

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

FORTUNATO DE BORTOLI PAGNONCELLI JUNIOR

**HABILIDADE COMPETITIVA DO FEIJOEIRO E SUA
TOLERÂNCIA AO HERBICIDA ETHOXYSULFURON**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2016

FORTUNATO DE BORTOLI PAGNONCELLI JUNIOR

**HABILIDADE COMPETITIVA DO FEIJOEIRO E SUA
TOLERÂNCIA AO HERBICIDA ETHOXYLSULFURON**

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

Orientador: Prof. Dr. Ribas Antonio Vidal

Coorientador: Prof. Dr. Michelangelo
Muzell Trezzi

PATO BRANCO

2016

P139h Pagnoncelli Junior, Fortunato De Bortoli.
Habilidade competitiva do feijoeiro e sua tolerância ao herbicida
ethoxysulfuron / Fortunato De Bortoli Pagnoncelli Junior. -- 2016.
183 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ribas Antonio Vidal
Coorientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2016.
Bibliografia: f. 150 - 168.

1. Feijão - Cultivo. 2. Grãos - Rendimento. 4. Ervas daninhas - Controle.
5. Plantas – Efeito dos herbicidas. I. Vidal, Ribas Antonio, orient. II. Trezzi,
Michelangelo Muzell, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD (22. ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



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 nº 127

HABILIDADE COMPETITIVA DO FEIJOEIRO E SUA TOLERÂNCIA AO HERBICIDA ETHOXYLSULFURON

por

FORTUNATO DE BORTOLI PAGNONCELLI JUNIOR

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e cinco de fevereiro de dois mil e dezesseis como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistema de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof. Dr. Michelangelo Muzell
Trezzi**
UTFPR
Co-orientador

**Prof. Dr. Leonardo Bianco de
Carvalho**
UDESC

Prof. Dr. Marisa de Cacia Oliveira
UTFPR

Prof. Dr. Ribas Antonio Vidal
UFRGS
Orientador

Prof. Dr. Giovani Benin
Coordenador do PPGA

* O Termo de Aprovação com as assinaturas encontram-se na Coordenação do Programa de Pós- Graduação em Agronomia.

DEDICO

Ao meu pai Fortunato Rizzon Pagnoncelli
A minha mãe Salete Leonilda De Bortoli Pagnoncelli
Ao meu irmão Giovani De Bortoli Pagnoncelli

AGRADECIMENTOS

A minha família, em especial aos meus pais Fortunato e Salete e ao meu irmão Giovani, pelo amor, carinho, dedicação e apoio para a minha formação.

Ao meu orientador, professor Ribas A. Vidal, pelo apoio, confiança, amizade, respeito e dedicação. Apesar do nosso curto período de convívio, seus ensinamentos foram além da ciência.

Ao meu coorientador professor Michelangelo M. Trezzi, pelo apoio, respeito e amizade. Seus ensinamentos que em muito contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.

Aos professores Michelangelo M. Trezzi, Leonardo B. Carvalho e Marisa de C. Oliveira pela participação da banca examinadora.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realizar este trabalho.

A todos os professores da UTFPR que em muito contribuíram para minha formação.

A todos os servidores da UTFPR, em especial ao Sr. Otavio e Eloir, pela amizade e ajuda para o desenvolvimento dos experimentos.

As professoras, Eloize Xavier e Marisa de C. Oliveira, pela ajuda com as análises de enzima. Ao colega Adriano Machado, pela ajuda para instalação e condução do experimento em Renascença.

Aos amigos(as) do grupo NIPED, Mateus Gallon, Francielli Diesel, Eli Marchesan e Henrique V. Bittencourt, pela amizade, convivência e apoio.

Aos amigos(as) e estagiários do grupo NIPED, Sorhaila Batistel, Renato Pasini, Marcos Barancelli, Pedro Mizerski, Poliana Fogaça, Matheus Viecelli, Bruna Cavalheiro e Renata Gobetti pela amizade e apoio para a condução dos experimentos.

A todos os meus amigos, pela amizade, apoio e companheirismo em todos os momentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

Enfim, a todos que mesmo não citados, de alguma forma contribuíram com este trabalho, meus sinceros agradecimentos.

“O que fazemos na vida ecoa na eternidade”

– do filme **O GLADIADOR**

RESUMO

PAGNONCELLI Jr., Fortunato De Bortoli. Habilidade competitiva do feijoeiro e sua tolerância ao herbicida ethoxysulfuron. 183 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Resumo: A presença de plantas daninhas afeta o desenvolvimento e o rendimento de plantas cultivadas, depreciando a qualidade final do produto. Dentre as alternativas práticas que se destacam para a redução da perda de rendimento, estão o incremento da habilidade competitiva da cultura e o manejo químico das plantas daninhas em meio a estas. Um programa de pesquisas foi desenvolvido no curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco - PR, durante os anos de 2015/16, com os objetivos de: avaliar se o uso de inibidores da síntese de giberelina incrementam a habilidade competitiva de plantas de feijão, tornando-as insensíveis aos efeitos do inicialismo, ampliando o período anterior a interferência. Avaliar a tolerância de plantas de feijão comum ao herbicida ethoxysulfuron e, verificar se ocorre relação entre a massa da parte aérea seca da cultura com o nível de tolerância das plantas ao herbicida. Avaliar o efeito de doses crescentes de ethoxysulfuron sobre características morfológicas e nos componentes do rendimento de grãos das cultivares de feijão IPR Tangará e IPR Andorinha. Avaliar o efeito de crescentes doses de ethoxysulfuron sobre o desenvolvimento da cultivar IAC Imperador e sobre a comunidade de infestantes presentes na área. Elucidar o mecanismo que confere a tolerância de plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron. Inibidores de giberelina não foram eficientes em incrementar os períodos de convivência entre plantas daninhas e o feijoeiro. Trinexapac-ethyl incrementou 20% no rendimento de grãos das plantas de feijão. Foi observada grande variabilidade de resposta das cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, contudo, apesar de doses elevadas (200 g ha^{-1}) não foi constatada a morte de plantas. Em campo, os resultados indicam que quando a dose de ethoxysulfuron é de $83,2 \text{ g ha}^{-1}$, a redução no rendimento de grãos pode chegar a 40% para plantas da cultivar IPR Tangará e a 30% da cultivar IPR Andorinha. Contudo, para cada cultivar citada, ethoxysulfuron nas doses de 17 e 12 g ha^{-1} , reduzem 10% do rendimento de grãos. Avaliando o controle de plantas daninhas na cultura do feijão cultivar IAC Imperador com o herbicida ethoxysulfuron, foi observado que doses próximas a 20 g ha^{-1} são suficientes para controlar plantas de soja e *Ipomoea* spp., contudo, devido ao nível de fitotoxicidade o incremento de rendimento de grãos não foi suficiente para alcançar o da testemunha livre de infestantes e sem herbicida. Os ensaios avaliando o mecanismo de tolerância das plantas de feijão ao ethoxysulfuron sugerem que este ocorre devido a degradação da molécula do herbicida.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Inicialismo. Rendimento de grãos. Controle de infestantes. Seletividade.

ABSTRACT

PAGNONCELLI Jr., Fortunato De Bortoli. Competitive ability of the common bean crop and its tolerance to the herbicide ethoxysulfuron. 183 f. Dissertation (Masters in Agronomy) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2016.

Abstract: The presence of weeds decreases the crop yield. Among the alternatives to reduce the crop yield loss, it can be included to increase the competitive ability of the crop and the chemical control of the weeds. A research program was developed in the course of Agronomy at Federal Technological University at Paraná, Campus Pato Branco - PR, during the years 2015/16, with the objectives evaluating if gibberellin inhibitors increase the competitive ability of bean plants, making them insensitive to the initialism, extending the period prior to weed-crop interference. Evaluate the tolerance of common bean plants to the herbicide ethoxysulfuron and investigate the existence of relationship between the plant mass and the level of tolerance of the plants to the herbicide. Evaluate the effect of increasing doses of ethoxysulfuron on morphological characteristics, yield components and grain yield of the bean cultivars IPR Tangará and IPR Andorinha. Evaluate the effect of increasing doses of ethoxysulfuron on the development of IAC Imperador and the community of weeds present in the area. Elucidate the mechanism that confers tolerance to bean plants to the herbicide ethoxysulfuron. The results indicate that gibberellin inhibitors were not effective in increasing periods of weed-crop coexistence. Trinexapac-ethyl increased 20% the grain yield of bean plants. It was observed high variability as the response of bean cultivars to the herbicide ethoxysulfuron, however, despite high doses (200 g ha^{-1}), it was not observed death of the plants. The field results indicate that when the ethoxysulfuron dose is 83.2 g ha^{-1} , the reduction in grain yield can reach 40% with the cultivar IPR Tangará and 30% in the cultivar IPR Andorinha. However, respectively for each cultivar cited, ethoxysulfuron at 17 and 12 g ha^{-1} are enough to reduce 10% of grain yield. Evaluating the control of weeds within the bean crop cultivar IAC Imperador with the herbicide ethoxysulfuron, it was observed that doses at 20 g ha^{-1} are enough to control soybean and *Ipomoea* spp. plants. But, due to the level of plant injury, the crop grain yield increase was not sufficient to match the one observed on the weed-free untreated control. The mechanism of tolerance of bean plants to ethoxysulfuron appears to be the herbicide degradation.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Initialism. Grain yield. Weed control. Selectivity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** - Precipitação pluvial, temperaturas mínima e máxima durante o período de condução do experimento. UTFPR – Mariópolis, 2014.....38
- Figura 2.2** - Densidade de plantas infestantes durante os períodos de convivência com as plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 2.3. UTFPR – Pato Branco, 2014.....43
- Figura 2.3** - Efeito de períodos de convivência com plantas infestantes sobre as variáveis densidade de vagens (número m^{-2}) (a), vagens por planta (número pl^{-1}) (b), massa de mil grãos (g) (c) e perda de rendimento em % (d) em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 2.6. UTFPR – Pato Branco, 2014.....45
- Figura 3.1** - Temperaturas máxima e mínima durante o período de condução do experimento em casa de vegetação. UTFPR – Pato Branco, 2014.....54
- Figura 3.2** - Valores médios da massa da parte aérea seca em gramas por planta de feijão sem aplicação de ethoxysulfuron aos 45 dias após a emergência (a) e a relação entre dose necessária para redução de 20% da massa da parte aérea seca de plantas de feijão aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (D_{20}) e massa da parte aérea seca de plantas de feijão aos 45 dias após a emergência (b). UTFPR – Pato Branco, 2014.....58
- Figura 3.3** - Tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, em diferentes doses, quando avaliadas aos 10 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.3. UTFPR – Pato Branco, 2014.....59
- Figura 3.4** - Tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, em diferentes doses, quando avaliadas aos 15 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.4. UTFPR – Pato Branco, 2014.....61

- Figura 3.5** - Tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, em diferentes doses, quando avaliadas aos 20 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.5. UTFPR – Pato Branco, 2014.....63
- Figura 3.6** - Tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, em diferentes doses, quando avaliadas aos 25 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.6. UTFPR – Pato Branco, 2014.....65
- Figura 3.7** - Estatura de plantas (%) de 20 cultivares de feijão em função de diferentes doses do herbicida ethoxysulfuron, quando avaliadas aos 15 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.7. UTFPR – Pato Branco, 2014.....68
- Figura 3.8** - Estatura de plantas (%) de 20 cultivares de feijão em função de diferentes doses do herbicida ethoxysulfuron, quando avaliadas aos 25 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.8. UTFPR – Pato Branco, 2014.....70
- Figura 3.9** - Massa da parte aérea verde (%) de 20 cultivares de feijão em função de diferentes doses do herbicida ethoxysulfuron. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.9. UTFPR – Pato Branco, 2014.....72
- Figura 3.10** - Massa da parte aérea seca (%) de 20 cultivares de feijão em função de diferentes doses do herbicida ethoxysulfuron. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.10. UTFPR – Pato Branco, 2014.....74
- Figura 3.11** - Dose necessária para reduzir 20% da massa da parte aérea seca de plantas de feijão aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....76
- Figura 4.1** - Precipitação pluvial, temperaturas mínima e máxima durante o período de condução dos experimentos em Mariópolis (a) e Renascença (b). UTFPR – Mariópolis/Renascença, 2014.....84

- Figura 4.2** - Efeito de crescentes doses de ethoxysulfuron sobre as variáveis tolerância relativa (%) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (a), massa da parte aérea verde (%) aos 15 e 25 DAA (b), massa da parte aérea seca (%) aos 25 DAA (c), número de grãos por vagem (d) e queda no rendimento de grãos (%) (e) de plantas de feijão, cultivar IPR Andorinha. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão nas Tabelas 4.2 e 4.3. UTFPR – Mariópolis, 2014.....89
- Figura 4.3** - Efeito de crescentes doses de ethoxysulfuron sobre as variáveis, tolerância relativa, aos 10 e 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) (a), massa da parte aérea verde (MPAV) aos 25 DAA (b), estatura de plantas (c), massa de mil grãos (d) e perda no rendimento de grãos (e) de plantas de feijão, cultivar IPR Tangará. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão nas Tabelas 4.4 e 4.5. UTFPR – Renascença, 2014.....92
- Figura 4.4** - Doses de ethoxysulfuron estimadas em função da perda de rendimento de grãos das cultivares de feijão IPR Tangará e IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2015.....94
- Figura 5.1** - Precipitação, temperaturas mínima e máxima durante o período de condução do experimento em Pato Branco. UTFPR – Pato Branco, 2015.....103
- Figura 5.2** - Efeito de ethoxysulfuron sobre: a) tolerância relativa do feijoeiro (%) cultivar IAC Imperador aos 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA); b), controle de soja e plantas infestantes aos 15 DAA; c), controle de soja aos 20 DAA; d), controle de soja aos 25 DAA; e e) massa da parte aérea seca de soja aos 25 DAA. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 5.3. UTFPR – Pato Branco, 2015.....108
- Figura 5.3** - Efeito de ethoxysulfuron em plantas de *Ipomoea spp.* sobre: a) controle avaliado aos 20 e 25 dias após a aplicação do ethoxysulfuron (DAA); b) número de plantas (pl m⁻²) aos 25 DAA; c) massa da parte aérea seca aos 25 DAA. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 5.4. UTFPR – Pato Branco, 2015.....111
- Figura 5.4** - Efeito de ethoxysulfuron sobre as variáveis: a) massa da parte aérea verde (g) e b) massa da parte aérea seca (g) aos 25 dias

após a aplicação de ethoxysulfuron e c) rendimento de grãos (kg ha⁻¹) em plantas de feijão cultivar IAC Imperador. Os pontos representam as médias das variáveis das plantas de feijão na presença de infestantes e com aplicação de ethoxysulfuron, enquanto que a coluna representa a média do rendimento sem a presença de infestantes e sem ethoxysulfuron. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 5.5. UTFPR – Pato Branco, 2015.....113

Figura 5.5 - Perda de rendimento de grãos de feijão (PR) em função da densidade de plantas infestantes, considerando efeito herbicida e desconsiderando o efeito herbicida. Com efeito herbicida é representado por: Densidade de infestantes composta por cultivares de soja AMS Tibagi (C1), Dow D6 (C2) e Nidera 5909 (C3) + a presença de plantas de *Bidens pilosa* e *Ipomoea spp.* Sem efeito herbicida é representado por: Densidade de infestantes composta por cultivares de soja AMS Tibagi (C1C), Dow D6 (C2C) e Nidera 5909 (C3C) + a presença de plantas de *Bidens pilosa* e *Ipomoea spp.* Os parâmetros das equações são demonstrados na Tabela 5.7. UTFPR – Pato Branco, 2015.....115

Figura 6.1 - Temperaturas mínima e máxima durante os períodos de condução dos experimentos: (a) experimentos com a aplicação de inibidores ou protetor, (b) experimento avaliando a tolerância cruzada. UTFPR – Pato Branco, 2015.....125

Figura 6.2 - Efeito de ethoxysulfuron sobre a atividade da enzima ALS (%) de duas cultivares de feijão, IPR Eldorado e BRS Esplendor. Os pontos representam os valores médios de três repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.2. UTFPR – Pato Branco, 2015.....131

Figura 6.3 - Efeito de doses de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação (malathion + chlorpyrifos) sobre as variáveis: tolerância relativa (%) aos a) 10, b) 15, c) 20 e d) 25 dias após a aplicação em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.5. UTFPR – Pato Branco, 2015.....135

