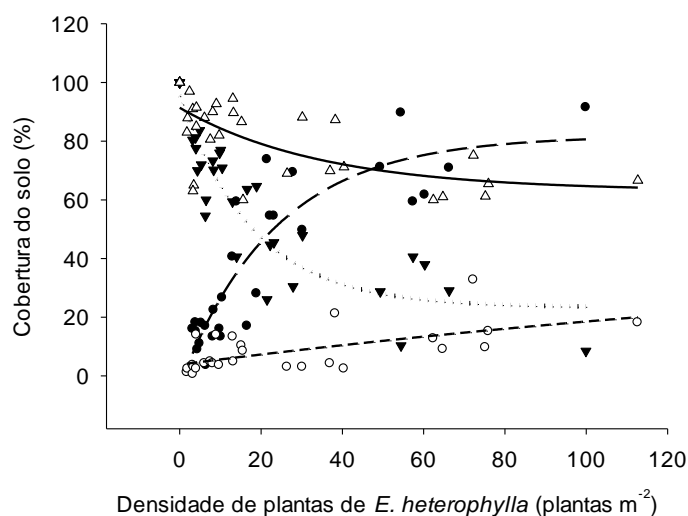


Figura 14 - Cobertura do solo (%) com *E. heterophylla* e feijão, avaliados no estadio R₅ da cultura do feijão em função de diferentes densidades e épocas de implantação de *E. heterophylla* em relação a semeadura do feijão (Feijão 12 DAS (▼—▼); Feijão 0 DAS (Δ—Δ); *E. heterophylla* 12 DAS (●—●); *E. heterophylla* 0 DAS (○ - -○)). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Na testemunha sem a presença de *E. heterophylla*, a porcentagem de cobertura do solo pelo feijão em R₅ foi em média de 90%, em comparação a 20% na densidade de *E. heterophylla* mais elevada, correspondendo a um decréscimo de 77% na cobertura do solo pelo feijão. Em contrapartida, a cobertura do solo

proporcionada pelas plantas de *E. heterophylla* nas densidades mais elevadas chegou a 80%. Observa-se que, em densidades superiores a 60 plantas de *E. heterophylla* m⁻², a cobertura do solo pela planta daninha se mantém constante, em função do aumento da competição intraespecífica. A capacidade da cultura na supressão da planta daninha fica diminuída quando a última tem sua emergência antecipada. Esta capacidade de supressão independe do hábito de crescimento da cultura, mas está diretamente relacionado ao índice de área foliar, taxa de crescimento da cultura e tamanho de folha (WORTMANN, 1993).

Como não houve modificação da densidade de plantas de feijão, apenas de *E. heterophylla*, o elevado percentual de redução da cobertura do solo pelo feijão demonstra o elevado incremento da capacidade competitiva de *E. heterophylla* com feijão, em função do incremento da densidade de plantas da espécie daninha.

Na semeadura simultânea das duas espécies, também ocorre um decréscimo na cobertura vegetal das plantas de feijão ocasionada pelo aumento da densidade de plantas de *E. heterophylla*, no entanto os valores são menos expressivos quando comparado aos 12 DAS. Na testemunha (sem a presença de *E. heterophylla*) a cobertura de solo foi em média de 90%, mas nas maiores densidades os valores são próximos a 60%, ou seja, decréscimo em torno de 33% na cobertura de solo pelas plantas de feijão (Figura 14). Isso ocorre porque, na semeadura simultânea das duas espécies, a capacidade de cobertura do solo com *E. heterophylla* foi muito menor em função do incremento da densidade da espécie daninha, atingindo valores próximo de 40% na densidade de *E. heterophylla* mais elevada (Figura 14). Isso demonstra a menor capacidade de ocupação do nicho e de disputa de recursos de *E. heterophylla* com o feijão, quando se efetua a semeadura simultânea.

Ou seja, a época de implantação de *E. heterophylla* influencia fortemente o desenvolvimento da cultura do feijão. Conforme discutido anteriormente, aos 12 DAS ocorre a maior perda da capacidade de cobertura de solo pelas plantas de feijão, diminuindo seu potencial competitivo com as plantas de *E. heterophylla*, principalmente quanto à luminosidade, afetando a capacidade fotossintética da planta e possível rendimento. De acordo com Teixeira et al. (2009), o feijoeiro apresenta baixa capacidade competitiva e está enquadrado no grupo de culturas agrícolas que menos sombreiam o solo, o que expõe a cultura a intensa interferência

de plantas daninhas. Santos et al. (2003) ressalta que quando espécies convivem em conjunto, ocorre redução no desenvolvimento para ambas.

Com relação a metodologia empregada para a determinação da cobertura do solo, estudos realizados por Rizzardi e Fleck (2004) com plantas de picão-preto e guanxuma, para mostrar a área de solo coberta pelas mesmas, foram obtidos melhores ajustes através da utilização de métodos fotográficos, no entanto, o mesmo se mostra muito demorado.

6.3 DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE *E. heterophylla*

Para a variável produção de sementes de plantas de *E. heterophylla* a análise estatística identificou significância estatística dos fatores época de semeadura e densidades de plantas de *E. heterophylla*, porém não houve significância estatística da interação entre os dois fatores (Tabelas 15 e 16).

Tabela 15 - Parâmetros das equações de regressão utilizadas para determinar a produção de sementes de *E. heterophylla* em função de diferentes densidades de *E. heterophylla*. UTFPR, Câmpus-Pato Branco 2011.

Resultado do Teste F ^a	Parâmetros ^b					R ^{2c}	C.V. ^d
	Modelo	y ₀	a	b	x ₀		
.....Produção de sementes (g planta ⁻¹).....							
Densidade	ED3	0,2851	0,748	0,247		0,46	37.54
.....Produção de sementes (g m ⁻²).....							
Densidade	SIG3	-	31.39	13.65	25.15	0,87	49.7
.....Produção de sementes por planta.....							
Densidade	ED3	45,78	150,24	0,0247		0,46	37.54
.....Produção de sementes m ⁻²							
Densidade	SIG3	-	5040.5	13.64	25.15	0,87	49.7

^aResultado obtido pelo teste F, em que: densidade, significância somente no fator densidade a 5 % de probabilidade de erro.

^bEquação do tipo exponencial decrescente 3 parâmetros (ED3) [$y = y_0 + (ae^{-bx})$]; sigmoidal 3 parâmetros (SIG3) [$f = a/(1 + \exp(-(x-x_0)/b))$].

^cCoefficiente de determinação da regressão.

^dCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

Tabela 16 - Produção de sementes de *E. heterophylla* em função de diferentes épocas de semeadura de *E. heterophylla* (12 DAS e 0 DAS) em relação a semeadura do feijão na média de oito densidades da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Produção de sementes de <i>E. heterophylla</i>				
Épocas de semeadura de <i>E. heterophylla</i>	g m ⁻²	g pl ⁻¹	Sementes m ⁻²	Sementes pl ⁻¹
12 DAS**	15,89 a	0,96 a	2553 a	154,8 a
0 DAS**	11,00 b	0,56 b	1766 b	90,8 b

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**DAS = Dias antes da semeadura do feijão.

Na semeadura de *E. heterophylla* 12 dias antes da semeadura do feijão, a produção média de semente por área foi de 15,89 g m⁻² e na semeadura simultânea das espécies foi de 11 g m⁻² (Tabela 16). Observa-se que houve redução de aproximadamente 30,7% na produção de sementes de *E. heterophylla* por área na semeadura simultaneamente ao feijoeiro. Resultados semelhantes também foram encontrados por Rizzardí (2002) em que plantas de *Bidens pilosa* e *Sida rhombifolia* que emergiram antecipadamente à cultura da soja, produziram maior número de sementes de plantas daninhas.

Na avaliação da massa de sementes por planta daninha (g pl⁻¹), constata-se que a implantação simultânea de *E. heterophylla* resultou em decréscimo de 41,7 % comparativamente a semeadura 12 DAS (Tabela 16).

Com relação ao número médio de sementes m⁻² produzidas, observa-se que, na semeadura aos 12 DAS, foi de 2553 sementes m⁻², enquanto que para a época simultânea foi de 1766 sementes m⁻², ou seja, houve um aumento de 44,5 % no número de sementes m⁻² quando as plantas tiveram sua semeadura antecipada à cultura do feijão (tabela 16).

Os números de sementes produzidas por planta de *E. heterophylla* nas semeadura aos 12 DAS e simultânea foram de 154,8 e 90,8 sementes, respectivamente, o que demonstra aumento de aproximadamente 70,5% na produção de sementes por planta quando na semeadura antecipada a cultura (Tabela 16).

Esse resultado era esperado, pois as plantas de *E. heterophylla* desenvolveram-se menos na semeadura simultânea com o feijão, produzindo menor área foliar (Figura 10A e 10B), menor massa seca (Figura 10C e 10D) e menor

estatura (Tabela 11) do que as plantas semeadas 12 DAS. A menor área assimilatória e de estruturas para acúmulo de reservas resultante do processo competitivo com o feijão levou a uma produção menor de sementes de plantas de *E. heterophylla*. Em estudos realizados por Bianco, Pitelli e Carvalho (2007) plantas de *E. heterophylla* iniciaram a alocação de recursos para as estruturas reprodutivas ao redor de 49 dias após a emergência, sendo o acúmulo de massa seca pelas estruturas reprodutivas cerca de 24% do total acumulado pela planta.

A maior massa e número de sementes por planta de *E. heterophylla* foi atingidas nas menores densidades (Figura 15A e 16A). O número de sementes m^{-2} de *E. heterophylla* teve uma resposta exponencial ao aumento da densidade dessa espécie daninha (Figura 15B e 16B). Ou seja, na situação de densidade de *E. heterophylla* baixa as plantas tiveram resposta plástica de incremento de peso de semente e de número de sementes por planta de *E. heterophylla*. No entanto, a compensação nestas variáveis foi de magnitude nitidamente inferior ao incremento plástico no peso e no número de sementes por área resultante dos tratamentos com densidades de *E. heterophylla* mais elevadas.

Em densidades baixas, há efeito insignificante da competição intraespecífica, no entanto ocorre competição interespecífica. O aumento na densidade de *E. heterophylla* determina maior competição intraespecífica, reduzindo a produção de sementes por planta (Figura 15A e 16A). Segundo a lei da produtividade final constante, definida por Silvertown e Charlesworth (2001 apud RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007), a massa de sementes por área de uma determinada espécie daninha tende a ficar constante a partir de uma determinada densidade. Porém, a estabilidade total da produção de sementes não foi completamente atingida mesmo nas maiores densidades testadas (Figura 16B). Contribuiu para isso, provavelmente, o fato de haver um número menor de subparcelas experimentais com densidades finais próximas a 100 plantas m^{-2} , o que dificulta um ajuste mais preciso da equação exponencial. No entanto, utilizando densidades mais baixas de plantas de *Bidens pilosa* e *Sida rhombifolia* quando comparado a do presente experimento, Rizzardì (2002) observou estabilização na produção de sementes por área com o aumento da densidade.

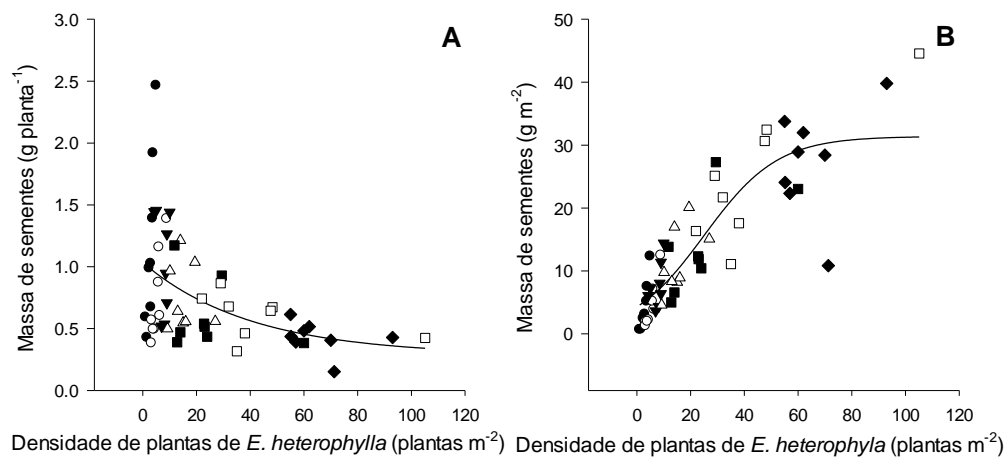


Figura 15 - Massa de sementes por planta de *E. heterophylla* (g planta⁻¹) (A) e por área (g m⁻²) (B), em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla*; 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (Δ), 49 (■), 83 (□) e 142 (◆) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

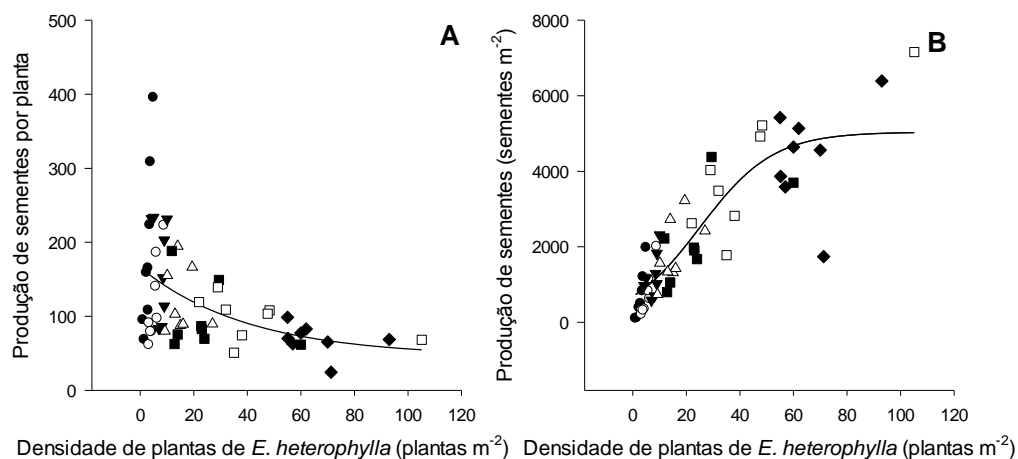


Figura 16 - Número de sementes por planta de *E. heterophylla* (A) e número de sementes m⁻² (B), em função de diferentes densidades esperadas de *E. heterophylla* 6 (●), 10 (○), 17 (▼), 29 (Δ), 49 (■), 83 (□) e 142 (◆) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Em resumo, os resultados indicam que sob baixas densidades e com reduzido intervalo de semeadura entre *E. heterophylla* e feijão, a produção de sementes da espécie e daninha por m⁻² pode ser diminuída.