Figura 6.4 - Efeito de doses de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação (malathion + chlorpyrifos) sobre as variáveis: estatura de plantas (%) aos a) 15, e b) 25 dias após a aplicação; e c) massa da parte aérea verde (%); d) e massa da parte aérea seca (%) em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. Os pontos

representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.5. UTFPR – Pato Branco, 2015.....136

Figura 6.5 - Efeito de doses de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + protetor (mefenpyr) sobre as variáveis: a) tolerância relativa (%) aos 10, 15 e 25 dias após a aplicação (DAA), b) tolerância relativa (%) aos 20 dias após a aplicação (DAA) e c) estatura de plantas aos 15 e 25 DAA. Para as variáveis tolerância relativa (10, 15 e 25 DAA) e estatura de plantas (15 e 25 DAA) os pontos representam as médias dos tratamentos. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.7. UTFPR – Pato Branco, 2015.....138

Figura 6.6 - Efeito de doses de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + protetor (mefenpyr) sobre as variáveis: a) distância entre o terceiro e quarto nó (%) das plantas aos 25 dias após a aplicação (DAA), b) massa da parte aérea verde (%) aos 25 DAA e c) massa da parte aérea seca (%) aos 25 DAA em plantas de feijão cultivar IPR Eldorado. Os resultados de estatura, MPAV e MPAS são apresentados como média dos tratamentos. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.7. UTFPR – Pato Branco, 2015.....140

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1** - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférrico. UTFPR – Mariópolis, 2014.....37
- Tabela 2.2** - Estatura média de plantas em cm, massa média das raízes secas (MRS), massa média da parte aérea seca (MPAS) e relação entre parte aérea e raízes (PA:R) do feijoeiro em resposta a aplicação ou não dos fitorreguladores trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat quando avaliado aos 5 e 10 dias após a aplicação (DAA) em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.....42
- Tabela 2.3** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para a variável densidade de plantas infestantes (pl m^{-2}) (DPI) em convivência com plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.....43
- Tabela 2.4** - Densidade de plantas infestantes (pl m^{-2}) (DPI) com ou sem os fitorreguladores trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat, durante os períodos de convivência da cultura do feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.....44
- Tabela 2.5** - Efeito de fitorreguladores sobre as variáveis, vagens por planta (número por pl) (VP), densidade de vagens (número m^{-2}), grãos por vagem (número por vagem) (GV), massa de mil sementes (g por mil sementes) (MMG), rendimento de grãos (kg ha^{-1}) (Rend) em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.....44
- Tabela 2.6** - Parâmetros da equação, impacto da convivência diária (ICD), coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade para as variáveis densidade de vagens (número m^{-2}) (DV), vagens por planta (número pl^{-1}) (VP), massa de mil sementes (g) (MS) e perda de rendimento (%) (PR) em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.....46
- Tabela 3.1** - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférrico. UTFPR – Mariópolis, 2014.....54
- Tabela 3.2** – Características das cultivares utilizados no experimento. UTFPR – Mariópolis, 2014.....55
- Tabela 3.3** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da tolerância (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão aos 10

	dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....	60
Tabela 3.4	- Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da tolerância (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão aos 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....	62
Tabela 3.5	- Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da tolerância (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão aos 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....	64
Tabela 3.6	- Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da tolerância (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....	66
Tabela 3.7	- Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da estatura (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável estatura de plantas (%) de 20 cultivares de feijão aos 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....	69
Tabela 3.8	- Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da estatura (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável estatura de plantas (%) de 20 cultivares de feijão aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....	71
Tabela 3.9	- Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da massa da parte aérea verde (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável massa da parte verde (%) de 20 cultivares de feijão após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....	73
Tabela 3.10	- Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da massa da parte aérea seca (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável massa da parte seca (%) de 20	

cultivares de feijão após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.....75

- Tabela 4.1** - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférico. UTFPR – Mariópolis/Renascença, 2014.....84
- Tabela 4.2** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para as variáveis, tolerância relativa (TR) (%) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), massa da parte aérea verde (MPAV) (%) aos 15 e 25 DAA, massa da parte aérea seca (MPAS) (%) aos 15 DAA e número de grãos por vagem (NGV). UTFPR – Mariópolis, 2014.....90
- Tabela 4.3** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para determinar a relação entre doses de ethoxysulfuron e a perda no rendimento de grãos de plantas de feijão, cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Mariópolis, 2014.....91
- Tabela 4.4** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para as variáveis, tolerância relativa (TR) (%) aos 10 e 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), massa da parte aérea verde (MPAV) (%) aos 25 DAA, estatura de plantas na colheita (EP) (%) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão, cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.....93
- Tabela 4.5** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2) e probabilidade (p) para determinar a relação entre doses de ethoxysulfuron e a perda no rendimento de grãos de plantas de feijão, cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.....93
- Tabela 5.1** - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférico. UTFPR – Pato Branco, 2015.....103
- Tabela 5.2** - Valores médios de controle (%) de três cultivares de soja aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2015.....109
- Tabela 5.3** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para as variáveis, tolerância relativa do feijoeiro (%) (TR) aos 15, 20 e 25 dias após a aplicação do ethoxysulfuron (DAA), controle de plantas infestantes (%) (CPI) aos 15 DAA, controle de soja (%) (CS) aos 15, 20 e 25 DAA e massa da parte aérea seca de soja (MPASS) aos 25 DAA. UTFPR – Pato Branco, 2015.....110

- Tabela 5.4** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para as variáveis, controle de plantas de *Ipomoea spp.* (%) (CI) aos 20 e 25 dias após a aplicação do ethoxysulfuron (DAA), número de plantas de *Ipomoea spp.* (NPI) e massa da parte aérea seca de *Ipomoea spp.* (MPASI) quando avaliado aos 25 DAA. UTFPR – Pato Branco, 2015.....111
- Tabela 5.5** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para a variável rendimento de grãos de feijão (kg ha^{-1}) em função da aplicação de doses de ethoxysulfuron em plantas de feijão cultivar IAC Imperador. UTFPR – Pato Branco, 2015.....114
- Tabela 5.6** - Rendimento de grãos de feijão cultivar IAC Imperador em testemunha capinada ou quando submetido a competição com três cultivares de soja + plantas daninhas. UTFPR – Pato Branco, 2015.....114
- Tabela 5.7.** Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para a variável rendimento de grãos de feijão (kg ha^{-1}) em função da aplicação de doses de ethoxysulfuron em plantas de feijão cultivar IAC Imperador. UTFPR – Pato Branco, 2015.....116
- Tabela 6.1** - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférrico. UTFPR – Pato Branco, 2015.....126
- Tabela 6.2** - Parâmetros de equação¹, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para determinar a relação entre a concentração de ethoxysulfuron e a atividade da enzima ALS (% em comparação com o não tratado), para as cultivares de feijão IPR Eldorado e BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.....132
- Tabela 6.3** - Valores médios de tolerância relativa (%) (TR) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos, em plantas de feijão cultivar BRS Eldorado. UTFPR – Pato Branco, 2015...132
- Tabela 6.4** - Valores médios das variáveis, estatura de plantas (EP) aos 15 e 25 dias após a aplicação, massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da enzima ALS pertencentes a diferentes grupos químicos, em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.....133
- Tabela 6.5** - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), fator tolerância (FT) e probabilidade (p) para as variáveis tolerância relativa (%) (TR)

aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (ETH) ou ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação (ETH + INI) (Malathion + chlorpyriphos) (DAA), estatura de plantas (%) (EP) aos 15 e 25 DAA, massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 DAA em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.137

Tabela 6.6 - Médias das variáveis tolerância relativa aos 10 (T10), 15 (T15) e estatura de plantas aos 25 (EP25) dias após a aplicação de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + mefenpyr em plantas de feijão cultivar IPR Eldorado. UTFPR – Pato Branco, 2015....139

Tabela 6.7 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), fator tolerância (FT) e probabilidade (p) para as variáveis tolerância relativa (%) (TR) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (Ethoxy) ou ethoxysulfuron + protetor (Ethoxy + prot) (mefenpyr) (DAA), estatura de plantas (%) (EP) aos 15 e 25 DAA, massa da parte aérea verde (%) (MPAV) e massa da parte aérea seca (%) (MPAS) aos 25 DAA em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.....141

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

COASUL	Cooperativa Agroindustrial localizada no Sudoeste Paranaense
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PR	Unidade da Federação – Paraná
PROTOX	Protoporfirinogênio oxidase
RS	Unidade da Federação – Rio Grande do Sul
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

μL	Microlitro
μM	Micromol
ABT	Aminobenzotriazole
ACCCase	Acetil coenzima A caboxilase
ALS	Acetolactato sintase
cm	Centímetros
cm^3	Centímetros cúbicos
cmol_c	Centimol de carga
CO_2	Dióxido de Carbono
CPD	Controle de plantas daninhas
CS	Controle de plantas de soja
CTC	Capacidade de troca de cátions
cv.	Cultivar
D_{20}	Dose necessária para proporcionar a redução de 20% na variável
D_{50}	Dose necessária para proporcionar a redução de 50% na variável
DAA	Dias após a aplicação
DAEC	Dias após a emergência da cultura
dm^{-3}	Decímetro cúbico
DMS	Diferença mínima significativa
DPI	Densidade de plantas infestantes
DV	Densidade de vagens
EP	Estatura de plantas
EPM	Erro padrão da média
Estat	Estatura
et al.	E outros
exp	Exponencial
FAD	Flavina adenina dinucleotídeos
FCR	Força Centrífuga Relativa
FIF	Fatores de interação com o fitocromo
FS2	Fotossistema II
FT	Fator tolerância
Fv	Fitocromo vermelho
FVe	Fitocromo vermelho extremo
g	Gramas
g i a	Gramas de ingrediente ativo
GSTs	Glutathione-S-transferase
GTs	Glycosyl transferases
H_2SO_4	Ácido sulfúrico
ha^{-1}	Hectare
IPV	Inserção da primeira vagem
K_2O	Potássio
kg	Quilogramas
L	Litros
m	Metros
m^{-2}	Metros quadrados
mg	Miligramas
mL	Mililitro

mm	Milímetro
MMG	Massa de mil grãos
MO	Matéria orgânica
MPAS	Massa da parte aérea seca
MPAV	Massa da parte aérea verde
MRS	Massa de raiz seca
<i>n</i>	Número de amostras
N	Normal
NGV	Número de grãos por vagem
nm	Nanômetros
NPK	Nitrogênio, fósforo e potássio
ns	Não significativo
<i>p</i>	Probabilidade
P ₂ O ₅	Fósforo
p450	p450 monooxygenases
PA:R	parte aérea: raiz
PAI	Período anterior a interferência
PBO	Piperonil butóxido
pH	Potencial hidrogeniônico
pl	Plantas
PCPI	Período crítico de prevenção a interferência
PTPI	Período total de prevenção a interferência
PVPP	Polivinilpirrolidona
QME	Quadrado médio do erro
R ²	Coefficiente de determinação
spp.	Espécies
TPP	Tiamina pirofosfato
TR	Tolerância relativa das plantas de feijão
v/m	Volume por massa
V:Ve	Vermelho:Vermelho extremo
V ₃	Estádio Vegetativo 3
V ₄	Estádio Vegetativo 4
VP	Vagens por planta

LISTA DE SÍMBOLOS

°	Grau
%	Porcentagem
σ	Desvio padrão
\leq	Menor igual que
$<$	Menor que
+	mais
®	Marca registrada
μ	Micro
\pm	Mais ou menos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	26
1.1 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	30
1.2 HIPÓTESES TESTADAS NESSA DISSERTAÇÃO	31
2 AVALIAÇÃO DA HABILIDADE COMPETITIVA DE PLANTAS DE FEIJÃO COM OS INIBIDORES DE GIBERELINA TRINEXAPAC-ETHYL E CLORETO DE MEPIQUAT	33
2.1 INTRODUÇÃO	34
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	37
2.2.1. Análise estatística	40
2.3 RESULTADOS	41
2.4 DISCUSSÃO	46
2.5 CONCLUSÕES	50
3 CARACTERIZAÇÃO DA SELETIVIDADE DO HERBICIDA ETHOXYSULFURON EM CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM.....	51
3.1 INTRODUÇÃO	52
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	53
3.2.1 Análise estatística	56
3.3 RESULTADOS	57
3.4 DISCUSSÃO	77
3.5 CONCLUSÕES	80
4 IMPACTO DE DOSES CRESCENTES DE ETHOXYSULFURON SOBRE OS CULTIVARES DE FEIJÃO IPR ANDORINHA E IPR TANGARÁ E EM SEUS COMPONENTES E RENDIMENTO DE GRÃOS.....	81
4.1 INTRODUÇÃO	82
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	83
4.2.1 Análise estatística	86
4.3 RESULTADOS	87
4.3.1 Cultivar IPR Andorinha	87
4.3.2 Cultivar IPR Tangará	91
4.3.3 Máxima dose do herbicida antes da injúria econômica	93
4.4 DISCUSSÃO	94

4.5 CONCLUSÕES	98
5 EFICIÊNCIA DO ETHOXYSULFURON NO CONTROLE DE PLANTAS INFESTANTES NA CULTURA DO FEIJÃO COMUM CULTIVAR IAC IMPERADOR	99
5.1 INTRODUÇÃO	100
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	102
5.2.1 Análise estatística	105
5.3 RESULTADOS	107
5.4 DISCUSSÃO	116
5.5 CONCLUSÕES	120
6 MECANISMO DE TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE FEIJÃO AO HERBICIDA ETHOXYSULFURON.....	121
6.1 INTRODUÇÃO	122
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	125
6.2.1 Quantificação direta	125
6.2.2 Evidência indireta da detoxificação do herbicida.....	127
6.2.3 Tolerância cruzada	130
6.2.4 Análise estatística	130
6.3 RESULTADOS	131
6.3.1 Quantificação direta na enzima ALS	131
6.3.2 Tolerância Cruzada	132
6.3.3 Evidência indireta da detoxificação do herbicida.....	134
6.3.4 Com protetor mefenpyr.....	137
6.4 DISCUSSÃO	141
6.5 CONCLUSÕES	144
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
7.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DO MÉTODO DE PESQUISA.....	148
REFERÊNCIAS.....	150
ÍNDICE DE APÊNDICES	170

1 INTRODUÇÃO GERAL

Plantas daninhas são responsáveis por perdas médias de 34% no rendimento das culturas (OERKE, 2006). A presença de infestantes pode afetar o desenvolvimento das plantas cultivadas diretamente, através da competição por recursos do ambiente (água, luz e nutrientes) ou indiretamente, dificultando a colheita e atuando como hospedeiro para pragas e doenças (PITELLI, 1985). A intensidade da competição entre plantas infestantes e cultivadas é regulada pela cultura, espécie infestante, densidade (cultura e infestante) e pelo período de convivência das plantas.

Plantas de uma cultura com reduzido porte de desenvolvimento, tendem a ser mais propensas a competição por tardarem o fechamento do dossel e proporcionarem menor sombreamento das entrelinhas. Em contraste, plantas cultivadas que possuem alta capacidade de produção de biomassa podem fechar as entrelinhas rapidamente, suprimindo a germinação e o desenvolvimento de infestantes na área, aumentando a habilidade competitiva das culturas.

A competição entre plantas cultivadas e infestantes é dependente da semelhança morfológica entre estas, de forma que indivíduos similares tendem a competir pelo mesmo nicho ecológico (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Portanto, numa determinada densidade populacional, uma espécie competidora pode ser menos prejudicial a uma cultura em comparação a infestante de outra espécie.

Quanto maior a densidade das plantas cultivadas, maior será a capacidade da cultura em suprimir o desenvolvimento das plantas infestantes. Contudo, a competição intraespecífica limita a disponibilidade de recursos no meio, prejudicando o desenvolvimento das plantas cultivadas. O mesmo princípio se aplica às plantas infestantes. Quando presentes entre plantas cultivadas, as infestantes na área poderão competir tanto inter como intraespecificamente, dependendo de sua densidade e espécie. Comumente a relação entre densidade de infestantes e o rendimento de grãos é determinado pela hipérbole retangular (COUSENS, 1985; FLECK; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2002; RIZZARDI; FLECK; AGOSTINETTO, 2003). Isto ocorre devido a limitação de recursos do ambiente proporcionado pela densidade de

infestantes (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Fatores que possam contribuir para o incremento da habilidade competitiva (melhor aproveitamento dos recursos do ambiente) da cultura e, que possibilite o seu desenvolvimento em densidades maiores do que as atualmente recomendadas, contribuiriam para elevar o potencial produtivo das plantas por área (BOCCALANDRO et al., 2003).

A perda na produtividade da cultura é diretamente proporcional ao período de convivência entre plantas infestantes e cultivadas. Foram propostos termos que expliquem a interação entre plantas em função do período de convivência (PITELLI, 1985). O Período anterior a interferência (PAI) refere-se ao período em que a cultura pode se desenvolver com as infestantes sem que ocorram prejuízos sobre as primeiras. O Período total de prevenção a interferência (PTPI) é o período em que a cultura deve permanecer livre da presença de infestantes para que não ocorram perdas de produtividade. O intervalo entre estes períodos é o denominado Período crítico de prevenção a interferência (PCPI), o qual corresponde ao período em que devem ser adotadas medidas de controle a fim de reduzir as perdas de rendimento.

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos principais alimentos da população brasileira. O grão se destaca pelas suas propriedades nutritivas e terapêuticas, sendo amplamente utilizado no combate a anemia (LUNA-VITAL et al., 2015). Estudos indicam que o consumo de feijão é negativamente relacionado aos riscos de morte por câncer de mama, próstata e cólon (MATHERS, 2002; HANGEN; BENNINK, 2002). A produção mundial de feijão situa-se em torno de 23 milhões toneladas, sendo que o Brasil é o terceiro maior produtor do grão com 2,8 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2012). No Brasil o estado do Paraná é o maior produtor brasileiro com 680 mil toneladas do grão (CONAB, 2015). A produção média brasileira é em torno de 1000 kg ha⁻¹ (IBGE, 2014), mas, devido aos avanços no melhoramento genético, alguns cultivares podem superar 4000 kg ha⁻¹ (IAPAR, 2014).

No Brasil o cultivo do feijão é realizado em três épocas, a primeira é conhecida como safra das águas e ocorre na região Centro-Sul de agosto a dezembro e no Nordeste de outubro a fevereiro. A segunda safra é chamada de safra da seca, ocorrendo de dezembro a março em todo o País. A terceira safra é denominada por safra irrigada, sendo concentrada na região Centro-Sul,

durante os meses de abril a junho (MAPA, 2015). O feijoeiro comum é uma planta exigente em nutrientes, suscetível ao ataque de pragas e doenças e sensível às variações climáticas tais como: umidade do solo, temperatura do ar e a ventos fortes (PORTES, 1996). No entanto, algumas cultivares podem apresentar maior tolerância a altas temperaturas durante o período reprodutivo (HOFFMANN JUNIOR et al., 2007).

Se comparada a outras culturas, as plantas de feijão apresentam ciclo de desenvolvimento curto e baixa capacidade de acumular biomassa. Estas características inferem diretamente na habilidade competitiva, tornando as plantas mais propensas à competição, principalmente durante o estágio inicial de desenvolvimento. Portanto, essa cultura apresenta elevado potencial de perda de rendimento em função da interferência por outras plantas (MACHADO, 2012).

Inicialismo, também denominado de “shade avoidance syndrome” é um termo utilizado para descrever as alterações morfológicas de plantas em função da presença de plantas vizinhas (SORIN et al., 2009; MARTÍNEZ-GARCIA et al., 2014). A detecção de plantas vizinhas ocorre principalmente em função da alteração da qualidade da luz, a consequência primária do fenômeno é o maior desenvolvimento da parte aérea se comparado ao sistema radicular. Em longo prazo a planta será pouco competitiva por recursos do solo, podendo ter seu desenvolvimento comprometido. O processo envolvido no maior desenvolvimento da parte aérea está relacionado ao aumento na síntese de giberelinas pelas plantas. Contudo, trabalhos preliminares indicam que o uso de produtos inibidores de giberelina tais como o cloreto de mepiquat e trinexapac etílico podem minimizar estes efeitos (CIESLIK et al., 2010; VIDAL et al., 2012).

O termo inicialismo foi proposto porque especula-se que esta é a primeira forma de interação entre plantas. Ou seja, é a capacidade da planta detectar a presença de plantas vizinhas ainda no início do seu desenvolvimento, desencadeando precocemente as modificações morfológicas descritas que facilitam a competição por luz (VIDAL et al., 2012).

Os herbicidas inibidores da ALS são largamente utilizados em áreas agrícolas, devido à sua alta eficiência, baixas doses, baixa toxicidade aos mamíferos e seletividade a várias culturas. Estes herbicidas compõem uma das

mais numerosas classes de herbicidas, somando mais de 20 ingredientes ativos registrados no Brasil (VIDAL et al., 2014), pertencentes aos grupos químicos das imidazolinonas, sulfoniluréias, pirimidiloxitiobenzoato e triazolopyrimidinas sulfonanilidas (SOUSA et al., 2014) e, adicionalmente, um quinto grupo denominado por sulfonilamina carbonil o qual ainda não possui registro no Brasil (OLIVEIRA Jr., 2011). Embora diferentes quimicamente, as moléculas possuem o mesmo mecanismo de ação, que é a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS). Esta enzima catalisa a condensação de dois piruvatos para formar o acetolactato, e de um piruvato com cetobutirato para produzir aceto hidroxibutirato na rota de síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina (YU; POWLES, 2014). Os herbicidas inibidores da ALS foram comercializados a partir de 1982 para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas (VARGAS; BORÉM; SILVA, 2001). A inibição do crescimento das plantas é detectada uma a duas horas após a aplicação dos herbicidas, no entanto os sintomas visíveis podem levar dias para aparecer, o meristema apical torna-se clorótico e posteriormente necrótico. As folhas começam a murchar e as nervuras desenvolvem pigmentos antociânicos (VIDAL; MEROTTO Jr., 2001).

O uso de herbicidas inibidores da ALS é uma prática muito comum para o controle de plantas infestantes na cultura do feijoeiro. Porém, o uso destes herbicidas se restringe ao grupo químico das imidazolinonas. Não há registro do uso de sulfonilureias para o controle de infestantes na cultura do feijão (MAPA, 2015). Ethoxysulfuron é um herbicida pertencente ao grupo químico das sulfonilureias registrado para o controle de plantas daninhas nas culturas do arroz e da cana de açúcar (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Mesmo que pertencentes a uma mesma espécie, plantas possuem tolerância diferencial a um mesmo herbicida (CAVALIERI et al, 2008; DIESEL et al., 2014). A tolerância de plantas a herbicidas é proporcionada por três mecanismos principais, os quais envolvem a redução na absorção ou translocação do herbicida, alteração do local alvo e a degradação da molécula pela planta.

Para que o herbicida desempenhe seu efeito fitotóxico é necessário que ele atinja o local de ação, assim, a absorção e translocação reduzidas exercem forte influência na atividade do composto. O principal fator

envolvido na menor absorção do herbicida pelas plantas é o espessamento da camada epicuticular. Contudo, não se tem conhecimento dos fatores envolvidos na redução da translocação de herbicidas pelas plantas, especula-se que transportadores de membrana possam bombear os compostos para o vacúolo (POWLES; YU, 2010).

A tolerância em função do local de ação do herbicida é relacionada a mutações da enzima, as quais podem impedir a sua ligação com o herbicida. A super expressão da enzima alvo também é uma forma de local alterado onde o herbicida perde a eficácia (POWLES; YU, 2010).

A degradação da molécula do herbicida é considerada o principal mecanismo envolvido na tolerância de plantas a herbicidas inibidores da ALS do grupo químico das sulfonilureias. Contudo este mecanismo também é responsável pela tolerância de plantas aos herbicidas pertencentes a outros mecanismos de ação, tais como inibidores do fotossistema II (FS2), acetil CoA carboxilase (ACCase), auxinas sintéticas e inibidores da formação de microtúbulos (POWLES; YU, 2010). O processo de degradação da molécula do herbicida pelas plantas envolve basicamente quatro fases (YUAN; TRANEL; STEWART, 2007). Na primeira fase ocorre a oxidação através de enzimas pertencentes ao grupo das P450 monooxygenases (P450) ou por oxidases de função mista. Na segunda fase ocorre a conjugação com uma molécula hidrofílica. Na fase três o produto da fase dois é transportado para o vacúolo, os transportadores ABC são os principais envolvidos neste processo. Por fim, na fase quatro ocorre a degradação final da molécula.

1.1 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Além da (1) introdução geral e (7) considerações finais, essa dissertação contém outros cinco capítulos, os quais foram desenvolvidos com base em experimentos conduzidos em campo, casa de vegetação e laboratório. Estes capítulos são denominados: (2) Avaliação da habilidade competitiva de plantas de feijão com os inibidores de giberelina trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat; (3) caracterização da seletividade do herbicida ethoxysulfuron em cultivares de feijão comum; (4) impacto de doses crescentes

de ethoxysulfuron sobre as cultivares de feijão IPR Andorinha e IPR Tangará e em seus componentes e rendimento de grãos; (5) eficiência do ethoxysulfuron no controle de plantas infestantes na cultura do feijão comum cultivar IAC imperador; (6) mecanismo de tolerância de plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron. Os Capítulos 2, 4 e 5 foram desenvolvidos a campo entre os meses de janeiro a abril de 2014 e 2015 nos municípios de Mariópolis, Renascença e Pato Branco. O Capítulo 3 foi desenvolvido totalmente em casa de vegetação durante o ano de 2014, enquanto que o Capítulo 6 foi desenvolvido em casa de vegetação e em laboratório durante o ano de 2015.

Cada capítulo contém uma breve introdução específica do assunto, material e métodos, resultados, discussão e conclusões. Quando os assuntos abordados foram repetidos dos capítulos anteriores, eles foram apenas mencionados nos capítulos subsequentes.

1.2 HIPÓTESES TESTADAS NESSA DISSERTAÇÃO

De acordo com o conhecimento do tema e da análise de literatura foram propostas diferentes hipóteses, as quais serviram como base para a discussão dos resultados obtidos na realização de cada experimento. As hipóteses são listadas a seguir conforme o capítulo em que aparecem (número entre parênteses) nessa dissertação. (2) O uso de fitorreguladores ameniza os efeitos do inicialismo, reduzindo a relação parte aérea/raiz (PA:R) das plantas de feijão em condição de competição com infestantes. Plantas de feijão apresentam resposta diferenciada aos fitorreguladores cloreto de mepiquat e trinexapac-ethyl. Os danos proporcionados por infestantes sobre os componentes e rendimento de grãos de plantas de feijão é dependente do período de convivência. (3) Cultivares de feijão que apresentem maior acúmulo de massa seca podem ser mais tolerantes ao herbicida ethoxysulfuron. Cultivares de feijão apresentam níveis de tolerância distintos ao herbicida ethoxysulfuron. (4) Variáveis morfológicas, componentes do rendimento e o rendimento de grãos do feijoeiro são afetados negativamente por doses crescentes de ethoxysulfuron. Cultivares de feijão comportam-se distintamente

a campo em função das doses de ethoxysulfuron. (5) Plantas de feijão, cultivar IAC Imperador são tolerantes ao ethoxysulfuron. Ethoxysulfuron pode ser utilizado para o controle de plantas infestantes na cultura de feijão. O herbicida ethoxysulfuron quando aplicado na cultura de feijão reduz o efeito competitivo das infestantes. A perda de rendimento de grãos da cultura do feijão é dependente da densidade de infestantes e segue o modelo da hipérbole retangular. (6) A enzima ALS das plantas de feijão é sensível ao ethoxysulfuron. A tolerância das plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron é ocasionada pela degradação da molécula pelas plantas.

2 AVALIAÇÃO DA HABILIDADE COMPETITIVA DE PLANTAS DE FEIJÃO COM OS INIBIDORES DE GIBERELINA TRINEXAPAC-ETHYL E CLORETO DE MEPIQUAT

Resumo: A teoria denominada inicialismo propõe que no início do desenvolvimento, as plantas são capazes de detectar a presença de plantas vizinhas e desencadear uma série de processos bioquímicos que proporcionam maior desenvolvimento da parte aérea em comparação ao sistema radicular (PA:R), o que torna o vegetal mais competitivo por luz. O objetivo deste capítulo é avaliar se o uso de inibidores da síntese de giberelina incrementam a habilidade competitiva de plantas de feijão, tornando-as insensíveis aos efeitos do inicialismo, ampliando o período anterior a interferência. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições em esquema bifatorial 3 x 6. O primeiro fator foi constituído pelos inibidores de giberelina cloreto de mepiquat (50 g ha⁻¹), trinexapac etílico (125 g ha⁻¹) e controle sem aplicação. O segundo fator foi constituído por épocas de convivência com plantas daninhas (0, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após a emergência da cultura). A aplicação dos fitorreguladores ocorreu aos sete dias após emergência da cultura. Os resultados demonstram que os fitorreguladores não foram capazes de reduzir a relação PA:R das plantas de feijão. Em comparação ao tratamento sem fitorreguladores, as plantas tratadas com trinexapac-ethyl apresentaram maior número de grãos por vagem e rendimento de grãos, enquanto que o tratamento com cloreto de mepiquat reduziu os valores médios dos componentes, assim como o rendimento final de grãos. A redução no número de vagens por planta, massa de mil sementes e incremento na perda de rendimento de grãos foi proporcional a elevação dos períodos de convivência. Os fitorreguladores trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat não alteraram o período anterior à interferência da cultura. O fitorregulador trinexapac-ethyl incrementou o rendimento de grãos em 20%, quando comparado à testemunha sem aplicação.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Inicialismo. Período anterior a interferência. Componentes de rendimento.

AVALUATION OF THE COMPETITIVE ABILITY OF COMMON BEAN PLANTS WHEN TREATED WITH GIBBERELLIN INHIBITORS TRINEXAPAC-ETHYL AND MEPIQUAT CLORIDE

Abstract: The theory called initialism proposed that early in the growth of plants they are capable of detecting the presence of neighbor plants, with several biochemical processes that increase the shoot growth and reduce the root growth (increase S:R ratio) to allow the plant to become more competitive by light. The objective of this chapter is to test the hypothesis that gibberellin inhibitors increase the competitive ability of bean plants, making them insensitive to the initialism, extending the period prior to weed-crop interference.

The experimental design was a randomized block design with four repetitions with treatments organized as a 3 x 6 factorial scheme. The first factor was the gibberellin inhibitors mepiquat chloride (50 g ha⁻¹), ethyl trinexapac (125 g ha⁻¹) and untreated control. The second factor was the weed-crop coexistence period (0, 10, 15, 20, 25 and 30 days after application of the plant regulators). The application of growth regulators took place seven days after crop emergence. The results demonstrate that gibberellin inhibitors were not able to increase the S:R ratio of the bean plants. In comparison to the treatment without growth regulators, the plants treated with trinexapac-ethyl presented a higher number of grains per pod and increased grain yield. Mepiquat chloride reduced the average values of the components as well as the final yield. The mepiquat chloride reduced the number of pods per plant, mass of thousand seeds proportionally to the increment of the coexistence periods. The trinexapac-ethyl and mepiquat chloride were not effective in increasing the competitive ability of bean plants, not changing the period before interference of culture. The trinexapac-ethyl increased 20% the grain yield when compared to the untreated control.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Initialism. Period prior to interference. Yield components.

2.1 INTRODUÇÃO

Conforme definido sobre os períodos de convivência da cultura com as plantas daninhas, o PAI (período anterior a interferência) corresponde ao intervalo de tempo em que a cultura pode conviver com as infestantes antes que o impacto causado sobre o rendimento de grãos seja acima de valor considerado aceitável pelo agricultor (PITELLI, 1987). Este pode atuar também como indicador para o início do manejo de infestantes em meio à cultura. Práticas que promovam o aumento da habilidade competitiva da cultura tendem a estender o PAI, reduzindo o impacto das plantas daninhas sobre as plantas cultivadas.

Durante o processo evolutivo as plantas desenvolveram e aprimoraram diversos mecanismos indicadores da presença de plantas vizinhas, tal como a detecção da proximidade pelo sistema radicular (GUNDEL et al., 2014). O sensor mais comum é o que envolve a alteração da qualidade de luz, a qual é detectada por pigmentos receptores, tais como os fitocromos.