Os valores encontrados para produção de sementes por planta daninha foram inferiores aos estudos realizados por Santos et al. (2002), em que o maior peso total de sementes de *E. heterophylla* por planta produzido por biótipos resistentes e suscetíveis foi de 3,72 g pl⁻¹ e o peso de 100 sementes entre 0,76 e

0,78 g, respectivamente, para o biótipo resistente e o suscetível. O número de sementes por planta variou entre 488,3 e 478,8, para os biótipos resistentes e suscetíveis, respectivamente. O fato das plantas encontrarem-se em competição com a cultura do feijão certamente afetou a produção de sementes, mesmo sob baixa densidade de plantas de *E. heterophylla*. Em contrapartida, nas maiores densidades, a competição foi ainda mais acirrada devido a competição interespecífica e intraespecífica.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é a realimentação do banco de sementes no solo. Mesmo em baixa densidade de plantas de *E. heterophylla* há grande capacidade de produção de sementes. No entanto, nas densidades mais elevadas a produção por planta diminui, mas em contrapartida a produção total aumenta. Como foi observado, alguns fatores são determinantes para o aumento na produção de sementes, como época de semeadura de plantas de *E. heterophylla* e densidade da mesma na área. Considerando isso, é de extrema importância que os agricultores tomem algumas medidas para evitar a realimentação do banco de sementes de plantas daninhas, como a realização de dessecação mais próxima à semeadura, controle das plantas daninhas mesmo em baixas densidades, utilização de cultivares que apresentem um rápido desenvolvimento inicial, entre outros fatores já discutidos nesta dissertação, para com isso haver uma rápida cobertura do solo.

As plantas de *E. heterophylla* apresentaram alta produção de sementes e isso contribui para o aumento da disseminação nas áreas cultivadas. O número de propágulos produzidos pelas plantas daninhas é fator fundamental na maior disseminação e eficiência na competição com culturas (SANTOS e SILVA 2000). O sucesso de uma espécie de planta daninha pode ser atribuído à sua plasticidade de crescimento e produção de sementes em resposta a densidade e mortalidade da mesma (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

6.4 RENDIMENTO E COMPONENTES DE RENDIMENTO DE FEIJÃO

A análise de variância dos dados de rendimento de grãos de feijão demonstrou significância da interação entre época de semeadura e densidade de plantas de *E. heterophylla* (Tabela 17).

Tabela 17 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar o rendimento da cultura do feijão e seus componentes. UTFPR, Câmpus Pato Branco 2011.

Resultado do Teste F ^a	Época de semeadura <i>E.</i> <i>heterophylla</i> ^b	Parâmetros ^c			R ² ^d	C.V. ^e
		Modelo	y0	a		
.....Número de Legumes por planta.....						
Densidade	-	ED3	4,97	4.987	0,0234	0,54 22,9
.....Peso de 1000 sementes.....						
ns	-	-	-	-	-	3,9
.....Número de grãos por legume.....						
ns	-	-	-	-	-	12,5
.....Número de plantas (m ⁻²)						
ns	-	-	-	-	-	8,3
.....Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)						
Época x Densidade	12 DAS	ED3	960,60	1406,21	0,0502	0,83 12,6
	0 DAS	ED3	984,67	1246,84	0,0160	0,78 12,6

^aResultado obtido pelo teste F, em que: Época x Densidade interação significativa a 5% de probabilidade de erro; ns, não significativo a 5% de probabilidade de erro.

^bDAS= Dias antes da semeadura do feijão.

^cEquação do tipo Exponencial decrescente 3 parâmetros (ED3) [$y = y_0 + (ae^{-bx})$].

^dCoefficiente de determinação da regressão.

^eCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

Com relação aos componentes de rendimento número de plantas de feijão por área, número de grãos por legume e peso de grão, não houve significância de nenhum dos fatores testados nem da interação entre eles (Tabela 17). Mas, com relação ao número de legumes por planta de feijão, houve significância estatística dos fatores densidade e época de semeadura, isoladamente, cujo ajuste se deu através de modelo exponencial decrescente (Tabela 17 e 18).

Tabela 18 - Número de legumes por planta de feijão em função da semeadura de *E. heterophylla* 12 dias antes e simultaneamente à cultura do feijão na média de oito densidades de semeadura da espécie daninha. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Época de semeadura de <i>E. heterophylla</i>	Estadio de desenvolvimento
	Colheita
	Número de legumes (pl)
12 DAS**	7,72 a*
0 DAS**	9,06 b

*Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

**DAS = Dias antes da semeadura do feijão.

6.4.1 Número de Grãos por Legume

A densidade de plantas e a época de semeadura de *E. heterophylla* não afetou de forma significativa o número de grãos por legume⁻¹, demonstrando ausência de plasticidade deste componente do rendimento do feijão em condição de competição com plantas daninhas (Figura 17A).

6.4.2 Massa de Grãos de Feijão

A massa de grãos de feijão não foi afetada pela interferência de plantas de *E. heterophylla*, pois não houve modificação significativa da mesma em função de variação na densidade de plantas, nem de variação na época de semeadura de *E. heterophylla* em relação ao feijão (Figura 17B).

6.4.3 Número de Legumes Por Planta

Constatou-se diminuição exponencial do número de legumes por planta de feijão em função do aumento do nível de infestação de *E. heterophylla* na cultura. Em média, a redução foi de 46% (Figura 17C).

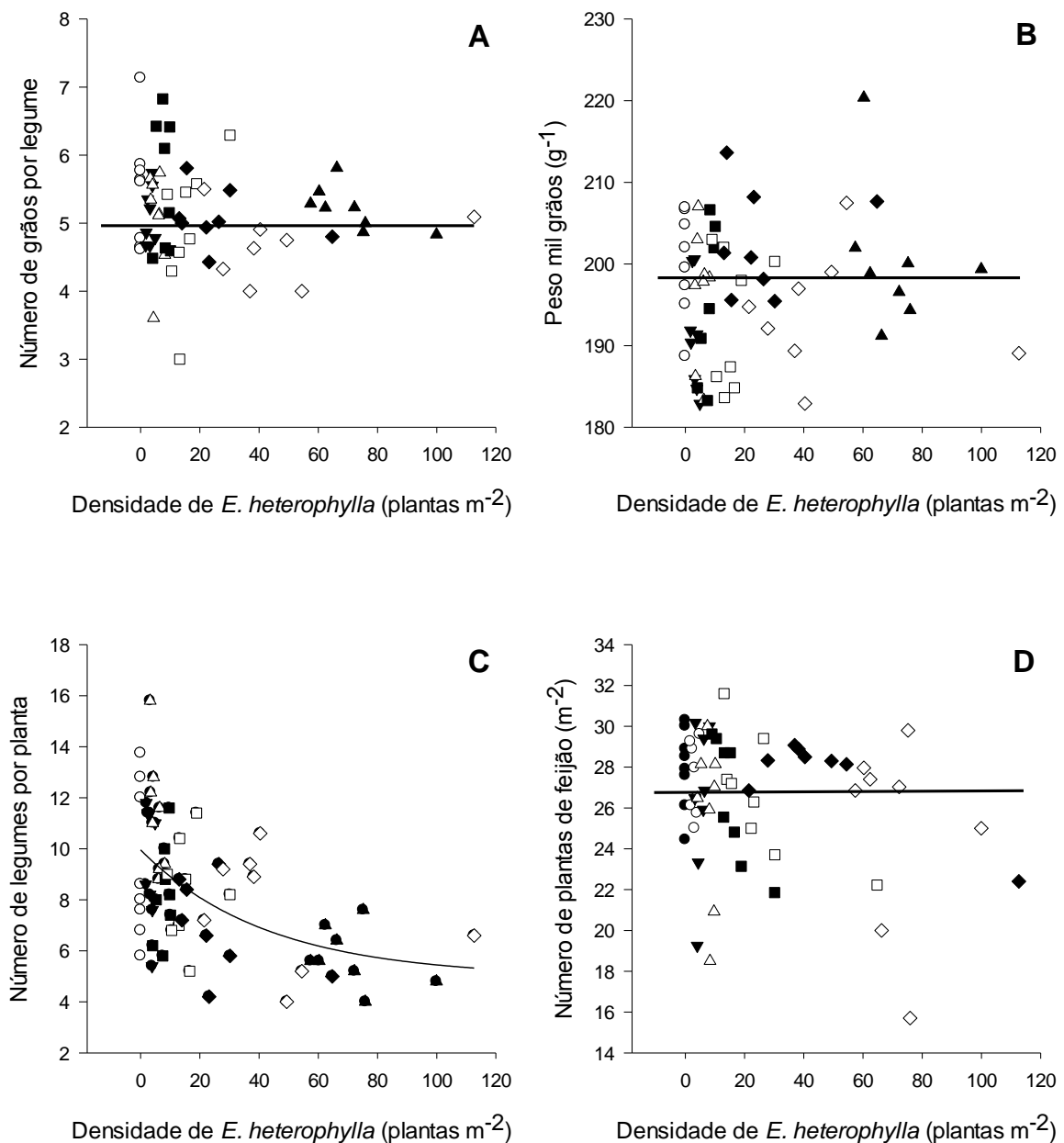


Figura 17 - Número de grãos por legume (A), peso de 1000 grãos (B), número de legumes por planta (C) e número de plantas m⁻² (D) de feijão em função das densidades esperadas de *E. heterophylla* 0 (●), 6 (○), 10 (▼), 17 (△), 29 (■), 49 (□), 83 (◆) e 142 (◇) plantas m⁻², na média de duas épocas de semeadura da espécie daninha em relação ao feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Na semeadura antecipada em relação ao feijão, o número médio de legumes por planta foi de 7,7, enquanto que na semeadura simultânea das espécies foi de 9,1, correspondendo uma redução de aproximadamente 15% na semeadura antecipada de *E. heterophylla* (Tabela 18). Isso indica que plantas de *E. heterophylla* que emergiram antes da cultura do feijão interferem mais intensamente, provocando diminuição mais acentuada no número de legumes por planta.

6.4.4 Densidade de Plantas

A densidade de plantas de feijão não foi alterada de forma significativa com o aumento da densidade de plantas de *E. heterophylla* e com as diferentes épocas de semeadura das plantas de *E. heterophylla* em relação ao feijão (Figura 17D).

6.4.5 Rendimento de Grãos de Feijão

6.4.5.1 Efeito de densidade de plantas e época de semeadura de *E. heterophylla*

As condições climáticas e de manejo na área experimental foram favoráveis à obtenção de altos rendimentos de grãos, que nas parcelas testemunhas (sem competição) atingiram média superior a 2400 kg ha⁻¹. O impacto da interferência de *E. heterophylla* no rendimento de grãos de feijão pode ser visualizado na Figura 18.

A produção final, expressa em rendimento de grãos por unidade de área, foi reduzida de forma exponencial em função da infestação de *E. heterophylla*, nas duas épocas de semeadura. As perdas de rendimento de feijão foram maiores quando as plantas de *E. heterophylla* foram semeadas aos 12 DAS, comparativamente à sua implantação simultaneamente ao feijão. As menores perdas de rendimento de grãos de feijão foram observadas na implantação simultânea, devido à existência de condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas cultivadas, em comparação à época de 12 DAS. As plantas de *E. heterophylla* apresentaram desenvolvimento inicial mais lento (Figura 14), em comparação com as plantas de feijão e ficaram em desvantagem competitiva na implantação simultânea. Os rendimentos finais observados com a densidade máxima, de 112 plantas de *E. heterophylla* m⁻², mostram o efeito que a variação na época de implantação de *E. heterophylla* tem sobre o rendimento das plantas de feijão. Com a implantação simultânea das duas espécies (*E. heterophylla* e feijão), o

menor rendimento de grãos estimado pela equação exponencial decrescente foi de 1200 kg ha⁻¹, o que representa perda média de 48% no rendimento de grãos, enquanto que a implantação aos 12 DAS, o menor rendimento foi de 980 kg ha⁻¹, o qual representa perda de 60% no rendimento de grãos da cultura do feijão.

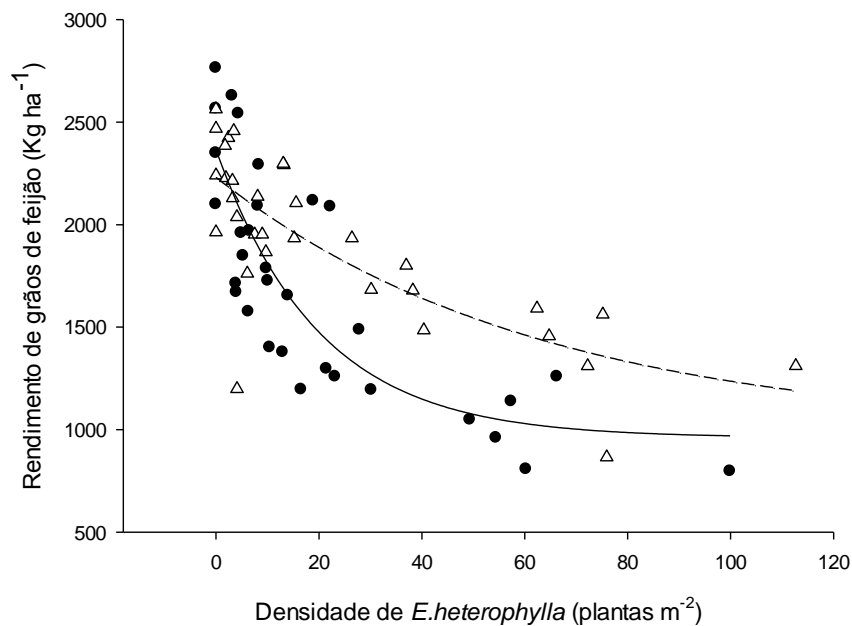


Figura 18 - Rendimento de grãos de feijão (kg ha⁻¹) em função de diferentes densidades de plantas de *E. heterophylla* m⁻² e de duas épocas de semeadura da planta daninha (12 DAS ● — ●; 0 DAS △ — —△) em relação à semeadura do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Isso demonstra a importância da realização do controle de *E. heterophylla* no momento adequado, antes que esta espécie daninha interfira negativamente no desenvolvimento da cultura, a qual irá reduzir significativamente o rendimento da mesma (Figura 18).