Plantas vizinhas alteram a qualidade de luz, quanto mais intenso o sombreamento menor é a relação V:Ve, indicando as plantas que haverá competição. Deste modo, uma série de processos bioquímicos são desencadeados proporcionando alterações na arquitetura da planta, auxiliando no escape do sombreamento (shade avoidance). Dentre as alterações observadas destacam-se o aumento da área foliar e alongamento do caule, os quais proporcionarão maior dominância apical, disposição foliar vertical e redução do número de ramos e perfilhos (FRANKLIN, 2008; CASAL, 2012; GONG et al., 2015). Como consequência direta, ocorre a alteração na distribuição de fotoassimilados pela planta, proporcionando maior desenvolvimento da parte aérea em detrimento ao sistema radicular. Este efeito traz implicações diretas no desenvolvimento da cultura, fazendo com que as plantas sejam menos competitivas por recursos do solo no futuro, podendo reduzir o seu potencial produtivo (PAGE et al., 2011; GREEN-TRACEWICZ; PAGE; SWANTON, 2011). Esta interação torna-se mais severa quando ocorre no início do desenvolvimento das plantas, o denominado inicialismo (VIDAL et al., 2012).

Os fitocromos são os principais pigmentos receptores responsáveis pela captação de sinais luminosos pelas plantas. Através dos fitocromos elas conseguem detectar as alterações na relação V/VE e ajustar sua morfologia de acordo com a presença de plantas próximas (KHARSHIING; SINHA, 2015). Os pigmentos das plantas absorvem comprimentos que vão de 300 a 700 nm (luz violeta para vermelha). A radiação não absorvida vai de 710 a 730 nm (vermelho extremo), ela é refletida e altera a relação V/VE (MEROTTO Jr; FISCHER; VIDAL, 2009). O mecanismo envolvido no estiolamento das plantas envolve basicamente 3 conjuntos de proteínas: Os fitocromos, que apresentam duas formas, o fitocromo vermelho (Fv) e o fitocromo vermelho extremo (FVe), os quais absorvem seus respectivos comprimentos de onda (GURURANI; GANESAN; SONG, 2015). As proteínas DELLA, que são proteínas supressoras do crescimento, ligadas ao metabolismo de regulação de giberelina (HENRIQUES, 2009). E um terceiro grupo de família de fatores de transcrição, denominados como “Fatores de interação com o fitocromo” (FIF) (SHIN et al., 2009). Em síntese, o processo tem início quando a planta está sob baixa relação V:Ve (sombreamento), por

consequência menores quantidades de FVe migrará para o núcleo celular, aumentando a quantidade de FIF, reduzindo a produção de proteínas DELLA, por fim, induzindo a expressão de genes ligados a alongação (VIDAL; MEROTTO Jr, 2010). Ou seja, a supressão das proteínas DELLA proporciona o aumento da produção de giberelina. Trabalhos preliminares indicam que o uso de inibidores de giberelina podem minimizar os efeitos de inicialismo (CIESLIK et al., 2010).

Produtos inibidores da síntese de giberelina são utilizados na agricultura principalmente em lavouras de trigo, com o objetivo de reduzir a estatura da planta e por consequência o seu acamamento. Estes compostos alteram a formação celular, diminuindo o comprimento do internódio abaixo do meristema apical alterando a estatura da planta. Além disso eles também promovem melhor partição de fotoassimilados, direcionando-os ao sistema reprodutivo da cultura, tornando-a mais produtiva. As giberelinas são produzidas a partir da rota do geranyl geranyl-PP e estão envolvidas em alguns processos nas plantas, tais como germinação, crescimento e frutificação. Pode ocorrer o aumento da produção de giberelina na condição de menor relação V/Ve, portanto hipotetiza-se que a aplicação destes produtos logo no início do desenvolvimento da cultura, poderiam amenizar os efeitos do inicialismo aumentando a capacidade competitiva da cultura. Em estudos já realizados, o feijoeiro tem-se apresentado mais responsivo aos efeitos causados pelo inicialismo (VIDAL, et al. 2012). Destarte, essa cultura que pode apresentar melhores resultados e comprovar os efeitos deste fenômeno a campo.

Os componentes de rendimento são importantes caracteres agronômicos e que servem como indicadores do rendimento de grãos. Os componentes podem ser afetados por diversos fatores, tais como, características do genótipo, condições ambientais e formas de manejo. Os componentes do rendimento podem sofrer efeitos compensatórios, por exemplo, o aumento da densidade de plantas pode diminuir o número de vagens por planta, sem, no entanto, afetar o rendimento de grãos.

O objetivo deste capítulo é avaliar se o uso de fitorreguladores incrementa a habilidade competitiva de plantas de feijão, tornando-as insensíveis aos efeitos gerado pelo inicialismo, estendendo o denominado período anterior a interferência.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo no município de Mariópolis, PR (localizado a 26°19' S e 52°39' W com altitude aproximada de 820 m) entre os meses de fevereiro a maio de 2014. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999), cujas características são apresentadas na Tabela 2.1. O clima é classificado como Cfa (temperado subtropical úmido), conforme a classificação de Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). As precipitações pluviométricas (Figura 2.1) durante a condução do experimento foram regulares e bem distribuídas no início do ciclo da cultura e mais espaçadas após o segundo terço do mesmo. As temperaturas mínimas (Figura 2.1) situaram-se, na média, acima de 15 °C no primeiro terço do ciclo de vida da cultura e abaixo deste valor no restante do ciclo. As temperaturas máximas (Figura 2.1) flutuaram ao redor da média de 25 °C.

Tabela 2.1 - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférico. UTFPR – Mariópolis, 2014.

Distribuição granulométrica		Atributos químicos	
Componente	%	Componente	Valor
Argila	58,00	MO ^{1/}	45,67
Areia	2,50	P ₂ O ₅ ^{2/}	8,86
Silte	39,50	K ₂ O ^{3/}	0,31
		CTC ^{4/}	17,78
		pH ^{5/}	4,70
		H+Al ^{6/}	9,01

^{1/} Matéria orgânica (g dm⁻³);

^{2/} Fósforo (mg dm⁻³);

^{3/} Potássio (cmol_c dm⁻³);

^{4/} Capacidade de troca de cátions;

^{5/} pH do solo;

^{6/} Acidez trocável (cmol_c dm⁻³).

o desenvolvimento das plantas foram realizadas aplicações preventivas e curativas dos fungicidas, carbendazim (250 g i a ha⁻¹) pyraclostrobin (100 g i a ha⁻¹) e hidróxido de fentina (400 g i a ha⁻¹) para o controle de doenças, já para o controle de pragas foi realizada a aplicação dos inseticidas deltametrine (4 g i a ha⁻¹) e acefate (750 g i a ha⁻¹). Ao final do ciclo da cultura, visto que as plantas de todos os tratamentos apresentavam maturação semelhante optou-se pela dessecação com diuron (400 g i a ha⁻¹), a fim de facilitar a colheita.

Os fitorreguladores foram aspergidos aos sete dias após emergência da cultura, utilizando um pulverizador costal pressurizado com CO₂ calibrado com vazão de 200 L ha⁻¹, com velocidade de aplicação de 3,6 km h⁻¹. A barra de aplicação era composta por três bicos espaçadas de 0,5 m entre si e as ponteiros de aplicação empregadas eram do tipo leque XR 110.02. As condições ambientais médias durante a aplicação foram: umidade relativa do ar 60% e temperatura 28,6°C.

Aos 5 e 10 DAA, em 10 parcelas tratadas e não tratadas com os inibidores de giberelina, foi avaliado aleatoriamente a altura máxima de 10 plantas, medidas a partir do solo. Estas foram coletadas inteiras (parte aérea e sistema radicular) com o auxílio de um sachô. A parte aérea e as raízes foram separadas, lavadas e colocadas em câmara de secagem a 60°C, aonde permaneceram até atingir massa constante para determinação da massa da parte aérea seca (MPAS) e massa de raiz seca (MRS). A emergência de plantas daninhas em cada parcela ocorreu de forma natural, através do banco de sementes presente no solo, formando uma comunidade mista de infestantes. As épocas de convivência com plantas daninhas foram determinadas com capina manual em cada época. Durante estes períodos foi realizada a contagem de plantas daninhas em 1 m² de cada parcela. Os componentes do rendimento vagens por planta (VP), grãos por vagem (GV) e massa de mil grãos (MMG) foram determinados após a coleta aleatória de 10 plantas em cada parcela, a densidade de vagens foi determinada pelo número de vagens por planta em função da densidade de plantas de feijão por m². O rendimento de grãos foi determinado pela colheita das duas linhas centrais de cada parcela, eliminando as bordaduras. Os dados de rendimento de grãos foram convertidos em kg ha⁻¹ e, em função dos períodos de interferência foi determinada a perda percentual de rendimento de grãos em relação à

testemunha.

2.2.1. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) com o auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013). A comparação de níveis de fatores qualitativos foi efetuada através do teste de DMS (t) a 5% de probabilidade de erro experimental. As relações entre as variáveis dependentes e as densidades de plantas daninhas foram ajustadas através dos modelos de regressão não linear exponencial ascendente ao máximo (2.1) e hipérbole decrescente (2.2), os dados de perda de rendimento foram ajustados de acordo com o modelo da sigmoide de três parâmetros (2.3).

$$y = a * (1 - \exp(-b * x)) \quad (\text{Equação 2.1})$$

$$y = (a * b)/(b + x) \quad (\text{Equação 2.2})$$

Onde: **y** representa a resposta da variável dependente, **x** é a dose do herbicida, **a** é a assíntota máxima da curva, **b** é a declividade da curva

$$y = a / (1 + \exp(- (x - x_0) / b)) \quad (\text{Equação 2.3})$$

Onde: **y**, **a**, **b** e **x** são conforme já descritos anteriormente e **X₀** representa o período em dias para que ocorra a redução de 50% do rendimento com base na assíntota máxima da equação.

Adicionalmente foi calculado o erro padrão da média a fim de indicar a variabilidade entre as médias amostrais (Equação 2.4).

$$EPM = \sigma / \sqrt{n} \quad (\text{Equação 2.4})$$

Onde: **EPM** é o erro padrão da média, **σ** é o desvio padrão e **n** é o número de amostras.

2.3 RESULTADOS

O efeito dos fitorreguladores é dependente do período de avaliação, ou seja, em algumas variáveis foram observadas diferenças entre os tratamentos aos 5 DAA, no entanto estas diferenças não foram observadas aos 10 DAA (MPAS e PA:R) (Tabela 2.2).

Em relação ao tratamento sem fitorregulador, a estatura das plantas de feijão foi reduzida em 20 e 15% quando tratadas com trinexapac-ethyl aos 5 e 10 DAA, respectivamente (Tabela 2.2), enquanto que o cloreto de mepiquat reduziu 10% da estatura das plantas aos 5 DAA, mas não foram constatadas diferenças aos 10 DAA.

Ambos os fitorreguladores proporcionaram efeitos semelhantes sobre a variável MRS aos 5 e 10 DAA (Tabela 2.2). Aos 5 DAA, ambos os produtos reduziram a MRS em aproximadamente 30%, em relação ao tratamento sem aplicação. Convém destacar que nesta época de avaliação, esta foi a variável que apresentou maior potencial de redução quando houve aplicação dos fitorreguladores. Aos 10 DAA, a redução proporcionada por ambos os fitorreguladores foi de aproximadamente 10%.

A MPAS das plantas de feijão foi reduzida em aproximadamente 15% com a aplicação de ambos os fitorreguladores aos 5 DAA (Tabela 2.2). Aos 10 DAA não foi constatada diferença desta variável em ambos os tratamentos.

Somente foram evidenciadas diferenças entre os tratamentos para a relação PA:R determinada aos 5 DAA (Tabela 2.2). A maior relação PA:R foi observada com a aplicação dos fitorreguladores, os quais foram de 6,6 e 6,8 para o trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat, respectivamente, enquanto que a testemunha sem aplicação foi de 5,7.

Tabela 2.2 - Estatura média de plantas em cm, massa média das raízes secas (MRS), massa média da parte aérea seca (MPAS) e relação entre parte aérea e raízes (PA:R) do feijoeiro em resposta a aplicação ou não dos fitorreguladores trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat quando avaliado aos 5 e 10 dias após a aplicação (DAA) em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Fitorreguladores	Estatura (cm)		MRS (mg)		MPAS (mg)		PA:R	
	5 DAA*	10 DAA*	5 DAA*	10 DAA*	5 DAA*	10 DAA ^{ns}	5 DAA*	10 DAA ^{ns}
Não tratado	17,18 a** (0,50) ¹	25,79 a (0,34)	990,0 a (41,7)	1590,5 a (57,0)	5562 a (242,2)	7947,1 a (264,9)	5,7 b (0,38)	5 a (0,23)
Trinexapac-ethyl	13,86 c (0,18)	21,96 b (0,30)	694,1 b (27,1)	1410,3 b (61,4)	4519 b (205,5)	7548,6 a (159,1)	6,6 ab (0,37)	5,3 a (0,17)
Cloreto de mepiquat	15,48 b (0,25)	24,84 a (0,34)	700,0 b (32,5)	1423,4 ab (47,5)	4766 b (157,7)	7728,2 a (318,2)	6,8 a (0,35)	5,4 a (0,22)
DMS	1,04	1,01	105,00	170,12	626,32	783,28	1,12	632,20

* Significativo para o efeito de tratamento,

^{ns} não significativo para o efeito de tratamento.

**Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não se diferem pelo teste DMS-(t) ($p \leq 0,05$).

¹Valores entre parênteses indicam o erro padrão da média.

A regressão entre a densidade de plantas infestantes e o período de convivência entre plantas daninhas e de feijão foi ajustada com a equação exponencial crescente ($p \leq 0,05$). A máxima densidade de infestantes presentes na área foi observada aos 10 dias após a emergência da cultura (DAEC) (Figura 2.2), sendo de aproximadamente 33 pl m⁻² (Tabela 2.3). Após esse período, a densidade foi constante durante os períodos de convivência.

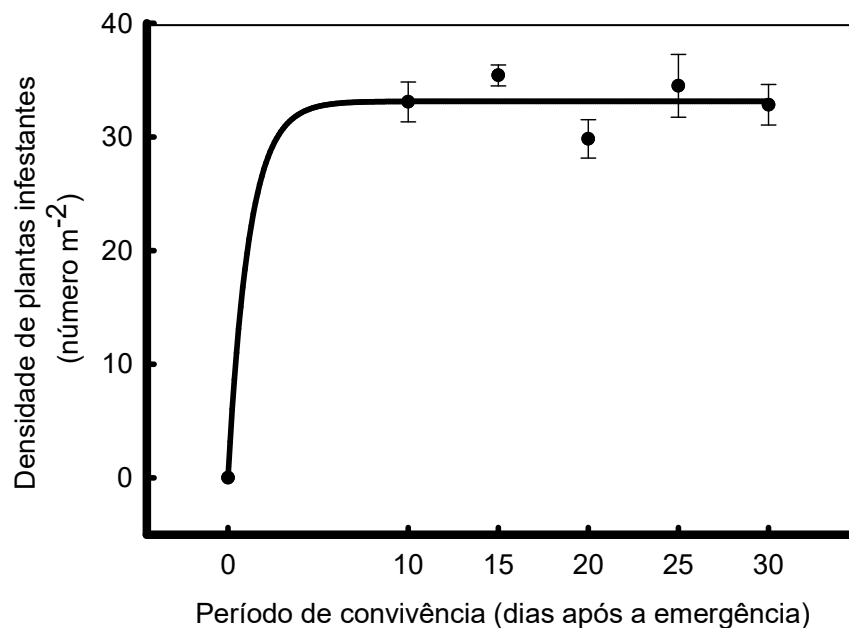


Figura 2.2 - Densidade de plantas infestantes durante os períodos de convivência com as plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 2.3. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 2.3 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para a variável densidade de plantas infestantes (pl m⁻²) (DPI) em convivência com plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Variável	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	p
	a	b			
DPI	33,13 (1,07) ^{2/} **	0,86 (39,28) ^{ns}	0,97	4,51	0,0001

^{1/} Exponencial de aumento máximo;

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

** significativo a 1% de probabilidade.

^{ns}= Não significativo

O valor médio da densidade de plantas infestantes durante os períodos de convivência foi superior nos tratamentos com uso trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat (Tabela 2.4), com aproximadamente 30 pl m⁻². Contudo, no

tratamento sem fitorreguladores a densidade de infestantes foi de aproximadamente 23 pl m⁻².

Tabela 2.4 - Densidade de plantas infestantes (pl m⁻²) (DPI) com ou sem os fitorreguladores trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat, durante os períodos de convivência da cultura do feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Fitorreguladores	DPI
Não tratado	22,79 b*
Trinexapac-ethyl	29,16 a
Cloreto de mepiquat	30,87 a
DMS	6,04

*Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não se diferem pelo teste DMS-t ($p \leq 0,05$).

Em comparação ao tratamento sem aplicação de fitorreguladores, o cloreto de mepiquat reduziu em 10, 10 e 5% os valores médios dos componentes de rendimento VP, DV e MMG respectivamente (Tabela 2.5). Contudo, trinexapac-ethyl incrementou em 10% o NGV e 20% o rendimento de grãos, quando comparado ao tratamento sem aplicação de fitorreguladores.

Tabela 2.5 - Efeito de fitorreguladores sobre as variáveis, vagens por planta (número por pl) (VP), densidade de vagens (número m⁻²), grãos por vagem (número por vagem) (GV), massa de mil semente (g por mil sementes) (MMG), rendimento de grãos (kg ha⁻¹) (Rend) em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Fitorreguladores	VP	DV	GV	MMG	Rend
Não tratado	9,93 a*	191,65 a	4,13 b	210,10 a	1505,01 b
Trinexapac-ethyl	10,16 a	196,11 a	4,5 a	212,21 a	1863,61 a
Cloreto de mepiquat	8,92 b	172,12 b	3,95 b	201,49 b	1358,07 b
DMS	0,78	15,01	0,36	4,34	154,31

*Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna, não se diferem pelo teste de DMS-t ($p \leq 0,05$).

A regressão entre as variáveis VP, DV e MMG e o período de matoconvivência foi ajustado com a equação hipérbole decrescente ($p \leq 0,05$) (Figura 2.3a, 2.3b e 2.3c). Estas variáveis foram negativamente afetadas com a ampliação dos dias de convivência das plantas de feijão com as plantas infestantes. A redução observada em cada variável foi de aproximadamente 23 (DV e VP) e 5% (MMG), quando o período de convivência com as infestantes foi de 30 dias.

A regressão entre a perda de rendimento e o período de mato-convivência foi ajustado pela equação sigmoide de três parâmetros ($p \leq 0,05$) (Figura 2.3d). Quando a cultura conviveu por 30 dias com as infestantes, a perda de rendimento foi de aproximadamente 32%. Contudo, apenas 10 dias de convivência são suficientes para reduzir 27% do rendimento de grãos. Isto sugere que períodos de convivência não muito elevados já são suficientes para causarem perdas elevadas no rendimento de grãos de plantas de feijão.

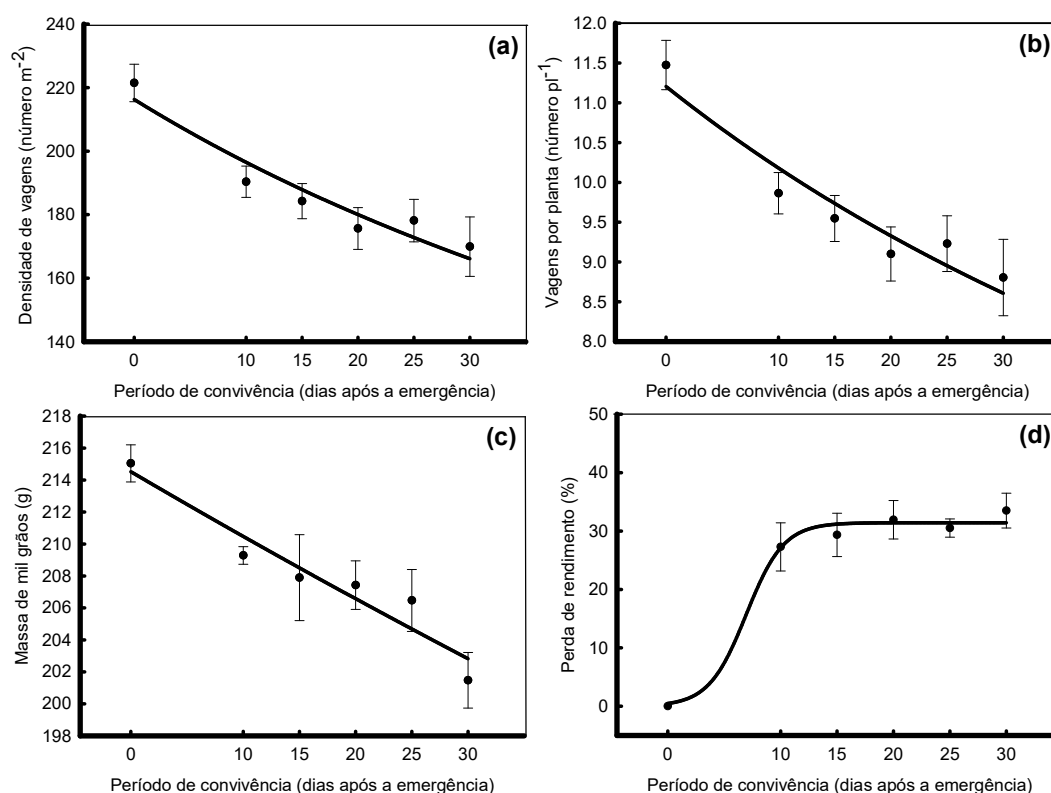


Figura 2.3 - Efeito de períodos de convivência com plantas infestantes sobre as variáveis densidade de vagens (número m⁻²) (a), vagens por planta (número pt⁻¹) (b), massa de mil grãos (g) (c), e perda de rendimento em % (d) em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 2.6. UTFPR – Pato Branco, 2014.

O **X₀** representa o período necessário em dias para que seja reduzido 50% do rendimento de grãos das plantas de feijão. Segundo o valor estimado pela equação este período foi de aproximadamente sete dias (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade para as variáveis densidade de vagens (número m^{-2}) (DV), vagens por planta (número pl^{-1}) (VP), massa de mil grãos (g) (MMG) e perda de rendimento (%) (PR) em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Variável	Parâmetros			R^2	QME	P
	a	b	X0			
DV ^{1/}	216,27 (5,16) ^{3/**}	99,35 (16,17)**		0,90	35,03	0,003
VP ^{1/}	11,20 (0,27)**	99,35 (16,17)**		0,90	0,09	0,003
MMG ^{1/}	214,52 (1,14)**	520,14 (78,95)**		0,90	1,95	0,002
PR ^{2/}	31,43 (0,90)**	1,65 (1,02) ^{ns}	6,95 (1,93)*	0,98	3,03	0,001

^{1/} Hipérbole decrescente;

^{2/} Sigmoide de três parâmetros;

^{3/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade.

^{ns}= Não significativo.

2.4 DISCUSSÃO

O modelo utilizado na discussão deste e dos demais capítulos é baseado no modelo proposto por Vidal (2010), o qual é composto por: síntese de evidências observadas e sua comparação com a hipótese proposta, seguida pela comparação dos dados com os da literatura científica. Posteriormente, verificam-se as condições nas quais a hipótese não se aplica (antítese) e, pôr fim, elabora-se a síntese científica com base em todas as informações encontradas experimentalmente e na literatura.

A hipótese de que os fitorreguladores amenizam os efeitos do inicialismo, reduzindo a relação PA:R das plantas de feijão em condição de competição com infestantes não foi comprovada no presente experimento. De fato, os dados indicam que os fitorreguladores trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat incrementaram a relação PA:R das plantas de feijão em aproximadamente 15% (Tabela 2.2). Proporcionalmente, a redução da MRS (30%) foi superior a da MPAS (15%) com a aplicação dos fitorreguladores aos 5 DAA. Contudo, quando as avaliações foram realizadas aos 10 DAA os resultados geralmente indicam que o efeito proporcionado pelos fitorreguladores sobre as plantas de feijão tende a se assemelhar com o das plantas não tratadas com estes produtos.

Na literatura foi observado que alterações da relação PA:R em função da aplicação de fitorreguladores pode ser dependente do ambiente de desenvolvimento da cultura. Por exemplo, a aplicação de cloreto de mepiquat em plantas de feijão cultivadas em Eldorado do Sul - RS, não foi observado alteração desta proporção, contudo quando houve aplicação de trinexapac-ethyl em plantas de feijão cultivadas em Curitiba – PR, foi constatado redução de aproximadamente 40% da relação PA:R (VIDAL et al., 2012).

As diferenças observadas entre os ambientes podem ser dependentes de diversos fatores, os quais incluem condições climáticas nos períodos iniciais de desenvolvimento da cultura e das cultivares utilizados. Densidade de plantas (cultivadas e infestantes) e até mesmo o posicionamento do adubo distribuído pela semeadora podem inferir no desenvolvimento do sistema radicular das plantas cultivadas (BEVILAQUA et al., 1996). Além dos processos envolvidos no crescimento da parte aérea, as giberelinas estão envolvidas em processos de estimulação e crescimento do sistema radicular. Conforme observado, além dos efeitos negativos sobre a estatura e MPAS, houve redução da MRS das plantas de feijão (Tabela 2.2).

O menor efeito dos fitorreguladores quando avaliado aos 10 DAA pode ocorrer em função da perda de atividade destes produtos (Tabela 2.2). Conforme demonstrado em plantas de algodão, a meia vida do cloreto de mepiquat situa-se entre 2,5 e 3,8 dias (LI et al., 2012), em plantas de trigo a meia vida do trinexapac-ethyl situa-se entre 0,93 e 2,36 dias (ZHANG et al., 2014).

De um modo geral o EPM nos tratamentos com uso de fitorreguladores foi inferior ao EPM gerado pelo tratamento sem fitorregulador (Tabela 2.2), sugerindo que o uso destes produtos tende a homogeneizar o tamanho das plantas (em estatura e massa).

Outra hipótese deste trabalho é de que as plantas de feijão apresentam resposta diferenciada aos fitorreguladores cloreto de mepiquat e trinexapac-ethyl. Esta hipótese foi confirmada, sendo constatado que o fitorregulador trinexapac-ethyl proporciona maior redução na estatura de plantas de feijão aos 5 e 10 DAA, quando comparado ao cloreto de mepiquat (Tabela 2.2). Além de que o trinexapac-ethyl incrementou o rendimento de grãos das plantas de feijão em 20% (Tabela 2.5).

Na literatura, foi observado que o trinexapac-ethyl reduz a estatura de plantas de trigo se comparado ao cloreto de chlormequat (ESPINDULA et al., 2009) (com mesmo mecanismo de ação do cloreto de mepiquat). Especula-se que as diferenças observadas entre os fitorreguladores podem ser atribuídas ao mecanismo envolvido no processo. Apesar de resultarem em um mesmo propósito final, o qual é a inibição da síntese de giberelinas, os processos bioquímicos inibidos por cada produto são diferentes. O cloreto de mepiquat atua inibindo a síntese de ent-caureno a partir do geranyl geranyl difosfato dioxigenase (GGPP), mas o trinexapac-ethyl inibe a atividade da dioxigenase através da ligação com o co-substrato 2-oxoglutarate (SRIVASTAVA, 2002).

O maior rendimento de grãos em função da ação do trinexapac-ethyl pode ser atribuído ao incremento do número de grãos por vagem neste tratamento (Tabela 2.5). Na literatura, foi constatado que a aplicação de trinexapac-ethyl (100 g ha⁻¹) em plantas de feijão, cultivar Pérola, não provocou injúrias nem afetou a massa de sementes, número de sementes por planta, número de vagens por planta e número de sementes por vagem (CORREIA; LEITE 2012). Em plantas de soja, trinexapac-ethyl não afetou os componentes de rendimento e nem o rendimento final da cultura (LINZMEYER JUNIOR et al., 2008).

Nas parcelas tratadas com os fitorreguladores foi constatada a maior presença de plantas infestantes (Tabela 2.4). De modo geral, os tratamentos com uso de fitorreguladores reduziram a estatura e a MPAS das plantas de feijão (Tabela 2.2). Sugere-se que o efeito negativo sobre estas variáveis possa ter reduzido a área de solo coberta pelas plantas de feijão, favorecendo a maior germinação de plantas infestantes fotoblásticas positivas na área, em comparação aos tratamentos controle (sem fitorreguladores). O efeito supressor exercido pela cobertura do solo sobre a densidade de plantas infestantes já tem sido amplamente estudado e confirmado por diversos pesquisadores (THEISEN, VIDAL, 1999; TREZZI, VIDAL, 2004; MESCHEDA, FERREIRA, RIBEIRO Jr., 2007; LAMEGO et al., 2015).

Outra hipótese deste capítulo é de que os danos proporcionados por infestantes sobre os componentes e rendimento de grãos de plantas de feijão é dependente do período de convivência. De fato, foi possível evidenciar que a redução na densidade de vagens e a massa de mil sementes, aliado ao

incremento na perda de rendimento foi proporcional a ampliação dos períodos de convivência (Figura 2.3).

Na literatura diversos trabalhos com diferentes culturas suportam a hipótese de que a perda de rendimento é proporcional a ampliação dos períodos de convivência entre plantas cultivadas e competidoras (SPADOTTO et al., 1994; KOZLOWSKI, 2002; NEPOMUCENO et al., 2007; AGOSTINETTO et al., 2008). Também foi observado que o número de vagens por plantas é o componente de rendimento mais afetado em plantas de feijão quando à presença de competidoras (MACHADO, 2012). No presente trabalho este foi o componente de rendimento mais afetado pelos períodos de convivência com infestantes (Figura 2.3). Os efeitos gerados pela competição com plantas envolvem a redução da disponibilidade de recursos no solo, juntamente com a quantidade e qualidade de luz interceptada pela cultura.

O uso de modelos sigmóides tem sido amplamente utilizado para descrever a relação entre a redução no rendimento do potencial produtivo da planta em função dos períodos de convivência com infestantes (COSTA et al., 2002; NEPOMUCENO et al., 2007; FREITAS et al. 2009; OLIVEIRA et al., 2010; CABRAL et al., 2013). Neste estudo, os resultados indicam que períodos de convivência curtos (10 DAEC) são suficientes para proporcionar perdas de grande proporção no rendimento de grãos das plantas de feijão. Estes resultados são superiores aos observados na literatura (KOZLOWSKI et al., 2002; BRESSANIN et al., 2013)

A perda de rendimento tende a ser superior no período inicial de convivência (0 a 10 DAEC) se comparado a períodos mais tardios (10 a 30 DAEC) (Figura 2.3d). Sugere-se que as plantas de feijão em estágio inicial de desenvolvimento são mais sensíveis a competição do que quando em estágios mais avançados. Isto ocorre devido ao fato de que plantas jovens possuem sistema radicular e área foliar pouco desenvolvidos, tornando as plantas mais sensíveis a competição. Este período (10 DAEC) também foi crucial para o estabelecimento das plantas infestantes na área (Figura 2.2) e após esta época foi observada estagnação no número destas plantas. Dentre os fatores contribuintes, o crescimento da cultura e das infestantes podem ter suprimido o desenvolvimento e estabelecimento de outras plantas na área.

A densidade de plantas infestantes durante os períodos de convivência foi de aproximadamente 33 pl m⁻² (Figura 2.2 e Tabela 2.3). Na literatura foi observado que a mesma densidade de plantas de *Euphorbia heterophylla* resultou em perda de rendimento de 30% (MACHADO et al., 2015). Vale ressaltar que no presente trabalho a comunidade de infestantes na área era mista, incluindo mono e dicotiledôneas.

Outro fator que contribui diretamente com o nível de dano das infestantes sobre a planta cultivada é o grau de similaridade taxonômica entre as plantas. A semelhança entre plantas está diretamente relacionada com a especificidade na busca por recursos, ou seja, plantas semelhantes tendem a competir pelo mesmo nicho no ambiente (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). Assim, plantas infestantes dicotiledôneas serão mais competitivas com culturas dicotiledôneas e plantas infestantes monocotiledôneas serão mais competitivas com culturas monocotiledôneas. Por exemplo, a perda de rendimento ocasionada por *Urochloa plantaginea* em feijão é de 80% quando a densidade das plantas é de 1400 pl m⁻² (KALSING; VIDAL, 2013). Mas, quando a espécie competidora é a *Euphorbia heterophylla*, a perda de rendimento é de aproximadamente 45% quando a densidade de plantas é de 100 pl m⁻² (MACHADO et al., 2015).