Para a época de implantação de *E. heterophylla* aos 12 DAS, o declínio mais acentuado no rendimento de grãos de feijão ocorreu até a população de 16,57 plantas de *E. heterophylla* m⁻², em que cada planta de *E. heterophylla* m⁻² reduziu em 64,5 kg ha⁻¹. Observou-se que nas maiores densidades de *E. heterophylla* a perda de rendimento por planta daninha foi menor, quando comparado a baixas densidades, porém a perda de rendimento acumulado foi maior, chegando a um rendimento mínimo nas maiores densidades de 980 kg ha⁻¹.

Para a época de implantação simultânea, o declínio mais acentuado no rendimento de grãos de feijão ocorreu até a população de 40,37 plantas de *E. heterophylla* m⁻², em que cada planta de *E. heterophylla* reduziu em 15,8 kg ha⁻¹. Observou-se que nas densidades mais elevadas de *E. heterophylla* a perda de rendimento por planta daninha foi menor, mas a perda do rendimento total foi maior, chegando a um rendimento mínimo de 1200 kg ha⁻¹.

6.4.5.2 Impacto da massa de plantas de *E. heterophylla* secas sobre o rendimento de grãos de feijão

A produção final, expressa em rendimento de grãos ha⁻¹, foi reduzida de forma exponencial nas duas épocas de semeadura das plantas de *E. heterophylla*, em função do aumento da massa de plantas de *E. heterophylla* secas por m² (Tabela 19).

Tabela 19 - Parâmetros das equações de regressão usadas para determinar o rendimento de grãos da cultura do feijão em função da massa de plantas de *E. heterophylla* secas, avaliadas no estágio R₅ do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Resultado do Teste F ^a	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^b	Modelo	Parâmetros ^c			R ² ^d	C.V. ^e
			y ₀	a	b		
..... Rendimento de grãos.....							
Época x Densidade	12 DAS	ED3	873,86	1617,7	0,011	0,88	12,6
	0 DAS	ED3	1311,24	917,60	0,0103	0,75	12,6

^aResultado obtido pelo teste F, em que: Época x Densidade interação significativa a 5% de probabilidade de erro.

^bDAS= Dias antes da semeadura do feijão.

^cEquação do tipo Exponencial decrescente 3 parâmetros (ED3) [$y = y_0 + (ae^{-bx})$].

^dCoefficiente de determinação da regressão.

^eCoefficiente de variação dos dados obtido pelo teste F.

O impacto da interferência de *E. heterophylla* no rendimento de grãos de feijão pode ser visualizado na Figura 19. As maiores perdas de rendimento ocorreram nas maiores massas de plantas secas de *E. heterophylla* (g m⁻²), que correspondem às maiores densidades de plantas de *E. heterophylla*.

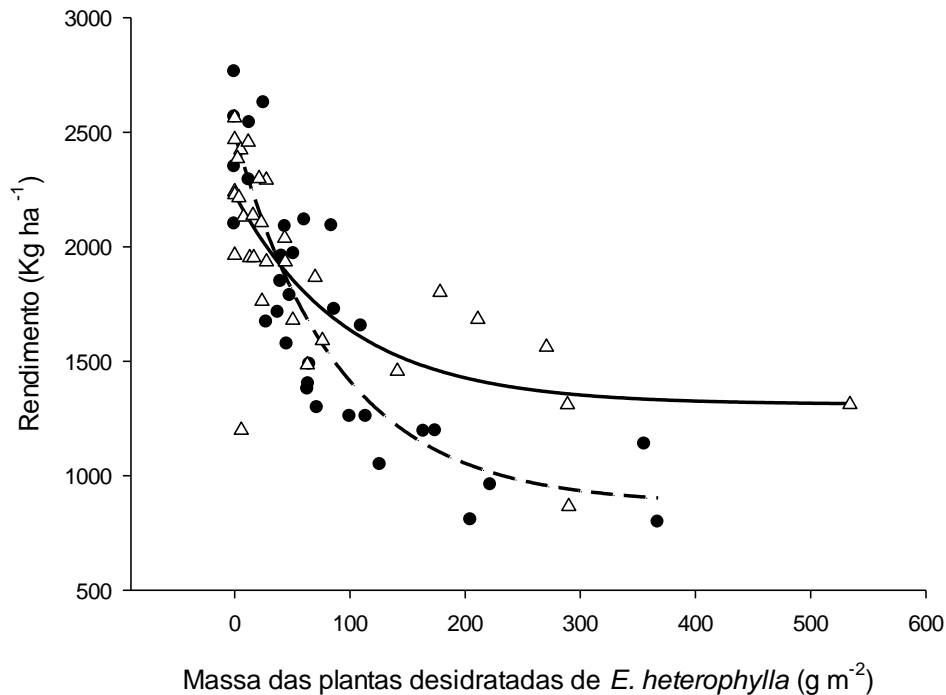


Figura 19 - Rendimento de grãos de feijão (kg ha^{-1}) em função da massa desidratada de plantas de *E. heterophylla* m^{-2} e de duas épocas de semeadura da planta daninha 12 DAS ●—●; 0 DAS Δ — Δ) em relação à semeadura do feijão safra 2010/11. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Observa-se que as perdas de rendimento de feijão foram maiores para as plantas de *E. heterophylla* semeadas aos 12 DAS, comparativamente à sua semeadura no momento da semeadura do feijão. As menores perdas de rendimento de grãos de feijão foram observadas na implantação simultânea, devido à existência de condições mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas cultivadas, em comparação à época de 12 DAS.

Os rendimentos finais observados com a maior quantidade de massa desidratada de *E. heterophylla*, de 358 g m^{-2} , mostram o efeito que a variação na época de implantação de *E. heterophylla* tem sobre o rendimento das plantas de feijão. Quando ocorre a implantação simultânea das duas espécies (*E. heterophylla* e feijão), o menor rendimento de grãos estimado pela equação exponencial decrescente foi de 1311 kg ha^{-1} , o que representa perdas de 43% no rendimento de grãos, enquanto que a implantação aos 12 DAS, o menor rendimento foi de 873 kg ha^{-1} , o qual representa perdas de 63% no rendimento de grãos da cultura do feijão (Figura 19).

O aumento da densidade de *E. heterophylla* ocasionou redução na produtividade da cultura do feijão, fato este devido a competição por recursos do meio que plantas de *E. heterophylla* exerceram sobre a cultura e, como consequência, acarretou uma redução do potencial de crescimento, desenvolvimento e produtividade de grãos das plantas cultivadas de feijão.

Dados na literatura especializada trazem informações importantes sobre o poder competitivo da espécie *E. heterophylla*. Estudos realizados por Voll et al. (2002) relatam que *E. heterophylla* é considerada umas das espécies com maior capacidade de competição na cultura da soja. Plantas desta espécie apresentam um sistema radicular agressivo (SANGAKKARA e BANDARANAYAKE, 2004) e incremento inicial de alocação de biomassa no sistema radicular (BIANCO; PITELLI; CARVALHO, 2007). Porém, Cury et al. (2011) relatam que plantas de *E. heterophylla*, comparativamente a outras espécies daninhas, apresentam-se mais sensíveis à competição com a cultura do feijão. A explicação para os resultados aparentemente contrastantes obtidos anteriormente, pode se justificar porque a capacidade competitiva desta espécie é dependente da densidade relativa da mesma em relação à espécie cultivada. Sob altas densidades, esta espécie pode se tornar mais competitiva e acarretar sérias perdas no rendimento de grãos (BIANCHI et al., 2006a). De acordo com Carvalho e Christoffoleti (2008), plantas de feijão são mais competitivas do que cinco espécies estudadas de *Amaranthus spp.* sob densidades equivalentes, sugerindo que os danos causados por espécies de *Amaranthus* estão mais relacionadas à densidade de infestação do que à capacidade competitiva intrínseca das espécies.

Em ecossistemas agrícolas, tanto a cultura quanto as plantas daninhas possuem suas demandas por água, luz, nutrientes e CO₂ (RADOSEVIC; HOLT; GHERSA, 1997). A competição entre plantas cultivadas e daninhas pode ocorrer por qualquer um destes fatores. Sabe-se que as plantas que se estabelecem antecipadamente na área apresentam vantagem competitiva em relação àquelas que se estabelecem posteriormente (PAOLINI et al., 1998).

Verificou-se que as plantas de *E. heterophylla* afetaram drasticamente o rendimento da cultura do feijão nas diferentes épocas de semeadura e nas densidades crescentes de *E. heterophylla*, em que o principal componente afetado foi o número de legumes por planta. Em estudos similares, realizados para avaliar o impacto das plantas daninhas sobre a cultura do feijão comum, Kalsing e Vidal

(2010) verificaram que o aumento da infestação de *U. plantaginea* afetou negativamente duas cultivares de feijão comum, reduzindo o rendimento de grãos, o número de legumes m⁻², o número de grãos por legume e a massa do grão.

No presente trabalho, verificou-se que a produtividade de grãos da cultura do feijão comum apresenta relação direta com o número de legumes por planta. Portanto, qualquer fator que reduz a magnitude deste componente deve, por consequência, limitar o potencial de rendimento de grãos da cultura. Acredita-se que a redução do rendimento da cultura tenha ocorrido devido a deficiência nutricional, hídrica ou redução da disponibilidade de radiação solar para as plantas.

De acordo com Novais et al. (2007) existem diversos mecanismos e processos na planta que contribuem para o uso eficiente de nutrientes, sendo estes relacionados às características morfológicas e fisiológicas. Diante disso, especula-se que a disponibilidade de nutrientes às plantas provavelmente foi o fator mais importante no processo competitivo de *E. heterophylla* com as plantas de feijão nas fases iniciais da cultura, porém outras possibilidades serão exploradas durante a presente discussão. A adubação para a cultura do feijão foi realizada de acordo com as necessidades da cultura. No entanto acredita-se que as plantas de *E. heterophylla* tenham reduzido a disponibilidade de nutrientes no solo, o que deve ter afetado o crescimento e o desenvolvimento das plantas de feijão. Neste caso, *E. heterophylla* deve ter competido pelos principais nutrientes que se acumulam nos tecidos da planta, tais como nitrogênio e potássio (CARVALHO et al., 2007; CARVALHO; BIANCO; GUZZO, 2010). Segundo Lorenzi (2000), as plantas daninhas, geralmente, acumulam nos seus tecidos quantidades muito superiores de nutrientes do que as culturas e os utilizam de forma mais eficiente. O manejo através da adubação com K na cultura do feijão é economicamente viável, principalmente onde se tem competição com plantas daninhas (UGEN; WIEN; WORTMANN, 2002).

Estudos realizados por Qasem (1992), comparando a composição mineral da parte aérea de plantas de feijão e das plantas daninhas *Chenopodium murale*, *Cichorium pumilum*, *Malva sylvestris*, *Sonchus oleraceus*, *Portulaca oleracea*, *Sisymbrium irio* e *Rumex obtusifolius*, observou maior teor de N na biomassa das plantas daninhas em relação à determinada no feijoeiro. Plantas de *B. pilosa* e *E. heterophylla* apresentaram resposta positiva em relação ao conteúdo de N com a adição desse nutriente ao solo, ou seja, demonstraram maior eficiência na utilização do N absorvido (PROCÓPIO et al., 2004b).

No presente estudo, a adubação de base foi efetuada nas linhas de semeadura 12 dias antes da semeadura da cultura do feijão em ambas épocas de semeadura de *E. heterophylla* em relação ao feijão. A irrigação efetuada pode ter lixiviado parte do nitrogênio e do potássio aplicados antecipadamente à semeadura do feijão (época de 12 DAS) para camadas subsuperficiais do perfil do solo. De acordo com Novais et al. (2007) esses nutrientes possuem de média a alta mobilidade vertical no solo. Isso pode ter contribuído para aumentar a competição entre as plantas de *E. heterophylla* e a cultura do feijão na época de semeadura antecipada de *E. heterophylla*.

É provável que o estresse pela redução da radiação solar disponível pelas plantas de *E. heterophylla* tenha limitado a taxa fotossintética das plantas de feijão no início da fase reprodutiva, o qual pode ter influenciado no pegamento floral, ocasionando diminuição do número de legumes por planta, e diminuindo o acúmulo de reservas da planta.

Em trabalhos realizados por Barroso et al. (2010), os autores discutem que a interferência pode ter ocorrido tanto pelo sombreamento do feijoeiro por *E. heterophylla* como pela competição entre as raízes. Após determinado tempo de crescimento, as raízes passam a ocupar o mesmo espaço e competir pelos mesmos recursos. Ainda segundo Vieira et al. (2008), o período crítico da absorção de nutrientes pelo feijoeiro e maior acúmulo de massa seca ocorre entre 45 e 48 dias. Durante o período de competição existe uma forte interação entre competição por luz e competição por nutrientes do solo, de modo que qualquer sucesso em um tipo de competição reforça a chance de sucesso no outro (ZANINE e SANTOS, 2004).

Plantas na fase inicial de desenvolvimento, podem detectar a presença ou ausência de plantas vizinhas que por ventura possam a vir competir por recursos do meio. Essa teoria foi definida por Vidal e Merotto (2010) como “Inicialismo”, termo esse usado para denominar uma forma de interação entre plantas, que ocorre pela detecção precoce de vizinhos devido à alteração na qualidade da luz, sendo uma espécie prejudicada e outra apresentando efeito neutro ou positivo. De fato, como foi visto na presente dissertação, as plantas de feijão e de *E. heterophylla* sofreram fortes modificações morfológicas desde suas fases iniciais de desenvolvimento, as quais podem ter influenciado diretamente no rendimento da cultura.

Especula-se que o estresse por deficiência hídrica não tenha afetado significativamente o desenvolvimento da cultura nos estágios vegetativos e

reprodutivos, pois na fase inicial o suprimento de água ocorreu através da irrigação e nas fases reprodutivas e de enchimento de grãos a precipitação ocorreu de acordo com as necessidades da cultura (Figura 1). Assim, a cultura apresentou efeito compensatório no número de legumes por planta, diferentemente dos componentes número de grãos por legume e massa de grão, que não sofreram alterações. A capacidade do feijoeiro comum em compensar a falta ou excesso de um componente da produção pela modificação ou ajuste nos demais é relatada por estudos de manejo da cultura, tais como em Shimada, Arf e De Sá (2000).

6.5 ANÁLISES DE CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS

Os coeficientes de correlação obtidos na análise de correlação entre rendimento de feijão e componentes e variáveis morfológicas da cultura do feijão apresentaram em sua maioria valores positivos, exceto quanto à altura de inserção de legumes, para a qual os valores foram negativos (Tabela 20).