2.5 CONCLUSÕES

Os fitorreguladores trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat não foram eficientes em aumentar a habilidade competitiva das plantas de feijão, não alterando o período anterior a interferência da cultura. O fitorregulador trinexapac-ethyl proporcionou incremento de 20% no rendimento de grãos, quando comparado à testemunha sem aplicação.

3 CARACTERIZAÇÃO DA SELETIVIDADE DO HERBICIDA ETHOXYSULFURON EM CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM

Resumo: Devido a variabilidade genética, plantas de uma espécie podem apresentar comportamento diferenciado aos estresses externos. Os objetivos deste capítulo foram avaliar a tolerância de plantas de feijão comum ao herbicida ethoxysulfuron e, verificar se ocorre relação entre a massa da parte aérea seca da cultura com o nível de tolerância das plantas ao herbicida. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema bi-fatorial com quatro repetições. O primeiro fator consistiu de 20 cultivares de feijão (IPR Eldorado, IPR Siriri, IPR Gralha, IPR 81, IPR Uirapuru, IPR Colibri, IPR Tuiuiu, BRS Esplendor, IPR Tangara, IPR Juriti, IPR Corujinha, IPR Andorinha, IPR Curió, BRS Campeiro, BRS Perola, BRS, Notável, BRS Estilo, UTF 3, UTF 5 e UTF 6) e o segundo fator foi composto por doses de ethoxysulfuron (0, 50, 100 e 200 g ha⁻¹). A aplicação ocorreu quando as plantas atingiram o estágio V₃. Foi constatada elevada variabilidade de resposta das plantas ao herbicida e, dentre todos as épocas de avaliação, esta variou de 15 a 80%. A tolerância das cultivares é dependente do tempo, ou seja, algumas variáveis indicaram elevada tolerância nas avaliações iniciais, enquanto que nas finais esta foi menor. Alternativamente, outras cultivares indicaram baixa tolerância inicialmente, com incremento nas avaliações subsequentes. A tolerância das plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron não está relacionada ao acúmulo de massa pela cultura. As cultivares IPR 81, BRS Pérola, IPR Juriti, BRS Estilo e BRS Notável demonstram elevada tolerância ao ethoxysulfuron. As cultivares UTF 5, IPR Eldorado, UTF 3 e IPR Tangará são sensíveis ao herbicida.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Curva resposta a dose. Tolerância. Sensibilidade

CHARACTERIZATION OF THE SELECTIVITY OF ETHOXYSULFURON HERBICIDE IN COMMON BEAN CULTIVARS

Abstract: Due to genetic variability, plants of one species may have different behavior to external stresses. The objectives of this chapter was to evaluate the tolerance of common bean plants to the herbicide ethoxysulfuron and to investigate the existence of relationship between the plant mass and the level of tolerance of the plants to the herbicide. The experimental design was completely randomized in a bi-factorial design with four replicates. The first factor consisted of 20 common bean cultivars (IPR Eldorado, IPR Siriri, IPR Gralha, IPR 81, IPR Uirapuru, IPR Colibri, IPR Tuiuiu, BRS Esplendor, IPR Tangará, IPR Juriti, IPR Corujinha, IPR Andorinha, IPR Curió, BRS Campeiro, BRS Perola, BRS, Notável, BRS Estilo, UTF 3, UTF 5 e UTF 6) and the second factor consisted of doses of ethoxysulfuron (0, 50, 100 and 200 g ha⁻¹). The application occurred when the plants reached the stage V₃. There was a high variability of response of plants to the herbicide and, of all the evaluation

periods, that ranged from 15 to 80%. The tolerance of cultivar is time dependent, ie, some variables indicated high tolerance in the initial assessments periods. Contrarily, other cultivars showed lower tolerance initially, increasing in subsequent evaluations. The tolerance of the bean plants to the herbicide ethoxysulfuron is not dependent on the plant mass. The cultivars IPR 81, BRS Pérola, IPR Juriti, BRS Estilo and BRS Notável demonstrate high tolerance to ethoxysulfuron. The cultivars UTF 5, IPR Eldorado, UTF 3 and IPR Tangará are sensitive to the herbicide.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Dose Response Curve. Tolerance. Sensibility.

3.1 INTRODUÇÃO

A variabilidade genética entre populações faz com que plantas de uma determinada espécie apresentam níveis de tolerância diferenciados a um determinado herbicida (TARAN et al., 2010). O conhecimento dos níveis de tolerância envolvendo genótipos diferentes são determinantes na escolha de herbicidas para uma cultura. Por exemplo, ocorre tolerância diferenciada entre genótipos de milho ao herbicida nicosulfuron (CAVALIERI et al., 2008), por isso esse produto não deve ser utilizado em lavouras que contenham híbridos sensíveis.

A seletividade aos herbicidas é considerada como o nível diferencial de tolerância de plantas a um tratamento específico, tratando-se de um fator relativo e não absoluto, ou seja, considera-se que quanto maior a diferença de tolerância entre cultura e daninha, maior é a faixa de segurança de aplicação (OLIVEIRA Jr; INOUE, 2011). A seletividade de um herbicida para plantas da mesma espécie pode ser determinada por diversos fatores (OLIVEIRA Jr; INOUE, 2011), os quais incluem características do herbicida, tais como dose ou formulação; características das plantas, incluindo principalmente absorção, translocação e metabolismo diferencial; pela associação com outros produtos, tais como protetores ou inibidores da degradação e, até mesmo pela manipulação genética da espécie vegetal.

Experimentos que tenham como base a avaliação de curva dose resposta de plantas a herbicidas podem ser considerados como uma importante técnica para selecionar plantas com tolerância diferencial a um

herbicida. O uso de equações não lineares para demonstrar a resposta das plantas a doses crescentes de determinado herbicida permite o cálculo da D_{50} , ou seja, é a dose necessária para proporcionar 50% de injúria ou redução da massa das plantas, permitindo a comparação direta de sensibilidade ou tolerância entre as plantas testadas. Este valor pode ser expresso diretamente pela equação, quando o modelo utilizado for o logístico ou sigmoidal. Porém, outros modelos tais como as exponenciais não calculam tal valor, sendo necessário a sua determinação via planilha eletrônica. Contudo, a comparação de variáveis respostas pelo D_{50} apenas é válida quando são utilizadas as mesmas equações, pois equações diferentes apresentam diferentes formas de calcular os valores, por exemplo a equação logística de três parâmetros calcula o D_{50} com base no eixo x tendendo ao infinito (não é limitado pelas doses testadas), já a equação logística de quatro parâmetros toma como base a assíntota máxima e mínima proposta pela equação, neste caso os valores geralmente limitam-se a faixa de doses estipuladas pelo pesquisador.

Ethoxysulfuron é um herbicida inibidor da ALS pertencente ao grupo químico das sulfonilureias. No Brasil é empregado para o controle de plantas infestantes em pré e pós emergência nas culturas do arroz e cana de açúcar. O herbicida é indicado principalmente para o controle de infestantes de difícil manejo, tais como da família das ciperáceas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). O ethoxysulfuron tem o potencial de ser seletivo para a cultura do feijão comum, pois há evidências de sua seletividade à cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) (IKEDA; VIVIAN, 2012). Hipotetiza-se que ocorra diferentes níveis de tolerância entre genótipos de feijão ao ethoxysulfuron. Os objetivos deste capítulo foram avaliar a seletividade de cultivares de feijão comum ao herbicida ethoxysulfuron e verificar se ocorre relação entre a massa da parte aérea seca da cultivar com o nível de tolerância das plantas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no verão e outono de 2014 em casa de vegetação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O solo utilizado foi coletado na área experimental da Universidade,

classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1999), cujos atributos físicos e químicos são apresentados na Tabela 3.1. O solo foi peneirado em peneira com malha de 5 mm e depositados em copos plásticos com capacidade para 500 cm³. Com o desenvolvimento das plantas, foi adicionado semanalmente 10 mL de solução de Hoagland a fim de manter a fertilidade ótima para o desenvolvimento da cultura. As temperaturas máximas e mínimas foram registradas e são demonstradas na Figura 3.1.

Tabela 3.1 - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférrico. UTFPR – Mariópolis, 2014.

Distribuição granulométrica		Atributos químicos	
Componente	%	Componente	Valor
Argila	55,7	MO ^{1/}	3,35
Areia	3	P ₂ O ₅ ^{2/}	6,68
Silte	41,3	K ₂ O ^{3/}	0,35
		CTC ^{4/}	12,74
		pH ^{5/}	5,3
		H+Al ^{6/}	3,42

^{1/} Matéria orgânica (g dm⁻³);

^{2/} Fósforo (mg dm⁻³);

^{3/} Potássio (cmol_c dm⁻³);

^{4/} Capacidade de troca de cátions;

^{5/} pH do solo;

^{6/} Acidez trocável (cmol_c dm⁻³).

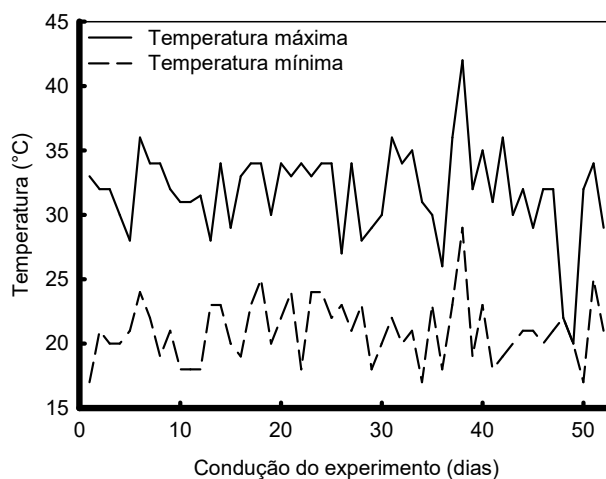


Figura 3.1 - Temperaturas máxima e mínima durante o período de condução do experimento em casa de vegetação. UTFPR – Pato Branco, 2014.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema bi-fatorial com quatro repetições. O primeiro fator consistiu de 20 cultivares de feijão (IPR Eldorado, IPR Siriri, IPR Galha, IPR

81, IPR Uirapuru, IPR Colibri, IPR Tuiuiu, BRS Esplendor, IPR Tangara, IPR Juriti, IPR Corujinha, IPR Andorinha, IPR Curió, BRS Campeiro, BRS Perola, BRS, Notável, BRS Estilo, UTF 3, UTF 5 e UTF 6), cujas características tais como ciclo, porte e hábito de crescimento são demonstradas na Tabela 3.2. O segundo fator foi composto pelas doses de ethoxysulfuron (0, 50, 100 e 200 g ha⁻¹). Em cada vaso foram depositadas cinco sementes, sendo que após a emergência foi realizado desbaste, deixando-se apenas 2 plantas por vaso. As plantas foram regadas diariamente, mantendo a capacidade de campo.

O herbicida foi aspergido com pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com uma barra de três pontas de aplicação do tipo leque XR 110.02. A vazão do equipamento foi calibrada em 200 L ha⁻¹, com velocidade de aplicação de 3,6 km h⁻¹. A aplicação ocorreu quando as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento V₃ (QUINTEIA et al., 2005). As condições ambientais médias durante a aplicação foram: umidade relativa do ar 60% e temperatura do ar de 28,9°C.

Tabela 3.2 – Características das cultivares utilizados no experimento. UTFPR – Mariópolis, 2014.

Cultivar	Ciclo (dias)	Porte	Hábito de crescimento	Referência
IPR Eldorado	75	Semi-ereto	Indeterminado	(IAPAR, 2015a)
IPR Siriri	85	Semi-ereto	Indeterminado	(IAPAR, 2015a)
IPR Gralha	89	¹ / ₁	-	(IAPAR, 2015a)
IPR 81	92	-	Indeterminado	(IAPAR, 2015a)
IPR Uirapuru	86	Ereto	Indeterminado	(IAPAR, 2015a)
IPR Colibri	90	Ereto	Determinado tipo 1	(IAPAR, 2005a)
IPR Tuiuiu	88	Ereto	Indeterminado tipo 2	(IAPAR, 2015a)
IPR Tangará	87	Ereto	Indeterminado	(IAPAR, 2015a)
IPR Juriti	89	Ereto	Indeterminado	(IAPAR, 2015a)
IPR Corujinha	87	Ereto	-	(IAPAR, 2015a)
IPR Andorinha	73	Semi-ereto	Determinado tipo 1	(IAPAR, 2013)
IPR Curió	70	-	-	(IAPAR, 2015b)
BRS Esplendor	85	Ereto	-	(CÁPRIO DA COSTA, et al. 2016)
BRS Campeiro	85	Ereto	-	(SOUZA CARNEIRO, et al. 2003)
BRS Pérola	90	Semi-ereto	Indeterminado entre os tipos 2 e 3	(YOKOYAMA, et al. 1999)
BRS Notável	80	Semi-ereto	Indeterminado tipo 2	(PEREIRA, et al. 2012)
BRS Estilo	87	Ereto	Indeterminado tipo 2	(MELO, et al. 2009)
UTF 3	90	-	-	² / ₁
UTF 5	90	-	-	#
UTF 6	90	-	-	#

¹Dados não encontrados

²Informações obtidas junto ao Programa de melhoramento do feijoeiro da UTFPR.

Aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação do herbicida (DAA) foi avaliada a tolerância das plantas ao herbicida através de escala visual de

injúria, aonde foram atribuídas notas conforme a sintomatologia apresentada pelas plantas. As notas foram compreendidas entre 100 (sem sintomas aparentes de injúria) e 0 (morte total das plantas). Entre esses valores extremos, os demais valores corresponderam à magnitude dos sintomas, em ordem crescente dos seguintes efeitos: redução das dimensões das partes da planta e de sua estatura, descoloração, clorose e necrose dos tecidos foliares e meristemas. Aos 15 e 25 DAA foi medida a estatura de todas as plantas com o auxílio de uma régua de 50 cm. Aos 25 DAA as plantas foram cortadas próximas ao solo para a determinação da massa da parte aérea verde (MPAV), posteriormente as plantas foram levadas para câmara de secagem a 60°C, aonde permaneceram até atingir massa constante para determinação da Massa da Parte Aérea Seca (MPAS).

3.2.1 Análise estatística

Os dados referentes à estatura, MPAV e MPAS foram convertidos em porcentagem em relação à testemunha sem aplicação de ethoxysulfuron. Todos os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) para testar os efeitos dos fatores e tratamentos com o auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013). Os dados médios de cada dose foram ajustados de acordo com o modelo exponencial decrescente de dois parâmetros (Equação 3.1):

$$y = a * \exp(-b * x) \quad (\text{Equação 3.1}),$$

Onde: **y** representa a variável dependente, **x** é a variável independente (dose do herbicida), **a** é a assíntota máxima da curva e **b** é a declividade no ponto de inflexão da curva.

Adicionalmente foi calculado o erro padrão da média conforme procedimento apresentado no Capítulo 2.

A partir dos parâmetros de cada equação para cada cultivar foi determinado o D_{20} , ou seja, a dose necessária para proporcionar 20% de redução das variáveis avaliadas. Os valores da D_{20} da MPAS foram correlacionados com a MPAS das plantas de feijão que não receberam aplicação de ethoxysulfuron, para avaliar se ocorre relação entre tolerância e massa das plantas.

3.3 RESULTADOS

As cultivares de feijão foram agrupados de acordo com a MPAS (massa da parte aérea seca) das plantas sem aplicação do herbicida (Figura 3.2). O agrupamento foi realizado considerando como discriminante o valor do desvio padrão (0,26) em relação à média da MPAS das cultivares (1,36) (para mais ou menos) (Figura 3.2A). Foram gerados quatro grupos. No primeiro, foram agrupados as cultivares com MPAS inferior ao valor da média menos o desvio padrão (UTF 6 e IPR Gralha). O segundo e o terceiro grupos continham as cultivares que possuem MPAS entre os limites imediatamente abaixo e acima, respectivamente, do desvio padrão e a média. E o quarto grupo continham as cultivares com MPAS superior à média mais o valor do desvio padrão (UTF 3, IPR Eldorado e BRS Campeiro). Os dados de MPAS foram correlacionados com o D_{20} (dose necessária para reduzir 20% da tolerância) estimado pela equação exponencial decrescente da variável MPAS aos 25 DAA. Não foi observada correlação entre D_{20} e MPAS (Figura 3.2B) das plantas não tratadas com ethoxysulfuron (0,03%).