Com relação ao número de trifólios, observa-se que os valores obtidos na análise de correlação para ambas as épocas de semeadura de *E. heterophylla* e épocas de avaliação foram positivos, variando de 0,35 a 0,87. Ou seja, existe influência positiva do número de trifólios no rendimento da cultura e na determinação do número de legumes por planta de feijão (Tabela 20).

Quanto à análise de correlação da massa seca, os valores foram positivos para ambas as épocas de semeadura de *E. heterophylla* e épocas de avaliação para o rendimento de grãos, em que os valores variaram de 0,33 a 0,68 (Tabela 20). No entanto, para o número de legumes por planta a correlação foi significativa somente para a avaliação no estádio R₈ da cultura do feijão, variando de 0,36 a 0,53 (Tabela 20).

Na avaliação de área foliar por planta as correlações com o rendimento de grãos de feijão, a maioria das correlações foi significativa nas duas épocas de semeadura de *E. heterophylla* e épocas de avaliação, com variação nos valores de 0,44 a 0,64 (Tabela 20). Somente para semeadura simultânea na avaliação no estádio R₅ da cultura não houve significância. A correlação entre o número de

legumes por planta foi significativo somente para a época de 12 DAS e na avaliação no estadio R₅ da cultura (Tabela 20).

Tabela 20 - Coeficientes de correlações entre o rendimento de feijão e seus componentes com variáveis morfológicas da cultura do feijão. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Variáveis	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^a	Época de avaliação ^b	Coeficientes de correlação (r)			
			NLP ^c	NGL	MDG	RDG
Número de Trifólios	12 DAS	R ₅	<u>0,62**</u>	0,28 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	<u>0,87**</u>
	0 DAS	R ₅	<u>0,46**</u>	-0,04 ^{ns}	0,09 ^{ns}	<u>0,57**</u>
	12 DAS	R ₈	<u>0,51**</u>	0,24 ^{ns}	0 ^{ns}	<u>0,69**</u>
	0 DAS	R ₈	<u>0,47**</u>	-0,02 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	<u>0,35*</u>
Massa seca	12 DAS	V ₄	0,33 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	<u>0,54**</u>
	0 DAS	V ₄	0,26 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	<u>0,37*</u>
	12 DAS	R ₅	<u>0,53**</u>	0,12 ^{ns}	0,03 ^{ns}	<u>0,68**</u>
	0 DAS	R ₅	<u>0,36*</u>	0,03 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Área foliar	12 DAS	V ₄	0,24 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	<u>0,46**</u>
	0 DAS	V ₄	0,27 ^{ns}	0 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	<u>0,44*</u>
	12 DAS	R ₅	<u>0,45*</u>	0,09 ^{ns}	0,15 ^{ns}	<u>0,64**</u>
	0 DAS	R ₅	0,29 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Cobertura de solo	12 DAS	R ₅	<u>0,47**</u>	<u>0,37*</u>	-0,19 ^{ns}	<u>0,79**</u>
	0 DAS	R ₅	0,21 ^{ns}	0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	<u>0,48**</u>
Estatura de plantas	12 DAS	R ₅	<u>0,37*</u>	0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	<u>0,51**</u>
	0 DAS	R ₅	0,27 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,17 ^{ns}
	12 DAS	R ₈	<u>0,6**</u>	0,15 ^{ns}	0,17 ^{ns}	<u>0,71**</u>
	0 DAS	R ₈	0,1 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Altura de inserção de legumes	12 DAS	Colheita	<u>-0,49**</u>	-0,19 ^{ns}	0,02 ^{ns}	<u>-0,58**</u>
	0 DAS		<u>-0,43*</u>	0 ^{ns}	0,02 ^{ns}	<u>-0,64**</u>

^aDAS = Dias antes da semeadura do feijão.

^bEstádios fenológicos referente a cultura do feijão.

^cNúmero de legumes planta⁻¹ (NLP), número de grãos legume⁻¹ (NGL), massa de grãos (MDG) e rendimento de grãos (RDG) da cultura do feijão comum.

**Valor significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste t.

*Valor significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t.

^{ns}Não significativo (p>0,05).

Os valores de correlação entre rendimento de grãos e cobertura do solo com feijão foram significativos nas duas épocas de semeadura avaliadas. Os coeficientes de correlação foram de 0,79 e 0,48 para as épocas de 12 DAS e 0 DAS, respectivamente (Tabela 20). No entanto observou-se significância da correlação

com o número de legumes por planta e número de grãos por legume, somente na semeadura 12 DAS (Tabela 20).

Constatou-se correlação positiva significativa entre estatura de plantas de feijão e as variáveis rendimento de grãos e número de grãos por legume apenas na época de semeadura de *E. heterophylla* 12 dias antes do feijão. (Tabela 20).

A única variável morfológica de plantas de feijão a demonstrar correlação negativa com o número de legumes por planta e rendimento de grãos foi a altura de inserção de legumes. Os valores na época de 12 DAS foram de -0,58 e -0,49, já para 0 DAS os valores foram -0,64 e -0,43, respectivamente (Tabela 20).

Em geral os coeficientes de correlação foram superiores nas épocas de semeadura de *E. heterophylla* 12 DAS, comparativamente à implantação simultânea das espécies. Também, as variáveis morfológicas de feijão apresentaram coeficientes de correlação superiores com o rendimento de grãos, comparativamente ao componente de rendimento mais responsivo, o número de legumes por planta. O número de trifólios por planta, cobertura do solo e altura de inserção de legumes se destacaram pelos elevados coeficientes e significância das correlações.

Os coeficientes obtidos na análise de correlação entre rendimento de grãos de feijão e número de legumes por planta com variáveis morfológicas de *E. heterophylla* apresentaram valores negativos, exceto quanto à altura de inserção de legumes, para a qual os valores foram positivos (Tabela 21).

Com relação a variável cobertura do solo por plantas de *E. heterophylla* observa-se que os valores obtidos na análise de correlação para ambas as épocas de semeadura foram negativos, variando de -0,59 a -0,71 ou seja, existe influência negativa da cobertura do solo da planta daninha no rendimento da cultura e na determinação do número de legumes por planta de feijão (Tabela 21). Para a altura de inserção de legumes os valores de correlação para cobertura do solo foram positivos, sendo estes 0,64 e 0,56 para as épocas de semeadura 12 DAS e 0 DAS, respectivamente, indicando que as plantas de feijoeiro estiolam sob competição com plantas de *E. heterophylla*.

Tabela 21 - Coeficientes de correlação entre rendimento de grãos de feijão, número de legumes por planta e altura de inserção de legumes entre variáveis morfológicas de *E. heterophylla* e cobertura de solo de plantas de *E. heterophylla*. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Variável	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^a	Época de avaliação ^b	RDG ^c	NLP	AIL
			coeficientes de correlação (r)		
Cobertura do solo	12 DAS	R ₅	<u>-0,71**</u>	<u>-0,63**</u>	<u>0,64**</u>
	0 DAS	R ₅	<u>-0,59**</u>	<u>-0,61**</u>	<u>0,56**</u>
Área foliar	12 DAS	V ₄	-0,21 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	0,09 ^{ns}
	0 DAS	V ₄	-0,34 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,17 ^{ns}
	12 DAS	R ₅	0,26 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
	0 DAS	R ₅	-0,06 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,12 ^{ns}
Massa seca	12 DAS	V ₄	<u>-0,72**</u>	<u>-0,62**</u>	<u>0,61**</u>
	0 DAS	V ₄	<u>-0,64**</u>	<u>-0,53**</u>	<u>0,47*</u>
	12 DAS	R ₅	<u>-0,73**</u>	<u>-0,59**</u>	<u>0,67**</u>
	0 DAS	R ₅	<u>-0,67**</u>	<u>-0,50**</u>	<u>0,52**</u>
Estatura	12 DAS	V ₄	<u>-0,40*</u>	-0,34 ^{ns}	0,28 ^{ns}
	0 DAS	V ₄	<u>-0,43**</u>	-0,27 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
	12 DAS	R ₅	<u>-0,49**</u>	<u>-0,42*</u>	<u>0,51**</u>
	0 DAS	R ₅	<u>-0,56**</u>	<u>-0,40*</u>	<u>0,37*</u>

^aDAS = Dias antes da semeadura do feijão.

^bEstádios fenológicos referente a cultura do feijão.

^cRendimento de grão (RDG), número de legumes por planta⁻¹ (NLP) e altura de inserção de legumes (AIL) da cultura do feijão.

**Valor significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste t.

*Valor significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t.

^{ns}Não significativo ($p > 0,05$).

Para a variável área foliar de plantas de *E. heterophylla* os valores obtidos na análise de correlação não foram significativos, demonstrando não haver nenhuma influência dessa variável sobre o rendimento de grãos, número de legumes por planta e altura de inserção de legumes de feijão (Tabela 21).

Para a variável massa seca de *E. heterophylla* os valores obtidos na análise de correlação foram negativos para rendimento de grãos e número de legumes nas duas épocas e nas duas avaliações realizadas. Mas, para a altura de inserção de legumes os valores foram positivos. Observa-se que os valores para rendimento de grãos variaram de -0,64 a -0,73 e para o número de legumes por planta de -0,50 a -0,62 (Tabela 21). De fato, o rendimento e o número de legumes por planta são fortemente afetados com o aumento da massa seca de plantas de *E. heterophylla*, resultando na correlação negativa. No entanto para a variável altura de

inserção de legumes os valores variaram de 0,47 a 0,67, pois o aumento da massa seca da planta daninha resulta em aumento da altura de inserção de legumes (Tabela 21). Indiretamente deduz-se que há associação entre o aumento da altura de inserção de legumes e diminuição do rendimento e alguns dos seus principais componentes, como já fora discutido.

A variável estatura de plantas de *E. heterophylla* se correlacionou de forma negativa no rendimento de grãos da cultura. Os coeficientes variaram de -0,40 a -0,56, para ambas as épocas de semeadura e avaliações. A correlação com o número de legumes somente foi significativa na avaliação no estadió R₅ da cultura, para as duas épocas de semeadura (Tabela 21). A estatura correlacionou-se com a altura de inserção de legumes somente na avaliação R₅, sendo os valores obtidos de 0,51 e 0,37 para 12 DAS e 0 DAS, respectivamente (Tabela 21).

Os coeficientes obtidos na análise de correlação entre rendimento de grãos de feijão e seus componentes apontaram significância somente para o número de legumes por planta e número de plantas de feijão (Tabela 22).

Tabela 22 - Coeficientes de correlações entre o rendimento de grãos da cultura do feijão e seus componentes. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Variável ^a	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^b	Coeficientes de correlação (r)			
		RDG	NLP	NGL	MDG
NLP	12 DAS	0,74**			
	0 DAS	0,69**			
NGL	12 DAS	0,18 ^{ns}	-0,02 ^{ns}		
	0 DAS	0,05 ^{ns}	-0 ^{ns}		
MDG	12 DAS	0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	
	0 DAS	0 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	
PLM	12 DAS	-0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
	0 DAS	0,49**	0,23 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,28 ^{ns}

^aNúmero de legumes planta⁻¹ (NLP), número de grãos legume⁻¹ (NGL), massa de grãos (MDG), número de plantas m⁻² (PLM) e rendimento de grãos (RDG) da cultura do feijão comum

^bDAS = Dias antes da semeadura do feijão.

**Valor significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

*Valor significativiro a 5% de probabilidade pelo teste t.

^{ns}Não significativo (p>0,05).

A análise de correlação entre o rendimento e seus componentes indica que, nas duas épocas de semeadura de *E. heterophylla*, o número de legumes por

planta influenciou significativamente o rendimento de grãos, sendo esta correlação positiva com valores de 0,74 e 0,69, para semeadura 12 DAS e simultaneamente ao feijão, respectivamente (Tabela 22). Isso significa que na média das duas épocas 72% da variação no rendimento de grãos do feijão pode ser explicada pela variação existente no número de legumes por planta.

Na análise de correlação, o componente número de plantas m^{-2} foi significativo para o rendimento de grãos de feijão somente para a época de semeadura simultânea, com valor obtido de 0,49 (Tabela 22). Os demais componentes de rendimento como número de grãos por legume e massa de grãos não influenciaram significativamente o rendimento de grãos de feijão.

O número legumes por planta foi o componente da produção que mais influenciou o rendimento de grãos da cultura, em outros estudos realizados foram verificados resultados semelhantes (FURTADO et al., 2002; BARROSO; YAMAUTI; ALVES, 2010). O estudo conduzido por Barroso, Yamauti e Alves (2010) empregou várias cultivares de feijão e infestação de várias espécies daninhas e concluiu que, independentemente da cultivar estudada, a convivência com plantas de caruru se revelou a mais prejudicial à cultura, pois afetou o número de vagens por planta. As plantas de tiririca e de capim-colchão, cujos efeitos não diferiram entre si, causaram reduções intermediárias nesta característica. Este resultado está de acordo com os apresentados por Silva et al. (2009), que demonstraram que o número de vagens por planta de soja foi o componente do rendimento mais afetado pela competição, obtendo-se reduções de até 58% na área de baixa infestação, 71% na área de media infestação e 78% na de alta infestação.

Segundo Fageria e Santos, (2008) o número de legumes é o componente de rendimento mais influenciado pelas práticas de manejo da cultura e estresses ambientais, enquanto os demais componentes de rendimento possuem maior controle genético individual, o que explica um maior número de trabalhos detectando o número de legumes por planta como principal componente do rendimento afetado pela competição com plantas daninhas.

6.6 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL CRÍTICO DE DANO

Através deste estudo avaliou-se o nível crítico de dano (NCD) de plantas de *E. heterophylla* na cultura do feijão comum. Foram comparados dois modelos que relacionam a resposta do rendimento de grãos do feijoeiro à infestação de plantas de *E. heterophylla*. A seguir são apresentados os principais resultados obtidos.

6.6.1 Modelo Hiperbólico

Os valores do teste F, obtidos nas análises de regressão não lineares, foram altamente significativos ($p < 0,05$) em todas as densidades e épocas de semeadura de *E. heterophylla*. Isso demonstra que a densidade de *E. heterophylla* está significativamente relacionada com a perda de rendimento da cultura (Tabela 23).

Tabela 23 - Parâmetros das equações do modelo de hipérbole retangular para determinar o nível crítico de dano (NCD) de *E. heterophylla* nas diferentes épocas de semeadura (12 DAS e 0 DAS), com base na perda de rendimento de grãos. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Variável dependente	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^a	Parâmetros da equação ^b			
		A	D ₅₀	i	R ^{2c}
Perda de rendimento de grãos de feijão	12 DAS	71,22 (8,65)	13,01 (4,26)	5,47	0,80
	0 DAS	54,81 (10,57)	22,85 (11,28)	2,39	0,74

^aDAS= Dias antes da semeadura do feijão.

^bModelo 1: indica a equação hiperbólica ($y=(A*d)/(D_{50}+d)$) com base nos dados normalizados para percentagem de perda em relação a testemunha não infestada, onde A=assíntota máxima; d= densidade da infestante (variável independente); D₅₀= densidade onde ocorre 50% da perda de rendimento; i= A/D₅₀= nível crítico de dano, isto é, perda percentual no rendimento devido ao efeito de cada planta (valor da tangente à hipérbole na densidade 0). Valores entre parênteses indicam o erro padrão da estimativa do parâmetro.

^cCoefficiente de determinação da regressão.

As perdas de rendimento de grãos do feijão causadas pela presença de plantas de *E. heterophylla* variaram conforme a densidade e época de semeadura

de *E. heterophylla* em relação à semeadura do feijão (Figura 20). A semeadura de *E. heterophylla* antes da cultura e o aumento da densidade da infestante resultaram em aumento das perdas de produtividade.

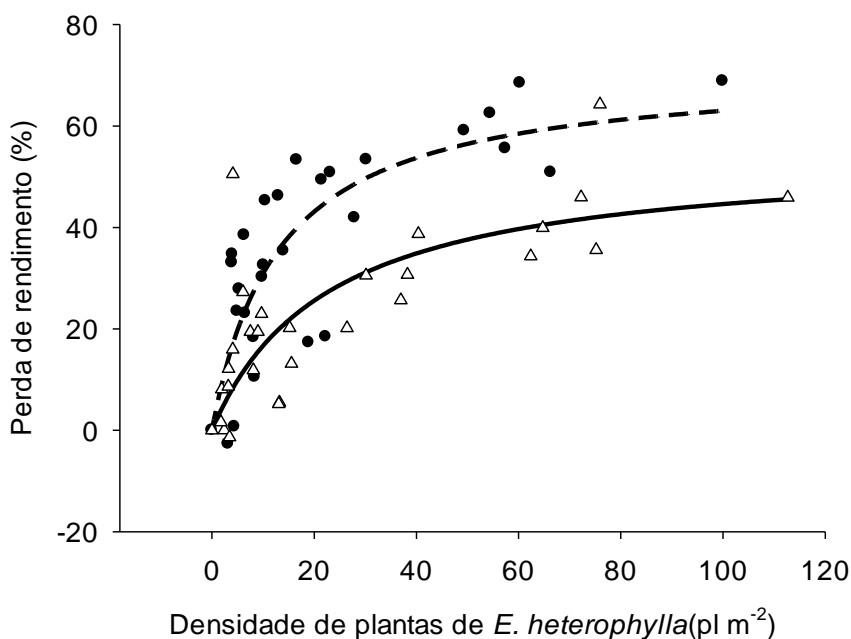


Figura 20 - Porcentagem de perdas de rendimento de feijão em função de diferentes densidades e épocas de semeadura de *E. heterophylla* (12 DAS ●—●; 0 DAS △—△) em relação a semeadura do feijão calculados através do modelo da hipérbole retangular. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Na maioria dos casos, os valores dos coeficientes de determinação (R^2), indicam boa capacidade de previsão das perdas de produção do feijoeiro por meio das equações de regressão. De fato, esses coeficientes tiveram valores relativamente elevados de 0,8 (12 DAS) e 0,74 (0 DAS), os quais demonstram que o modelo proposto se ajustou aos dados e que pode ser utilizado para o cálculo do NCD para o presente trabalho. Observa-se que a qualidade do ajuste diferiu em função da época de semeadura de plantas de *E. heterophylla* (Tabela 23).

Os valores de A (assíntota máxima), em geral foram elevados (Tabela 23). Observa-se maior valor numérico de A na época de 12 DAS de 71,2%, quando comparado a semeadura simultânea, onde atingiu 54,81%.

Os valores de D_{50} , que indica a infestação de *E. heterophylla* a qual reduz a produção da cultura em 50%, diferiram numericamente entre as diferentes épocas

de semeadura de *E. heterophylla*. Na época 12 DAS, o valor desse parâmetro foi de 13,0 plantas m⁻² da espécie infestante. Para a implantação simultânea o valor encontrado foi de 22,9 plantas m⁻², respectivamente. Observa-se que para a época de 12 DAS o valor foi numericamente menor devido provavelmente à elevada competitividade das plantas de *E. heterophylla*, ou seja, necessita-se de menos plantas por m² para reduzir a produtividade em 50% da cultura do feijão (Tabela 23).

O nível crítico de dano (NCD), obtido pela razão entre A e D foi de 2,39 e 5,47, para a implantação simultânea e 12 DAS, respectivamente. Neste caso, verificou-se que o NCD foi numericamente maior na época de semeadura de 12 DAS quando comparado com a semeadura no mesmo período que o feijão (0 DAS), devido à maior competitividade das plantas de *E. heterophylla* que emergiram antes da cultura do feijoeiro (Tabela 23).

6.6.2 Modelo Linear

O ajuste dos dados ao modelo linear também revelou adequada capacidade de previsão das perdas de produção de grãos do feijoeiro. De fato, os valores de R² obtidos foram elevados, situando-se entre 0,64 e 0,75 (Tabela 24). O valor do ajuste dos dados ao modelo linear variou de acordo com a época de semeadura de plantas de *E. heterophylla* (12 DAS e 0 DAS).

Tabela 24 - Parâmetros das equações de regressão linear dos segmentos com menor soma de quadrados, obtidos a partir dos valores das densidades reais das plantas de *E. heterophylla*. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Variável	Número de plantas <i>E. heterophylla</i> , 1º segmento linear ^a	Época de semeadura <i>E. heterophylla</i> ^b	Parâmetros da equação ^c			
			a	b	i	R ^{2d}
Densidade de plantas (m ⁻²)	16,57	12 DAS	2358,4	-64,53	2,7	0,64
	40,37	0 DAS	2256,7	-15,87	0,7	0,75

^a a = valor do intercepto da equação linear no eixo y (primeiro segmento), determinado pela menor soma de quadrados; b = coeficiente angular da equação linear. (primeiro segmento); i = nível crítico de dano (%).

^bDAS= Dias antes da semeadura do feijão.

^cModelo 2: Indica a equação linear simples [y=(a+bx)] com base nos dados originais;

^dCoefficiente de associação dos dados em cada análise de regressão.

No modelo linear, o parâmetro a , que estima a máxima produção de grãos, praticamente não diferiu entre as duas épocas de semeadura de *E. heterophylla*. Esse parâmetro foi estimado em cerca de $2358,4 \text{ kg ha}^{-1}$ para 12 DAS e, em $2256,7 \text{ kg ha}^{-1}$ para 0 DAS. Este resultado reflete a produtividade real de grãos de feijão em cada época de semeadura de plantas de *E. heterophylla*, pois o modelo usa somente os dados originais das variáveis (Tabela 24).

O parâmetro b indica o impacto unitário de *E. heterophylla* sobre o rendimento de grãos de feijão. Observou-se maior valor numérico desse parâmetro para a época de semeadura 12 DAS, comparativamente à semeadura simultânea, indicando maior grau de interferência quando a planta daninha é semeada antecipadamente a cultura.

Os valores dos NCD, com base no modelo linear, apresentaram magnitude variando entre 0,7 a 2,7%, respectivamente, para a variável densidade de plantas no primeiro segmento linear (Tabela 24 e Figura 21).

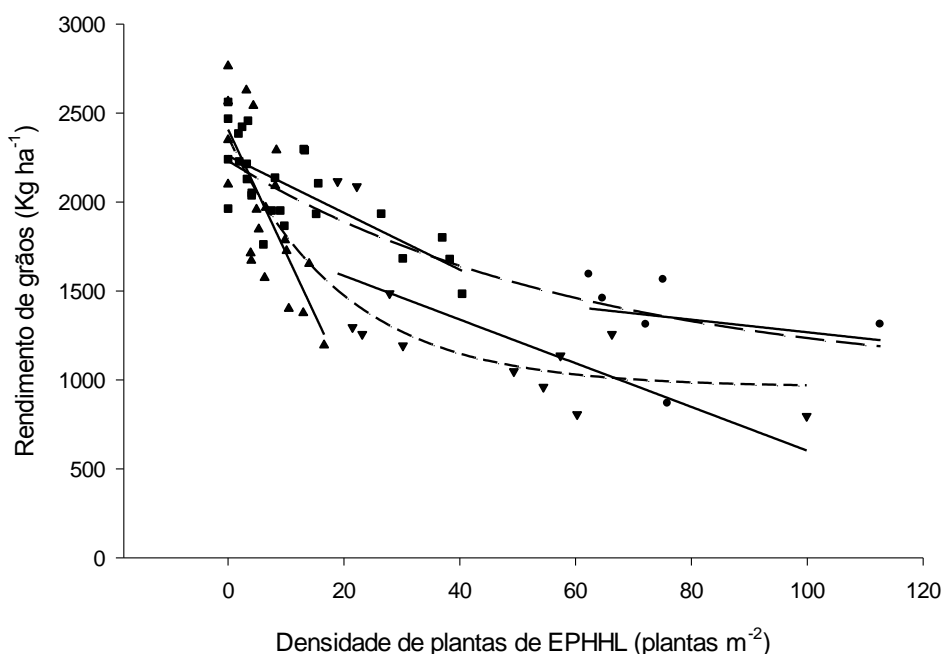


Figura 21 - Rendimento de grãos de feijão (kg ha^{-1}) em função da densidade de plantas e épocas de implantação de *E. heterophylla* anteriores à semeadura do feijão. 12 DAS (- - -); 0 DAS (· · ·); 1º segmento -12 DAS (\blacktriangle); 2º segmento -12 DAS (\blacktriangledown); 1º segmento 0 DAS (\blacksquare); 2º segmento 0 DAS (\bullet). UTFPR, Câmpus Pato Branco PR, safra 2010/11.

Observa-se que para a época de 12 DAS a densidade máxima de plantas de *E. heterophylla* que correspondeu ao primeiro segmento linear foi de 16,57 plantas m⁻², enquanto que para a época de 0 DAS esse valor foi de 40,37 plantas m⁻².

Os valores de NCD para o modelo hiperbólico foram numericamente superiores em ambas as épocas de implantação de *E. heterophylla*, comparativamente ao linear. Assim como no modelo hiperbólico, os valores obtidos com base no modelo linear diferiram entre as épocas de semeadura de plantas de *E. heterophylla* (Tabela 24).

6.6.3 Comparação Entre Épocas de Semeadura de Plantas de *E. heterophylla*

Os dois modelos testados previram maior impacto de plantas de *E. heterophylla* na primeira época de semeadura (12 DAS), em relação à segunda época (0 DAS). Ao se comparar as duas épocas, verificou-se que os valores estimados para o NCD foram sempre numericamente superiores na semeadura de *E. heterophylla* 12 dias antes do feijão, em relação à semeadura simultânea das duas espécies. Os valores do NCD foram cerca de 2,28 e 3,8 vezes superiores para a época de 12 DAS, comparada à semeadura simultânea, para os modelos hiperbólico e linear, respectivamente (Tabelas 23 e 24).

6.6.4 Comparação Entre os Modelos Hiperbólico e Linear

Os dois modelos utilizados previram de forma satisfatória as perdas de rendimento da cultura do feijão. De fato, o ajuste propiciado pelos modelos foi alto, com valores médios de R² de 0,77 e 0,69 para os modelos hiperbólico e linear, respectivamente (Tabelas 23 e 24). De acordo com os resultados obtidos, a utilização tanto do modelo hiperbólico como do modelo linear foi apropriada para se estimar a interferência na cultura do feijoeiro.

No entanto, os ajustes dos dados obtidos ao modelo hiperbólico foi numericamente superior em relação ao modelo linear. Além disso, o ajuste dos modelos às variáveis, embora sendo bom, pode ainda ser melhorado com a utilização de modelos múltiplos, ou seja, que façam uso de mais variáveis (PORTUGAL e MOREIRA, 2011).

A comparação das duas épocas de semeadura de plantas de *E. heterophylla* para a variável explicativa densidade de plantas de *E. heterophylla*, revela que o modelo hiperbólico foi superior ao linear (Tabelas 23 e 24). Os valores dos NCD do modelo linear corresponderam entre 56,4 e 74% dos valores do modelo hiperbólico. Outros estudos também observaram valores mais elevados de perda de rendimento por planta daninha, no modelo hiperbólico, comparativamente ao linear (KALSING, 2010; PORTUGAL e MOREIRA, 2009).

Diversos valores de níveis crítico de dano (NCD) foram encontrados na literatura para diversas culturas em competição com diferentes espécies de plantas daninhas. A comparação dos valores de NCD de outros trabalhos (KALSING, 2010; RIZZARDI et al., 2003a; FLECK et al., 2007; VIDAL; PORTUGAL; SKORA NETO, 2010), indicam que os do presente experimento podem ser classificados como valores médios a altos, ou seja, as plantas de *E. heterophylla* apresentaram forte impacto na perda de rendimento da cultura.

Ao analisarmos os valores obtidos para a perda percentual de produtividade de feijão causada pela adição de cada planta de *E. heterophylla*, se confirma a alta competição quando espécies com mesmos nichos convivem no mesmo ambiente. Isso ocorre devido as necessidades de recursos serem semelhantes (LAMEGO, 2010).

Avaliando a perda de produtividade da soja em função da competição com *Bidens spp.*, o valor do NCD foi estimado em 1,6% e a perda máxima da cultura em 58% (Rizzardi et al., 2003a). Outros trabalhos empregando a cultura da soja em competição com uma cultivar simuladora de planta daninha o valor do NCD estimado foi de 5,9% e a perda máxima da cultura em 80% (FLECK et al., 2007). Os valores de NCD da competição de *U. plantaginea* com feijoeiro variaram entre 0,4 e 0,7%, dependendo da cultivar de feijão (KALSING, 2010). De acordo com Aguyoh e Masiunas (2003) o NCD observado por plantas de *Amaranthus retroflexus* emergidas em estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do feijão foi de 15,9%,

no entanto para emergência mais tardiamente da planta daninha em relação a cultura do feijão foi de 10%.