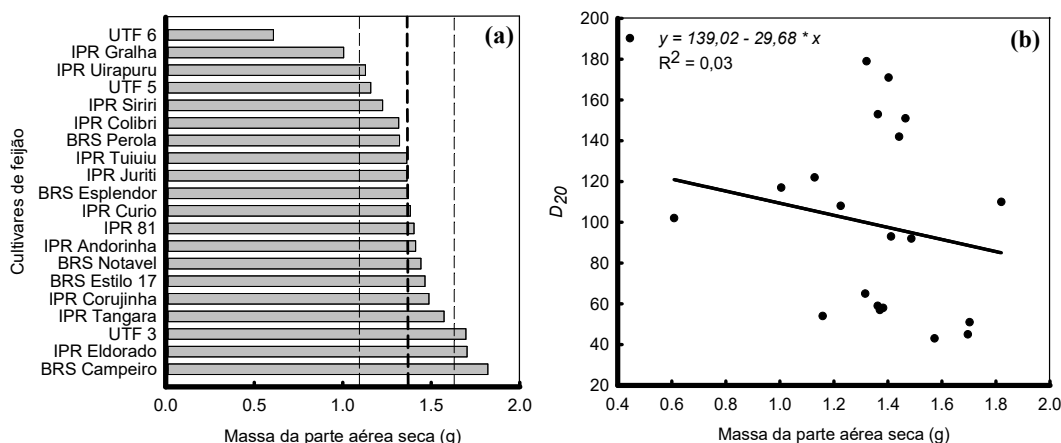


Figura 3.2 - Valores médios da massa da parte aérea seca em gramas por planta de feijão sem aplicação de ethoxysulfuron aos 45 dias após a emergência (a) e a relação entre dose necessária para redução de 20% da massa da parte aérea seca de plantas de feijão aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (D_{20}) e massa da parte aérea seca de plantas de feijão aos 45 dias após a emergência (b). UTFPR – Pato Branco, 2014.

A fim de evitar a sobreposição de curvas e facilitar a visualização dos resultados, as cultivares foram organizados em quatro gráficos para cada variável. O critério para distribuição das cultivares foi a maior dissimilaridade possível na resposta em todas as variáveis (Figuras 3.3 a 3.10).

A avaliação de tolerância relativa aos 10 DAA (Figura 3.3) demonstra grande variabilidade na resposta das cultivares de feijão ao ethoxysulfuron. Quando o herbicida foi utilizado na maior dose (200 g ha^{-1}), as plantas das cultivares IPR Eldorado e IPR Uirapuru apresentaram somente 15% de tolerância relativa, sendo as cultivares que apresentaram numericamente maior sensibilidade ao ethoxysulfuron. Nessa mesma dose, as plantas das cultivares IPR Curió e UTF 6 apresentaram 75% de tolerância relativa e foram numericamente as cultivares menos sensíveis ao ethoxysulfuron (Figura 3.3).

Com o decorrer do tempo, houve decréscimo da faixa de variação do valor de tolerância relativa nas plantas aspergidas com a maior dose de ethoxysulfuron. Aos 15 DAA, a tolerância relativa variou entre 10 (IPR Eldorado) e 80% (UTF 5) (Figura 3.4). Aos 20 DAA, a variação foi de 20 (Eldorado) a 70% (IPR Tangará e IPR Curió) (Figura 3.5). Finalmente aos 25 DAA, a tolerância relativa variou entre 30 (IPR Eldorado) a 70% (BRS Esplendor) (Figura 3.6).

A comparação entre as cultivares, através dos valores da D_{20} , calculado a partir das equações de regressão entre a dose e a variável tolerância relativa (Tabela 3.3 a 3.6). O D_{20} também revela a elevada variação entre as cultivares de feijão e, também indica decréscimo com o tempo na amplitude de resposta das cultivares ao ethoxysulfuron. Na avaliação realizada aos 10 DAA (Tabela 3.3), o D_{20} variou de 17 (IPR Uirapuru) a 155 g ha⁻¹ (UTF 6). Aos 15 DAA (Tabela 3.4), o D_{20} variou de 15 (IPR Gralha) a 133 g ha⁻¹ (UTF 3). Aos 20 DAA (Tabela 3.5), o D_{20} variou de 20 (IPR Uirapuru) a 125 g ha⁻¹ (IPR Curió). Finalmente aos 25 DAA (Tabela 3.6), o D_{20} variou de 20 (IPR Eldorado) a 88 g ha⁻¹ (IPR Tangará).

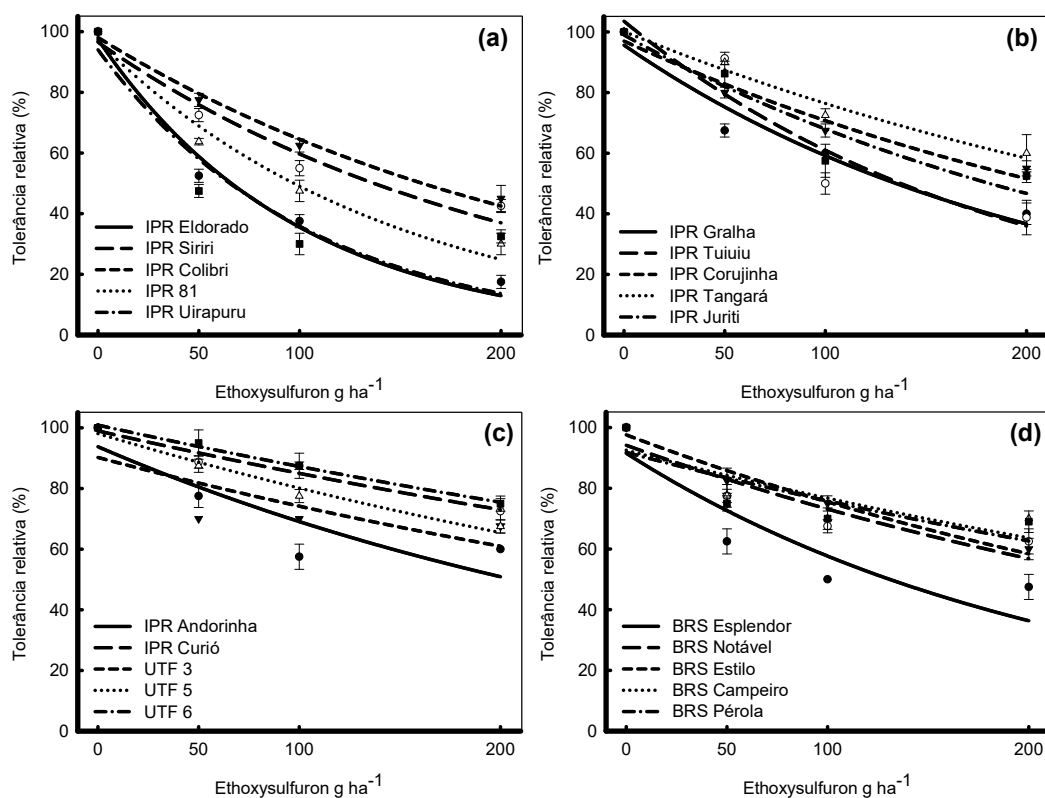


Figura 3.3 - Tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, em diferentes doses, quando avaliadas aos 10 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.3. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 3.3 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da tolerância (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão aos 10 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	D_{20}	p
	a	b				
IPR Eldorado	97,47 (5,69)**	0,01 (0,001)*	0,97	35,63	19	<0,01
IPR Siriri	96,53 (5,47)**	0,005 (0,0008)*	0,94	38,45	39	0,02
IPR Colibri	98,07 (2,65)**	0,004 (0,0004)**	0,98	9,25	48	<0,01
IPR 81	96,84 (5,25)**	0,007 (0,0009)*	0,96	32,85	28	0,01
IPR Uirapuru	94,01 (15,55)*	0,01 (0,04) ^{ns}	0,75	268,00	17	0,09
IPR Gralha	95,66 (5,95)**	0,05 (0,0009)*	0,93	45,45	37	0,02
IPR Tuiuiu	103,54 (10,55)*	0,005 (0,001) ^{ns}	0,85	140,07	48	0,05
IPR Corujinha	96,99 (3,76)**	0,003 (0,0005)*	0,95	19,58	60	0,02
IPR Tangará	100,14 (2,94)**	0,003 (0,0003)**	0,96	12,28	83	0,01
IPR Juriti	99,00 (7,77)**	0,004 (0,001) ^{ns}	0,84	81,23	56	0,05
IPR Andorinha	93,78 (9,75)*	0,003 (0,001) ^{ns}	0,66	132,39	51	0,12
IPR Curió	98,99 (2,32)**	0,001 (0,0002)*	0,94	8,19	142	0,02
UTF 3	90,24 (9,99)*	0,002 (0,23) ^{ns}	0,38	147,45	60	0,2
UTF 5	98,11 (2,34)**	0,002 (0,003)*	0,96	8,03	102	0,01
UTF 6	100,90 (0,90)**	0,001 (0,00008)**	0,99	1,22	155	<0,01
BRS Esplendor	91,54 (11,77)*	0,005 (0,002) ^{ns}	0,69	179,15	23	0,1
BRS Notável	94,16 (6,69)**	0,002 (0,0008) ^{ns}	0,77	64,18	65	0,08
BRS Estilo	97,59 (2,63)**	0,003 (0,0003)*	0,96	9,86	76	0,01
BRS Campeiro	92,55 (7,94)**	0,002 (0,0009) ^{ns}	0,53	93,70	76	0,17
BRS Pérola	91,82 (8,48)**	0,002 (0,001) ^{ns}	0,50	106,41	72	0,18

^{1/} Exponencial decrescente de dois parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro respectivamente.

^{ns}= não significativo.

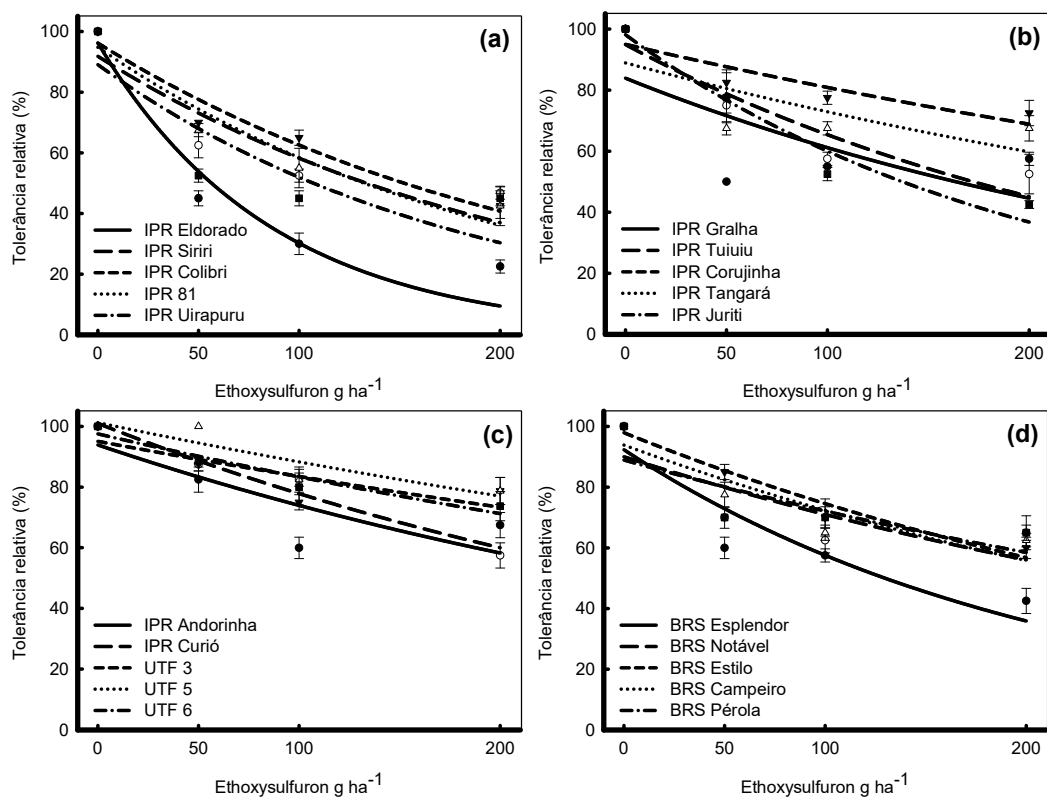


Figura 3.4 - Tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, em diferentes doses, quando avaliadas aos 15 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.4. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 3.4 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da tolerância (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão aos 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	D_{20}	p
	a	b				
IPR Eldorado	96,22 (11,08)*	0,01 (0,003) ^{ns}	0,89	131,60	16	0,04
IPR Siriri	91,82 (10,91)**	0,005 (0,002) ^{ns}	0,73	154,51	30	0,09
IPR Colibri	96,18 (5,56)**	0,004 (0,0008)*	0,93	40,55	43	0,02
IPR 81	94,82 (7,09)**	0,005 (0,001)*	0,89	64,42	35	0,03
IPR Uirapuru	89,07 (15,78)*	0,005 (0,003) ^{ns}	0,55	312,42	20	0,16
IPR Gralha	83,90 (18,34)**	0,003 (0,003) ^{ns}	0,13	466,00	15	0,35
IPR Tuiuiu	94,91 (7,65)**	0,004 (0,001) ^{ns}	0,83	78,96	46	0,06
IPR Corujinha	94,99 (5,02)**	0,002 (0,0005) ^{ns}	0,73	38,13	107	0,09
IPR Tangará	88,92 (11,36)*	0,002 (0,001) ^{ns}	0,28	190,53	53	0,3
IPR Juriti	98,13 (6,07)**	0,005 (0,0009)*	0,93	47,07	41	0,02
IPR Andorinha	93,91 (10,50)*	0,002 (0,001) ^{ns}	0,49	159,13	67	0,19
IPR Curió	101,00 (3,26)**	0,003 (0,0004)*	0,95	15,14	90	0,02
UTF 3	95,10 (6,47)**	0,001 (0,0007) ^{ns}	0,48	64,19	133	0,19
UTF 5	101,25 (4,71)**	0,001 (0,0005) ^{ns}	0,73	33,95	68	0,09
UTF 6	97,54 (2,91)**	0,001 (0,0003)*	0,90	12,82	124	0,03
BRS Esplendor	92,33 (10,22)*	0,005 (0,001) ^{ns}	0,77	134,51	30	0,07
BRS Notável	90,00 (11,03)*	0,002 (0,001) ^{ns}	0,42	175,90	49	0,22
BRS Estilo	97,94 (3,55)**	0,003 (0,0004)*	0,94	17,86	75	0,02
BRS Campeiro	93,88 (7,51)**	0,003 (0,0009) ^{ns}	0,72	80,54	61	0,1
BRS Pérola	88,93 (11,63)*	0,002 (0,001) ^{ns}	0,29	198,51	50	0,3

^{1/} Exponencial decrescente de dois parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro respectivamente.

^{ns}= não significativo.