A interação entre diversos fatores ocasiona diferentes valores de NCD, os quais podem ser influenciados pelo arranjo de plantas da cultura (AGOSTINETTO et al., 2005), cultivar utilizada, época de semeadura (LUNKES, 1997) época de emergência da cultura em relação às infestantes e densidade de plantas daninhas (RIZZARDI et al., 2003a).

Ao se analisar os ajustes propiciados pelo modelo da hipérbole, percebem-se duas situações distintas: na primeira, em densidades baixas, o efeito do incremento na densidade é aditivo. Isso ocorre porque as áreas de influência de ervas individuais não chegam a se sobrepor. Na segunda, em densidades altas, o efeito de competição decorrente de cada unidade de erva que é adicionada à cultura diminui. Isso ocorre porque as áreas de influência já começam a se sobrepor e, como consequência desse aumento na intensidade da competição intraespecífica, as perdas no rendimento tendem a se estabilizar.

De acordo com Stoller et al. (1987), sob altas densidades de plantas concorrentes, o impacto da presença de cada indivíduo na produtividade da cultura é relativamente menor do que quando há baixa densidade, sendo assim, sob baixa densidade, o efeito da competição sobre a perda da produtividade da cultura é aditivo até um limite onde passa a ocorrer, além da competição interespecífica, também o componente intraespecífico, a partir do qual a redução na produtividade da cultura tende a estabilizar-se.

Esse comportamento segue o que estabelece a lei da diminuição das respostas, a qual indica que, quando a densidade de ervas aumenta a produtividade da cultura diminui, até um ponto em que a adição posterior de ervas não diminui substancialmente o rendimento, ou ainda, está de acordo com a lei da produtividade final constante (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 1997). Por essa lei, a produção de massa seca por unidade de área é independente da densidade das plantas presentes na área.

Os valores de NCD são de fundamental importância para a obtenção do nível de dano econômico, pois este leva em consideração o parâmetro i para a realização dos cálculos.

6.7 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE DANO ECONÔMICO

6.7.1 Modelo Hipérbole Retangular

Os valores obtidos no cálculo do NDE para plantas de *E. heterophylla* em competição com feijão sofreram fortes variações, sendo influenciados pela época de semeadura de *E. heterophylla*, potencial de rendimento da cultura, preço obtido pela comercialização, custo de controle pelo herbicida e eficiência do herbicida no controle de *E. heterophylla* (Figura 22). Observa-se de maneira geral que o NDE variou de 0,33 a 2,25 plantas de *E. heterophylla* por m² (Figura 22).

Comparando-se as diferentes épocas de semeadura de plantas de *E. heterophylla* (12 DAS e 0 DAS) observa-se que, à medida em que se atrasa a semeadura da cultura do feijão em relação ao das plantas de *E. heterophylla*, diminuem-se os valores do NDE. Isso é explicado pelos valores do parâmetro “i”, ou seja, plantas de *E. heterophylla* que emergiram antes da cultura (12 DAS) apresentam maior competitividade com o feijão (maior valor de i), quando comparadas à semeadura simultânea à cultura do feijão. Entre as épocas de implantação de *E. heterophylla* em relação a semeadura do feijão variaram de no mínimo 48,9 % e, no máximo 56,4%. Dessa forma, a época de semeadura das plantas de *E. heterophylla* com relação à cultura do feijão é de extrema importância na definição do NDE, pois é responsável por grande variação na magnitude de seus valores, resultante da variação no dano ocasionado por cada unidade de planta daninha.

Além da época de semeadura das plantas de *E. heterophylla*, outros fatores influenciam o NDE. O aumento do potencial de rendimento da cultura do feijão e do preço a ser recebido pelo produto colhido resultam em redução nos valores de NDE (Figura 22). O percentual de redução foi similar nas duas épocas de implantação de *E. heterophylla*. As variações de NDE em função do potencial de rendimento foram de 61,77% e 61,22%, para a semeadura simultânea e 12 DAS, respectivamente (Figura 22). Os percentuais de variação de NDE devido à modificação no preço do produto foram de 44,7 % a 44,25 %, para as épocas de 12 DAS e semeadura simultânea, respectivamente (Figura 22).

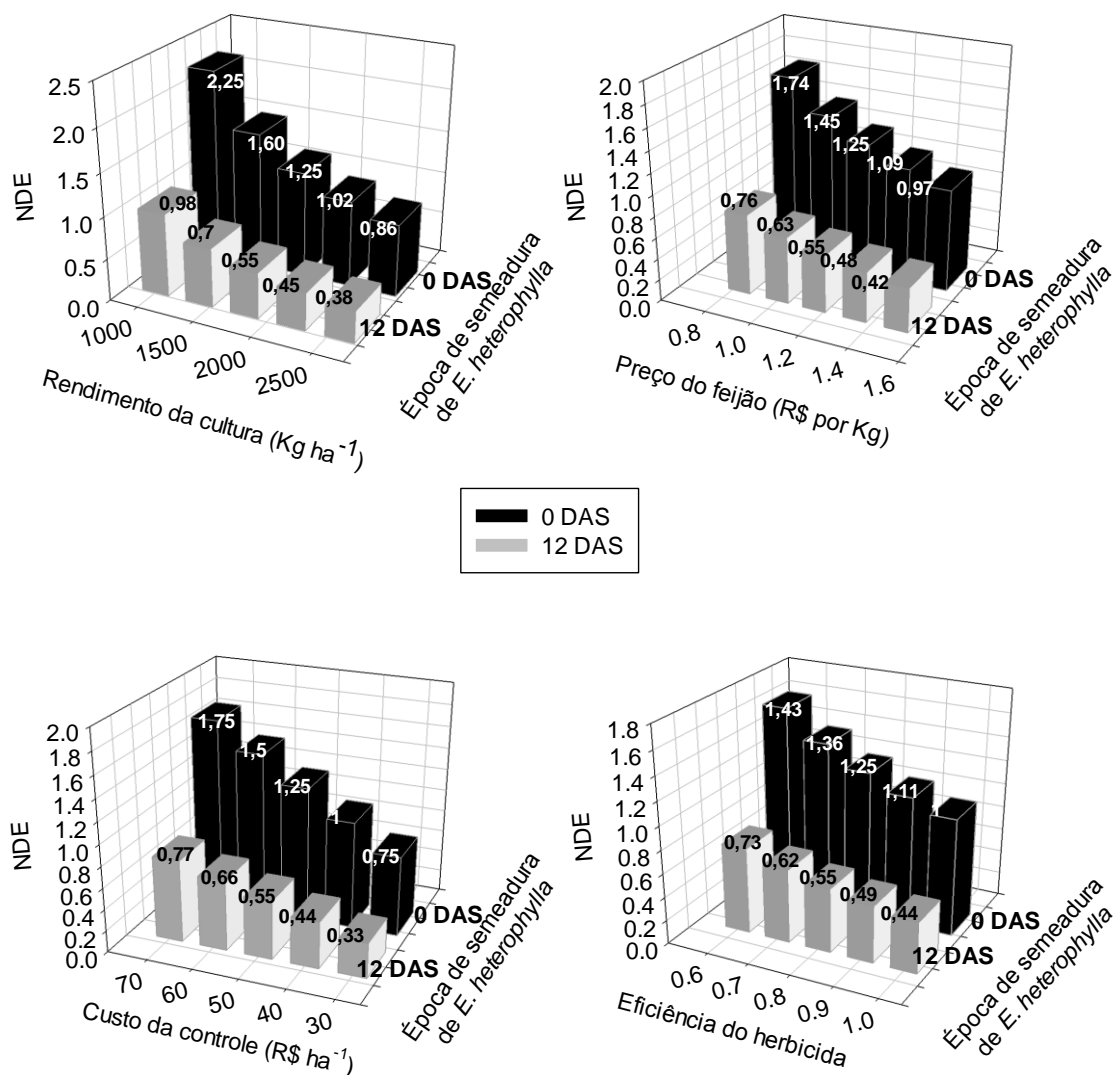


Figura 22 - Nível de dano econômico de plantas de *E. heterophylla* na cultura do feijão calculados pelo modelo de hipérbole retangular em função do potencial de rendimento de grãos, preço pago à cultura, custo de aplicação e eficiência do herbicida. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

Assim, pode-se afirmar em situações com alto potencial produtivo e boa expectativa de preço do produto colhido, torna-se mais econômico o controle sob baixa população de plantas de *E. heterophylla*. No entanto, situações em que se tem expectativa de baixo potencial produtivo e menores preços do produto colhido pode-se tolerar maiores densidades de plantas de *E. heterophylla* para o controle ser economicamente viável.

O rendimento da cultura do feijão pode variar de acordo com as condições climáticas, fertilidade do solo e do manejo utilizado durante o desenvolvimento da cultura, enquanto os preços praticados na região variam de

acordo com o mercado interno, quantidade em estoque de produto, relação oferta/demanda e qualidade do produto final.

À medida em que se aumenta a eficiência do herbicida no controle de plantas daninhas, mantendo os demais fatores fixos, diminui-se o NDE (Figura 22), ou seja, quanto menor a eficiência do herbicida necessita-se de maiores densidades de plantas de *E. heterophylla* para justificar o controle. Isso ocorre para ambas as épocas de semeadura de *E. heterophylla*. As variações de NDE foram de 30,06% e 39,72%, para as épocas de 0 DAS e 12 DAS, respectivamente (Figura 22).

Os diferentes custos de controle das plantas daninhas, também influenciaram na tomada de decisão para o controle, ou seja, quanto maior o custo de controle maior o NDE. Aplicações que exijam alto custo de controle necessitam de maiores densidades de plantas daninhas para se tornarem economicamente viáveis. As variações de NDE foram de 57,14% e 57,16%, para as épocas de 0 DAS e 12 DAS, respectivamente (Figura 22).

Em ordem decrescente de fatores influenciando o NDE, considerando-se o modelo hiperbólico, pode-se estabelecer: rendimento de grãos > custo do controle > época de semeadura de *E. heterophylla* em relação a cultura do feijão > preço obtido pelo feijão > eficiência do herbicida.

6.7.2 Modelo Linear

Quando se utiliza o modelo linear para a determinação do NDE, os valores obtidos também sofreram fortes variações, sendo influenciados pela época de semeadura de *E. heterophylla*, potencial de rendimento da cultura, preço obtido pela comercialização, custo de controle pelo herbicida e eficiência do produto no controle de *E. heterophylla* (Figura 23). Observa-se, de maneira geral, que o NDE variou de 0,5 a 8,6 plantas de *E. heterophylla* por m² (Figura 23).

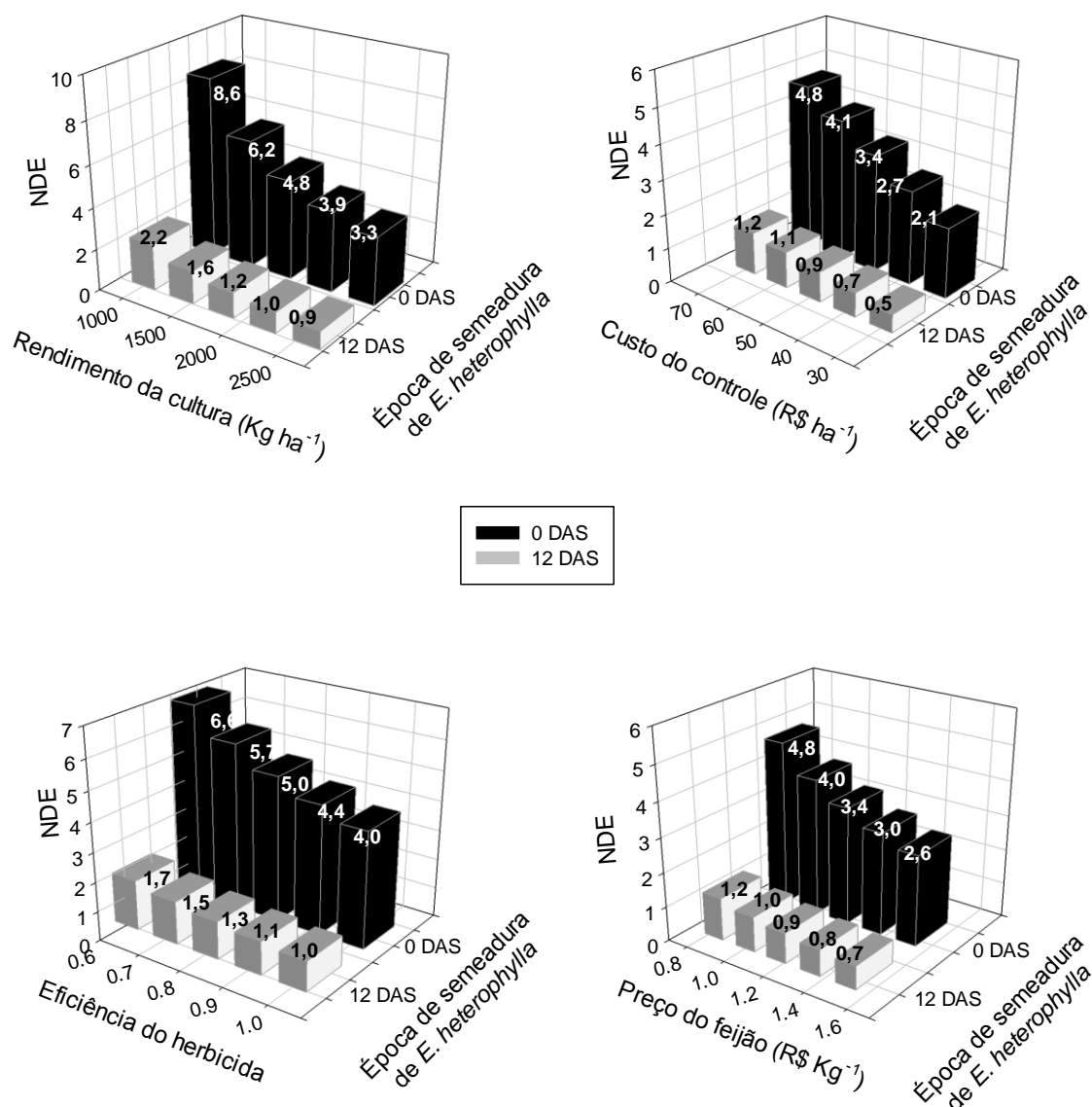


Figura 23 - Nível de dano econômico de plantas de *E. heterophylla* na cultura do feijão calculados pelo modelo linear em função do potencial de rendimento de grãos, preço pago à cultura, custo de aplicação e eficiência do herbicida. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011.

O atraso na semeadura da cultura do feijão em relação ao das plantas de *E. heterophylla* resulta em diminuição dos valores do NDE. As diferentes épocas de semeadura de *E. heterophylla* em relação à cultura do feijão modificaram bastante as decisões de controle das plantas de *E. heterophylla*. As diferenças percentuais de NDE entre *E. heterophylla* implantada 12 DAS e simultaneamente ao feijão foram de, no mínimo 72,7 e no máximo 76,2 %. Dessa forma, a época de semeadura das plantas de *E. heterophylla* com relação à cultura do feijão é de

extrema importância para a determinação da análise econômica do controle, devido ao dano ocasionado por cada unidade de planta daninha.

À medida que se aumenta o potencial de rendimento da cultura do feijão e o preço a ser recebido pelo produto colhido, também foram reduzidos os NDEs (Figura 23). As variações de NDE em função do potencial de rendimento foi de 39,3% e 59%, para as épocas de 0 DAS e 12 DAS, respectivamente (Figura 23).

A redução da eficiência do herbicida determina a necessidade de maiores densidades de plantas de *E. heterophylla* para justificar o controle. Isso ocorre para ambas as épocas de semeadura, em que os NDE's variaram em 39,3% e 41,17 para as épocas de 0 DAS e 12 DAS, respectivamente (Figura 23).

O aumento do preço a ser recebido pelo produto colhido resulta em redução nos valores de NDE (Figura 23). O percentual de redução foi similar nas duas épocas de semeadura. As variações de NDE foram de 45,8% e 41,66%, para as épocas de 0 DAS e 12 DAS, respectivamente (Figura 23).

Os diferentes custos de controle das plantas daninhas, sendo o somatório do custo do herbicida mais o valor da aplicação, também influenciaram a tomada de decisão para o controle, ou seja, quanto maior o custo de controle maior o NDE. As variações de NDE foram de 56,25% e 58,3%, para as épocas de 0 DAS e 12 DAS, respectivamente (Figura 23).

Quanto ao comportamento dos fatores influenciando os valores de NDE, os modelos linear e da hipérbole retangular apresentaram resultados distintos. No entanto, em geral, as magnitudes dos valores de NDE foram menores no modelo hiperbólico. Isso ocorreu porque os valores de perda percentual por cada unidade de planta daninha, obtidos pelo modelo hiperbólico (valores de "i") foram superiores, em comparação ao modelo linear, nas duas épocas estudadas.

Em ordem decrescente de fatores influenciando o NDE, considerando-se o modelo linear, pode-se estabelecer: época de semeadura de *E. heterophylla* em relação a cultura do feijão > rendimento de grãos > custo do controle > preço obtido pelo feijão > eficiência do herbicida.

6.7.3 Comparação da Estimativa de Nível de Dano Econômico entre diferentes épocas de semeadura de *E. heterophylla*

A variação na época de semeadura de *E. heterophylla* com relação à semeadura de feijão ocasionou fortes modificações nas decisões de controle dessa planta daninha. No caso de semeadura de *E. heterophylla* junto com semeadura de feijão, plantas de *E. heterophylla* foram menos competitivas e causaram menores perdas de rendimento. Resultados semelhantes foram obtidos por Rizzardi (2002), com plantas de picão-preto e guanxuma, na cultura da soja. Desse modo, a época de semeadura das plantas de *E. heterophylla* com relação à época de semeadura da cultura, constitui-se um fator de extrema importância para a análise econômica de controle devido à influência da competição da planta daninha. Essa informação é muito importante para agentes de assistência técnica e agricultores, pois indica que os mesmos necessitam destinar atenção especial ao processo de dessecação de plantas daninhas, especialmente da época em que o mesmo é efetuado. Estratégias de manejo pré-semeadura de plantas daninhas que incluam aplicações sequenciais de herbicidas também devem ser consideradas. As operações de dessecação empregando aplicações seqüenciais de herbicidas apresentam muitas vantagens potenciais em comparação à dessecação com aplicação única de um herbicida. Aplicações sequenciais são adequadas para situações em que as plantas daninhas ou espécies de cobertura estão em estádios de desenvolvimento mais avançados e em que existam na área espécies com relação C/N mais ampla. As aplicações seqüenciais são uma boa alternativa para o controle de diferentes fluxos de emergência de plantas daninhas, pois mais de um fluxo de emergência pode ser atingido com esta modalidade. Além disso, também podem ser atingidas plantas em estádios de desenvolvimento mais adequado para gerar níveis de controle elevados.

Resultados obtidos por Kalsing (2010), investigando os efeitos da infestação de *U. plantaginea* na cultura do feijão, indicaram que o aumento do preço do produto colhido e a diminuição do custo de controle reduziram os NDEs. Assim, em lavouras de feijão que apresentem elevado potencial de rendimento de grãos, menor população de *U. plantaginea* justifica economicamente a adoção de medidas de controle. De forma similar, quanto mais onerosa for a medida de controle de *U.*

plantaginea empregada pelo produtor, maior deve ser a população da planta daninha para que se justifique economicamente a sua utilização.

A diferença na resposta obtida entre as épocas de semeadura de plantas de *E. heterophylla* estudadas sugere que, quanto mais precoce ocorre a ocorrência de *E. heterophylla* em relação ao feijoeiro, maior é o seu impacto no rendimento de grãos. De fato, as plantas daninhas cuja emergência ocorrem antes que a cultura, podem usufruir de maior quantidade de recursos disponíveis no ambiente, resultando em maior capacidade competitiva com as plantas cultivadas (Rizzardi, 2002).

7 CONCLUSÕES

A interferência de plantas de *E. heterophylla* com a cultura do feijão reduz a estatura de plantas, índice de área foliar, massa seca, número de trifólios, número de ramificações produtivas e aumenta a altura de inserção de legumes da cultura.

A interferência de plantas de *E. heterophylla* com a cultura do feijão reduz fortemente o desenvolvimento da cultura, ocasionando redução da cobertura do solo e menor fechamento das entrelinhas.

As características morfológicas área foliar, massa seca e estatura de planta de *E. heterophylla* são modificadas em função da competição interespecífica (*E. heterophylla* x feijão) e intraespecífica (*E. heterophylla* x *E. heterophylla*).

A semeadura antecipada de *E. heterophylla* proporciona maior desenvolvimento desta espécie em relação à época de semeadura simultânea com a cultura do feijão, refletindo-se no aumento da área foliar, da massa seca e da cobertura do solo pela espécie daninha.

Quanto maior a densidade de *E. heterophylla* e maior o período entre a semeadura de *E. heterophylla* e a semeadura do feijão, maiores foram as reduções no rendimento de grãos de feijão e no número de legumes por planta, o componente de rendimento mais afetado pelo impacto desta espécie infestante, e também aquele que mais contribuiu para o rendimento de grãos da cultura.

A perda percentual do feijão pela planta daninha *E. heterophylla* pode ser estimada adequadamente através dos modelos hiperbólico e linear, ambos indicando maior perda percentual quando a semeadura de *E. heterophylla* ocorre antecipadamente à da cultura.

O modelo hiperbólico superestima os valores de nível crítico de dano em relação ao modelo linear.

O aumento na perda de rendimento por unidade de planta daninha, rendimento da cultura, eficiência do herbicida e valor do produto colhido ocasionaram diminuição dos valores dos níveis de dano econômico. No entanto, o aumento do custo de controle de plantas de *E. heterophylla* aumenta os valores do nível de dano econômico.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente investigação foi possível mensurar as perdas causadas pela competição de *E. heterophylla* com a cultura do feijão. As perdas são crescentes em função do aumento da densidade desta planta daninha, no entanto foi constatado elevado potencial competitivo mesmo sob densidades baixas desta espécie.

Constatou-se que o potencial competitivo de *E. heterophylla* é aumentado quando se proporciona maior desenvolvimento da espécie daninha relativamente à cultura do feijão, através do atraso da semeadura da espécie cultivada. Esta informação tem grande aplicação prática pois muitos agricultores não tem o devido cuidado em efetuar a dessecação das plantas daninhas próxima à semeadura da espécie cultivada. Também, porque, mesmo que os agricultores consigam o controle das espécies daninhas em momento posterior, através da aplicação de herbicidas pós-emergentes, o maior desenvolvimento das plantas daninhas resultante do atraso da semeadura da cultura gera necessidade de aplicação de herbicidas pós-emergentes mais precocemente. Isso pode levar também, posteriormente, à necessidade de antecipação de nova aplicação de herbicidas na área para o controle de novos fluxos de emergência de plantas daninhas ou, em caso que o agricultor não efetue nova medida de controle, de prejuízos à produção.

A investigação de características morfológicas tanto da espécie cultivada quanto da espécie daninha permitiu identificar o caráter plástico do desenvolvimento de ambas espécies sob o processo competitivo. A identificação de modificações morfológicas em ambas as espécies em uma amplitude grande de densidades permitiu a identificação das densidades em que a competição intraespecífica passa a predominar sobre a competição interespecífica. Além disso, modificações morfológicas em estadios iniciais do desenvolvimento das plantas, identificadas no presente trabalho, fornecem subsídios para trabalhos futuros, que investiguem mais pormenorizadamente a teoria denominada “Inicialismo”.

A amplitude de densidades obtida permitiu estimar adequadamente os valores de nível crítico de dano (NCD) para esta espécie daninha. Os níveis de NCD foram elevados principalmente em casos onde a espécie infestante apresenta instalação antecipadamente à cultura. Mesmo para o estabelecimento das plantas

daninhas simultaneamente à cultura, a capacidade competitiva é alta, causando reduções significativas na produtividade do feijão. Porém, investigação mais pormenorizada deve ser feita no sentido de identificar as diferenças entre os modelos empregados para o cálculo do NCD e sua aplicabilidade prática, já que o modelo hiperbólico tende a superestimar os valores em relação ao modelo linear.

Os níveis de dano econômico (NDE) foram calculados e permitiram constatar que, especialmente quando se tem uma boa expectativa de rendimento da cultura e preço do produto colhido, o controle dessas infestantes se torna economicamente viável em baixas densidades. Além disso, demonstram que um período de 12 dias de intervalo entre a dessecação e a implantação da cultura é suficiente para modificar os valores de NDE em mais de 70%, em relação à emergência simultânea entre cultura e *E. heterophylla*. Os valores de NDE na situação de 12 dias de intervalo podem ser considerados muito baixos, sob qualquer um dos cenários simulados, pois foram inferiores a 1 planta de *E. heterophylla* por m². Portanto, em situações tais como elevado valor econômico do produto colhido, baixo custo de herbicida+aplicação, elevada eficácia de controle do herbicida utilizado, defasagem significativa de tempo entre estabelecimento da espécie infestante e cultura, justifica-se plenamente a adoção de medidas de controle com baixíssimas densidades de *E. heterophylla*. Em situações como essa, a utilização de herbicidas pré-emergentes com boa eficiência de controle são plenamente justificadas, pois determinarão níveis de controle elevados e contribuirão com a eliminação de novos fluxos das plantas daninhas.

Por fim, o cálculo do NCD para o processo de interferência entre *E. heterophylla* e feijão contribuirá para a construção de modelos que permitam o diagnóstico rápido e eficaz, em tempo hábil para o manejo de plantas infestantes. Modernamente, existe a possibilidade de desenvolvimento de softwares com aplicação no manejo de plantas daninhas em áreas agrícolas. No entanto, a indisponibilidade de dados a respeito do potencial competitivo de espécies daninhas que ocorrem tanto isoladamente nas áreas quanto em infestações mistas, atualmente constitui-se a principal limitação para o desenvolvimento de tais instrumentos de tomada de decisão. Diante disso, estudos em que sejam possíveis mensurar a interferência das mais diferentes espécies daninhas e culturas, são de fundamental importância para elucidar as características competitivas de cada espécie auxiliando assim na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, Dirceu et al. Níveis de dano econômico para decisões de controle de genótipo simulador de arroz-vermelho em arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.2, p.175-183, 2005.

AGUYOH, Joesph N.; MASIUNAS, John B. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) with snap beans. **Weed Science**, v.51, p.202-207, 2003.

AREVALO, Roberto A.; ROZANSKI, Albino. Plantas daninhas na cultura do feijão. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 4, 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, p. 33-43,1991.

BARROSO, Arthur A. M. et al. Densidade e distância de *E. heterophylla* afetando o feijoeiro 'pérola. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas 19 a 23 de julho de 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010.

BARROSO, Arthur A. M.; YAMAUTI, Micheli S.; ALVES, Pedro Luis da C. A. Interferência entre espécies de planta daninha e duas cultivares de feijoeiro em duas épocas de semeadura. **Bragantia**, v.69, n.3, p.609-616, 2010.

BASSINELLO, Priscila Z. Pós-produção: Qualidade dos grãos. Embrapa Arroz e Feijão. Informativo Embrapa, 2007. Disponível no site <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br> acessado dia 21 de Janeiro de 2012.

BAUER, Troy A.; MORTENSEN, David A. A comparison of economic and economic optimum thresholds for two annual weeds in soybeans. **Weed Technology**, v.6, p.228-235, 1992.

BHERING, Silvio B. et al. **Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR. 74p, 2008.

BIANCHI, Mario A. et al. Partição da competição por recursos do solo e radiação solar entre cultivares de soja e genótipos concorrentes. **Planta Daninha**, v.24, n.4, p.629-639, 2006b.

BIANCHI, Mario A. et al. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. **Ciência. Rural**, v.36, n.3, p.1380-1387, 2006a.

BIANCO, Silvano; PITELLI, Robinson A.; CARVALHO, Leonardo B. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Glycine max* e *Euphorbia heterophylla*. **Ensaio e Ciência**. v.11, p.61-72, agosto, 2007.

BLACKSHAW, Robert E. Differential competitive ability of winter wheat cultivars against downy brome. **Agronomy Journal**, v.86, n.4, p.649-654, 1994.

BONATO, Cláudio et al. **Produção de feijão e sorgo safrinha em área de sequeiro na região do PAD-DF**. 2008. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de Agronomia) – UPIS - Faculdades Integradas “Departamento de Agronomia”, Planaltina, 2008.

BORCHARTT, Lucas et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Agrônômica**, v.42, n.3, p.725-734, 2011.

BORCHARTT, Lucas et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). In: XXVI Congresso Brasileiro da Ciência de Plantas Daninhas / XVIII CONGRESSO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 2008. **Resumos...** Ouro-Preto: SBCPD, 2008.

CARVALHO, Fernando T.; VELINI, Edivaldo D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da soja. I – Cultivar IAC 11. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.317-322, 2001.

CARVALHO, Leonardo B. et al. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de milho var. BR-106 e *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v.25, n.2, p.293-301, 2007.

CARVALHO, Leonardo B.; BIANCO, Silvano; GUZZO, Caio D. Interferência de *Euphorbia heterophylla* no crescimento e acúmulo de macronutrientes da soja. **Planta Daninha**, v.28, n.1, p.33-39, 2010

CARVALHO, Saul J. P.; CHRISTOFFOLETI, Pedro J. Competition of *Amaranthus* species with dry bean plants. **Scientia Agricola**, v.65, n.3, p.239-245, 2008.

COBLE, Haroldo D.; MORTENSEN, David A. The treshhold concept and its application to weed science. **Weed Technology**, v.6, n.1, p.191-195, 1991.

COBUCCI, Tarcisio et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro em plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica 35, 1999.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Décimo levantamento, julho/2010. Brasília: 2010.

COSTA, O. M. M. Morfologia e Desenvolvimento de *Euphorbia heterophylla* L. **Agronomia Sulriograndense**, v.18, p.59-66. 1982.

COUSENS, Roger D. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. **Journal of Agricultural Science**. v.105, p.513-521, 1985.

CRONQUIST, Arthur. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York, Columbia University Press, p.1262, 1981.

CURY, João P. et al. Produção e partição de matéria seca de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta daninha**, vol.29, n.1, p.149-158, 2011.

CUSSANS, George W.; COUSENS, Roger D.; WILSON, Bernard J. Thresholds for weed control - The concepts and their interpretation. In: **EWRS SYMPOSIUM WEED CONTROL**, 1986, Brighton. Proceedings... Brighton: p.253-260, 1986.

DUARTE, Daniel J. et al. Estimativa da área foliar de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v.27, n.3, p.527-531, 2009.

EMBRAPA. **TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – PARANÁ 2006**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 208 p. (Sistemas de Produção/ Embrapa Soja, n. 8).

FAGERIA, Nand K.; SANTOS, A. B. Yield physiology of dry bean. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, n.6, p.983-1004, 2008.

FAOSTAT. **Produção – culturas – feijão**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> Acesso em: 15/06/2010.

FERREIRA, Evander A. et al. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. IV - *Amaranthus deflexus*, *Amaranthus*

spinosus, *Alternanthera tenella* e *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.263-271, 2003

FLECK, Nilson G. et al. Resposta de cultivares de soja a competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. **Scientia Agraria**, v.8, n.3, p.213-218, 2007.

FURTADO, Marcos R. et al. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.217-220, 2002.

GALON, Leandro 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.

GLASS, Edwar H. Integrated pest management: Rationale, Potential, Needs and Implementation. Entomol. Soc. Am. Spec. Pub. pp. 75-102. **Entomological Society of America**. College Park, MD.1975.

HOFFMANN, Daniela. **Morfologia foliar e controle de plantas daninhas em função do sombreamento**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/noticias/article.php?storyid=297> Acesso em: 26 de julho de 2010.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. Precipitação pluviométrica. Disponível em <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1002> Acesso em 07 de dezembro de 2011a.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. Temperatura media diária. Disponível em <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1002> Acesso em 08 de dezembro de 2011b.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm> Acesso em 26 de julho de 2010.

JADOSKI, Sidnei O. et al. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. I: comportamento morfológico das plantas. **Ciência Rural**, vol.30, n.4, p.559-565, 2000.

JONES, Randall E.; MEDD, Richard W. Economic thresholds and the case for longer term approaches to population management of weeds. **Weed Technology**, v.14, n.2, p.337-350, 2000.

JUMES, Talita M. C. et al. Avaliação de controle de *Euphorbia heterophylla*, com aplicações associadas de diuron, oxyfluorfen e prometryne. In: Congresso Brasileiro da Ciência de Plantas Daninhas, XXVII, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, p. 2534-2538, 2010.

KALSING, Augusto.; VIDAL, Ribas. A. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura do feijão. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, Ribeirão Preto – SP, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, p.2534-2538, 2010.

KALSING, Augusto. Desenvolvimento, automatização e validação de modelo bioeconômico de gestão de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. na cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Dissertação (Mestrado em fitotecnia - Ênfase Herbologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

KARAM, Décio et al. Estudo da interferência das plantas daninhas com a cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Resumos**. Londrina: SBCPD, p.32-33, 1993.

KIGEL, Jaime et al. Biology of reproduction in the Summer annual weed *Euphorbia geniculata* Ortega. **Weed Research**, v.32 p.317-328. 1992.

KISSMANN, Kurt G.; GROTH, Doris D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo, Basf Brasileira, v.2, p.798, 1992.

KOZLOWSKI, Luiz A. et al. Interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro comum em sistema de semeadura direta. In : REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6.,1999, Salvador, BA. **Resumos expandidos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, v.1, p.499-502. (Embrapa Arroz e Feijão, Documentos 1999,

KOZLOWSKI, Luiz A. et al. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro-comum em sistema de semeadura direta. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.213-220, 2002.

LAMEGO, Fabiane P. et al. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v.23, n.3, p.405-414, 2005.

LAMEGO, Fabiane P.; Impacto da morfologia vegetal na competição entre plantas. In: VIDAL, R. A. **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre, xiii, 132 p., II, 2010.

LEAL, Cecília B. F. **Floração em *Euphorbia heterophylla* L.** Dissertação de mestrado Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p.68, 1995.

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

LORENZI, Harri. **Plantas daninhas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p.608, 2000.

LUNKES, Johann A. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção do feijão irrigado**. Piracicaba: ESALQ/USP. Departamento de Agricultura,. p.9-19, 1997.

LYBECKER, Donald W.; SCHWEIZER, Edward. E.; KING, Robert P. Weed management decisions in corn based on bioeconomic modeling. **Weed Science**., v.39, n.1, p.124-129, 1991.

MACHADO, Cynthia M.; FERRUZZI Mario G.; NIELSEN, Suzanne S. Impacto f the hard-to-cook phenomenon on phenolic antioxidants in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, n.9, p.3102- 3110, 2008.

MESCHEDE, Dana K. et al. Período anterior à interferência de plantas daninhas em soja: Estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.239-246, 2004.

MESCHEDE, Dana K. et al. Período crítico de interferência de *E. heterophylla* na cultura da soja sob baixa densidade de semeadura. **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.381-387, 2002.

NOVAIS, Roberto F. et al. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, ed. 1, Viçosa- MG, 2007.

OERKE, Erich C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**. Bonn. p.31-43, 2005.

OLIVER, L. R.; FRANS, R. E.; TALBERT, R. E. Field competition between tall morningglory and soybean. I - Growth analysis. **Weed Science**, v.24, p.482-488, 1976.

PAOLINI et al. Competition between safflower and weeds as influenced by crop genotype and sowing time. **Weed Research**, v.38, n.4, p.247-255, 1998.

PARREIRA, Mariana C. **Influência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro em função do espaçamento e da densidade de plantas**. Dissertação (mestrado em produção vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus Jaboticabal, 2009.

PARREIRA, Mariana C., ALVES, Pedro Luiz C. A.; PAVANI, Maria do Carmo M. D. Efeitos da época relativa de emergência de picão preto (*Bidens pilosa*) com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Revista de Agricultura**, v.82, n.2, p.197-203, 2007.

PEREIRA, Antônio R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal** 1(2): p.139-142, 1989.

PITELLI, Robinson A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, v.4, n.12, p.1-24, Set.1987.

PITELLI, Robinson A. et al. Efeito de período de controle de plantas daninhas na cultura de amendoim. **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.389-397, 2002.

PITELLI, Robinson A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informativo Agropecuário**, v.11, n.129, p.16-27, 1985.

PORTUGAL, João M.; MOREIRA, I. Aplicação de modelos múltiplos na determinação de níveis de prejuízo para a interação *Solanum americanum* e tomate de indústria. **Planta Daninha**. v.29, n.4, p.751-760, 2011.

PORTUGAL, João M.; MOREIRA, I. Impacto da erva-moira na produção do tomateiro e ajuste de modelos matemáticos. **Planta Daninha**, v.27, p.901-911, 2009.

PORTUGAL, João M.; VIDAL, Ribas .A. Níveis econômicos de prejuízos de plantas infestantes nas culturas agrícolas: conceitos, definições e formas de cálculo. **Planta Daninha**, v.27, n.4, p.869-877, 2009.

PROCÓPIO, Sergio O. et al. Absorção e utilização do nitrogênio pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.365-374, 2004b.

PROCÓPIO, Sergio O. et al. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.211-216, 2004a.

QASEM, Jamal. R. S. Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.67, p.189- 195, 1992.

RADOSEVICH, Stven. ; HOLT, John; GHERSA, Claudio. **Ecology of weeds and invasive plants**. Third Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, p.454, 2007.

RADOSEVICH, Stven. ; HOLT, John; GHERSA, Claudio. **Weed ecology: implications for management**. 2 ed. New York: Wiley, p.588, 1997.

RAMOS, Levi Ribas M.; PITELLI, Robinson A. Efeitos de diferentes períodos de controle da comunidade infestante sobre a produtividade da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1523-1531, 1994.

RIZZARDI Mauro A.; FLECK, Nilson G. Método da Quantificação da cobertura foliar da Infestação de plantas Daninhas e da cultura da soja. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.13-18, jan-fev, 2004.

RIZZARDI, Mauro A. et al. Interferência de populações de *E. heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura de soja. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.29-34. 2004.

RIZZARDI, Mauro A. et al. Nível de dano econômico como critério para controle de picão preto em soja. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.273-282, 2003b.

RIZZARDI, Mauro A. et al. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guanxuma. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.621-627, 2003a.

RIZZARDI, Mauro A. **Nível de dano econômico para tomada de decisão no controle de picão preto (*Bidens pilosa*) e guanxuma (*Sida rhombifolia* L.) na cultura da soja**. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia – Área de concentração plantas de lavoura) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RODRIGUES, Gelair et al. Manejo de ervas daninhas em lavouras de soja no Sudoeste do Paraná. **Synergismus Scientifica**. UTFPR, 01 (1,2,3,4), p.1-778. 2006.

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

SANGAKKARA, UR e BANDARANAYAKE, PSRD. Morphological and physiological determinants of the competitive ability of *Euphorbia heterophylla* when grown with Phaseolus beans. **Journal of Plant Diseases and Protection**, n.19, p.245-251, 2004.

SANTOS, José B. et al. Captação e aproveitamento da radiação solar pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Bragantia**, v.62, n.1, p.147-153, 2003.

SANTOS, José B. et al. Produção e características qualitativas de sementes de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.20, n.2, p.237-241, 2002.

SANTOS, José. B.; SILVA, Antônio A. **Resistência de genótipos de *Euphorbia heterophylla* L. a herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, (Relatório. PIBIC/CNPq), p.37, 2000.

SCOTT, George. H. et al. *Datura stramonium* interference and seed rain in *Gossypium hirsutum*. **Weed Science**, v.48, n.5, p.613-617, 2000.

SEAB – Secretaria da agricultura e do abastecimento do Paraná. Disponível em <http://www.seab.pr.gov.br/> acesso em: 18 de maio de 2010.

SHIMADA, Marcelo M.; ARF, Orivaldo.; DE SÁ, Marco E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

SILVA, Alexandre F. et al. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. **Planta Daninha**, v.27, n.1, p.75-84, 2009.

SKORA NETO, Francisco.; CAMPOS, Antônio; HORSZYN, Danieli. Interação entre densidade e período de convivência de plantas daninhas no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). In: Congresso Brasileiro da Ciência de Plantas Daninhas, XXVII, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, p.775-779, 2010.

STOLLER, Edward W. et al. Weed interference in soybeans (*Glycine max*). *Reviews of Weed Science*. **Weed Science**, v.3, p.155-181, 1987.

SUDA, Cecilia N. K. **Hidrolases da parede celular em sementes de *Euphorbia heterophylla* durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula**. Tese de Doutorado. Faculdade de medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, p.144, 2001.

TEIXEIRA, Itamar 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.

UGEN, Michael. A.; WIEN, Hans. C.; WORTMANN, Charles. S. Dry bean competitiveness with annual weeds as affected by soil nutrient availability. **Weed Science**, v.50(4), p.530-535, 2002.

VICENTINI; Maria E.; PENHA; Luiz A. O. FONSECA; Ines Cristina B. Germinação de *E. heterophylla* ao longo do tempo em diferentes profundidades. In: Congresso Brasileiro da Ciência de Plantas Daninhas, XXVII, 2010. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBCPD, p.960-963, 2010.

VICTORIA FILHO, Ricardo. **Manejo integrado de plantas daninhas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*)**. In: Seminário sobre Pragas, Doenças e Plantas Daninhas do Feijoeiro, V, Anais, Piracicaba, p.100-111, 1994.

VIDAL, Ribas A. et al. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.63-69, 2004.

VIDAL, Ribas A.; LAMEGO, Fabiane P. Introdução a competição entre plantas daninhas e cultivadas. In. **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre, xiii, 132 p., II, 2010.

VIDAL, Ribas A.; MEROTTO, Aldo Jr. Inicialismo. In: **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre, xiii, 132 p., II, 2010.

VIDAL, Ribas A.; PORTUGAL, João M. Definições e terminologias sobre nível crítico de dano (NCD) na Herbologia. In: **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

VIDAL, Ribas A.; PORTUGAL, João M.; SKORA NETO, Francisco. **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

VIEIRA, Alexandre S. C.; JÚNIOR, Trazilbo.; BORÉM, Aluízio.. **Feijão**. Viçosa: 2.ed. UFV, 2006.

VIEIRA, Neiva Maria B. et al. Altura de planta e acúmulo de matéria seca do feijoeiro cvs. BRS MG Talismã e Ouro Negro em plantio direto e convencional. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v.32, p.1687-1693, 2008.

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

WACHOWICS, Cíntia M. **Desenvolvimento foliar e crescimento em *Euphorbia heterophylla* L.** Dissertação de mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p.77, 1991.

WANDER, Alcido E. **Cultivo do feijão irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais**. In: Introdução e importância econômica. EMBRAPA Arroz e Feijão, sistemas de produção, n.5, 2005.

WORTMANN, Charles S. Contribution of bean morphological-characteristics to weed suppression. **Agronomy Journal**. v.85, n.4, p.840-843, 1993.

ZANINE, Anderson M.; SANTOS, Edson M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**, v.11, n.1, p.10-30, 2004.