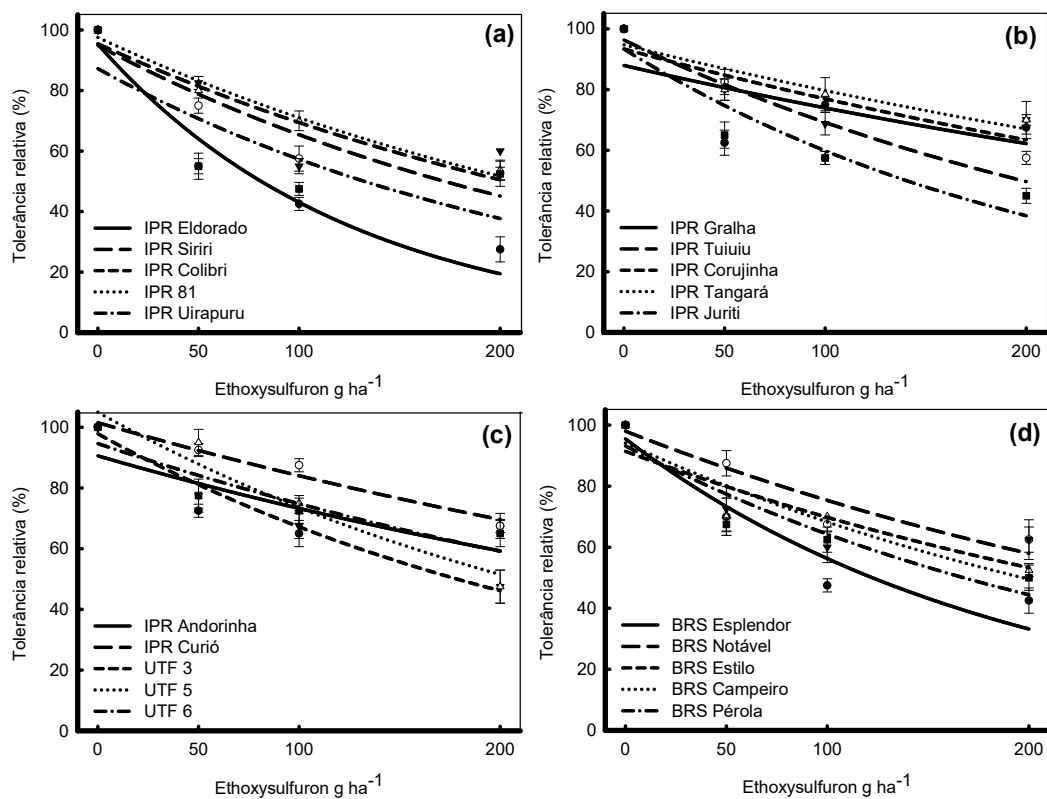


Figura 3.5 - Tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, em diferentes doses, quando avaliadas aos 20 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.5. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 3.5 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da tolerância (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão aos 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	D_{20}	p
	a	b				
IPR Eldorado	95,31 (8,57)**	0,008 (0,002)*	0,91	84,59	22	0,03
IPR Siriri	94,91 (7,65)**	0,004 (0,001) ^{ns}	0,83	78,96	46	0,06
IPR Colibri	95,45 (10,76)*	0,003 (0,001) ^{ns}	0,63	160,16	55	0,13
IPR 81	97,54 (2,80)**	0,003 (0,0003)*	0,97	10,84	62	0,01
IPR Uirapuru	87,22 (16,60)*	0,004 (0,002) ^{ns}	0,39	363,19	20	0,23
IPR Gralha	87,94 (12,97)*	0,001 (0,001) ^{ns}	0,09	251,96	56	0,37
IPR Tuiuiu	96,34 (8,77)**	0,003 (0,001) ^{ns}	0,75	105,88	56	0,08
IPR Corujinha	93,37 (7,74)**	0,002 (0,0009) ^{ns}	0,57	88,61	81	0,15
IPR Tangará	84,71 (5,34)**	0,002 (0,0006) ^{ns}	0,73	85,37	99	0,09
IPR Juriti	93,37 (8,50)**	0,004 (0,001) ^{ns}	0,83	94,33	35	0,06
IPR Andorinha	90,59 (10,21)**	0,002 (0,001) ^{ns}	0,41	152,65	59	0,22
IPR Curió	101,51 (2,50)**	0,002 (0,003)*	0,95	9,29	125	0,02
UTF 3	97,87 (2,69)**	0,004 (0,0003)**	0,98	9,71	53	0,007
UTF 5	104,97 (5,88)**	0,004 (0,0007)*	0,92	46,98	75	0,03
UTF 6	94,64 (5,67)**	0,002 (0,0007) ^{ns}	0,81	46,56	73	0,06
BRS Esplendor	95,49 (8,81)**	0,005 (0,001) ^{ns}	0,86	97,71	33	0,05
BRS Notável	98,00 (5,59)**	0,003 (0,0006)*	0,85	44,46	78	0,05
BRS Estilo	91,41 (10,43)*	0,003 (0,001) ^{ns}	0,54	154,46	49	0,17
BRS Campeiro	94,18 (7,36)**	0,003 (0,0009) ^{ns}	0,81	74,83	51	0,07
BRS Pérola	93,20 (8,16)**	0,004 (0,001) ^{ns}	0,80	89,77	41	0,07

^{1/} Exponencial decrescente de dois parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro respectivamente.

^{ns}= não significativo.

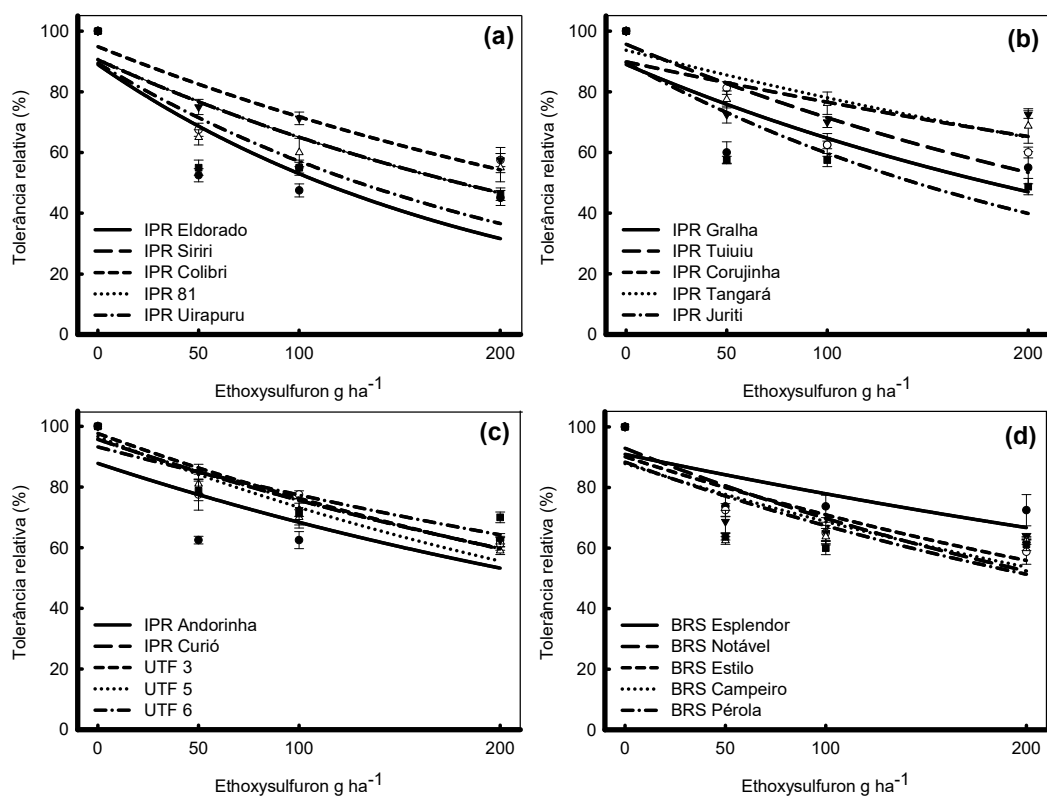


Figura 3.6 - Tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão ao herbicida ethoxysulfuron, em diferentes doses, quando avaliadas aos 25 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.6. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 3.6 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da tolerância (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável tolerância relativa (%) de 20 cultivares de feijão aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	D_{20}	p
	a	b				
IPR Eldorado	89,00 (15,32)*	0,005 (0,002)	0,56	296,82	20	0,16
IPR Siriri	90,53 (11,94)*	0,003 (0,002)	0,54	195,90	37	0,16
IPR Colibri	94,89 (5,75)**	0,003 (0,0007)*	0,85	46,67	61	0,05
IPR 81	90,70 (10,81)*	0,003 (0,001) ^{ns}	0,61	160,58	38	0,14
IPR Uirapuru	89,43 (13,62)*	0,004 (0,002) ^{ns}	0,59	241,47	24	0,15
IPR Graha	89,02 (12,63)*	0,003 (0,002) ^{ns}	0,48	220,78	33	0,19
IPR Tuiuiu	95,69 (7,19)**	0,003 (0,0009) ^{ns}	0,79	72,48	61	0,07
IPR Corujinha	89,91 (10,10)**	0,002 (0,001) ^{ns}	0,24	153,89	73	0,30
IPR Tangará	93,74 (6,38)**	0,002 (0,0007) ^{ns}	0,67	60,58	88	0,12
IPR Juriti	89,63 (12,85)*	0,004 (0,002) ^{ns}	0,59	219,02	28	0,15
IPR Andorinha	87,79 (13,11)*	0,002 (0,002) ^{ns}	0,30	246,68	80	0,27
IPR Curió	95,70 (5,31)**	0,002 (0,0006) ^{ns}	0,84	40,78	75	0,05
UTF 3	97,65 (3,23)**	0,002 (0,0004)*	0,94	15,00	80	0,02
UTF 5	96,66 (3,93)**	0,003 (0,0005)*	0,93	21,89	68	0,02
UTF 6	93,22 (7,22)**	0,002 (0,0008) ^{ns}	0,60	77,51	80	0,14
BRS Esplendor	90,96 (8,93)**	0,001 (0,001) ^{ns}	0,32	120,56	86	0,26
BRS Notável	92,95 (7,94)**	0,003 (0,003) ^{ns}	0,73	88,81	52	0,09
BRS Estilo	90,15 (10,55)*	0,002 (0,001) ^{ns}	0,46	160,51	50	0,20
BRS Campeiro	87,92 (12,92)*	0,002 (0,002) ^{ns}	0,30	239,88	38	0,27
BRS Pérola	88,39 (12,83)*	0,003 (0,002) ^{ns}	0,37	233,59	37	0,24

^{1/} Exponencial decrescente de dois parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro respectivamente.

^{ns}= não significativo.

O impacto das doses de ethoxysulfuron na estatura das plantas de feijão, quando avaliada aos 15 DAA, seguiu o modelo exponencial decrescente para a maioria das cultivares avaliados (Figura 3.7). Todavia, plantas das cultivares IPR Siriri, IPR Gralha e IPR Juriti não apresentaram alteração da estatura com o incremento de doses de ethoxysulfuron. As cultivares UTF 3 e 5 foram os mais sensíveis ao ethoxysulfuron e tiveram sua estatura reduzida a menos de 80%, em comparação a testemunha sem aplicação do herbicida.

Quando a estatura das plantas foi avaliada aos 25 DAA (Figura 3.8), também não foi observada resposta às doses do herbicida nas cultivares IPR Siriri e IPR Juriti. Nesta época de avaliação, as plantas das cultivares IPR Eldorado, UTF 3 e 5 tiveram sua estatura reduzida a aproximadamente 70% quando aspergidas com ethoxysulfuron na maior dose, se comparado a testemunha.

Os valores de D_{20} para estatura de plantas aos 15 e 25 DAA (Tabelas 3.7 e 3.8) apresentaram elevada variabilidade entre as cultivares testados. Na avaliação realizada aos 15 DAA, detectou-se D_{20} variando entre 164 (UTF 5) a 2930 g ha⁻¹ (BRS Campeiro). Quando avaliado aos 25 DAA, a variação foi de 126 (UTF 5) a 1097 g ha⁻¹ (BRS Estilo). Ressalta-se que pelo fato das cultivares IPR Siriri, IPR Gralha e IPR Juriti não terem sua estatura afetada pelo ethoxysulfuron, os parâmetros da equação e o D_{20} não puderam ser calculados (Tabelas 3.7 e 3.8).

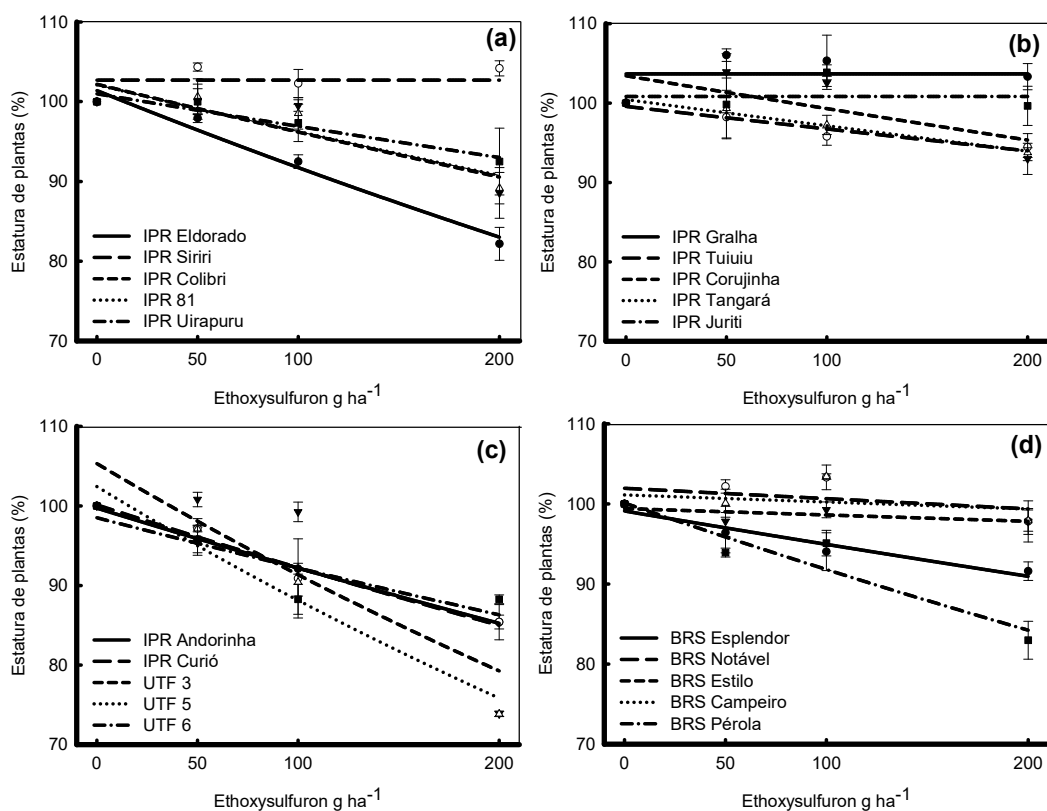


Figura 3.7 - Estatura de plantas (%) de 20 cultivares de feijão em função de diferentes doses do herbicida ethoxysulfuron, quando avaliadas aos 15 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.7. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 3.7 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da estatura (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável estatura de plantas (%) de 20 cultivares de feijão aos 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	D_{20}	p
	a	b				
IPR Eldorado	101,40 (1,32)**	0,001 (0,0001)*	0,96	2,72	237	0,01
IPR Siriri	102,71	-	-	-	-	-
IPR Colibri	102,19 (2,53)**	0,0006 (0,0002) ^{ns}	0,69	10,26	408	0,11
IPR 81	102,13 (2,11)**	0,0006 (0,0002) ^{ns}	0,75	7,17	423	0,09
IPR Uirapuru	101,00 (0,89)**	0,0004 (0,00008)*	0,90	1,30	583	0,03
IPR Gralha ^{3/}	103,68	-	-	-	-	-
IPR Tuiuiu	99,59 (0,63)**	0,0003 (0,00005)*	0,89	0,66	730	0,04
IPR Corujinha	103,44 (3,26)**	0,0004 (0,0003) ^{ns}	0,27	17,26	642	0,28
IPR Tangará	100,45 (0,41)**	0,0003 (0,00004)*	0,96	0,27	759	0,01
IPR Juriti ^{2/}	100,84	-	-	-	-	-
IPR Andorinha	99,73 (0,25)**	0,0008 (0,00002)**	0,99	0,1	275	<0,01
IPR Curió	100,14 (1,00)**	0,0008 (0,00009)**	0,96	1,59	281	0,01
UTF 3	105,32 (6,46)**	0,001 (0,0006) ^{ns}	0,63	63,56	196	0,13
UTF 5	102,44 (2,53)**	0,001 (0,0002)*	0,93	9,74	164	0,02
UTF 6	98,52 (2,61)**	0,0007 (0,0002) ^{ns}	0,67	10,92	297	0,11
BRS Esplendor	99,12 (0,86)**	0,0004 (0,00008)*	0,90	1,20	536	0,03
BRS Notável	101,96 (2,06)**	0,0001 (0,0002) ^{ns}	0,20	7,02	2425	0,54
BRS Estilo	99,42 (0,81)**	0,00008 (0,00007) ^{ns}	0,08	1,09	2717	0,38
BRS Campeiro	101,13 (2,04)**	0,00009 (0,0002) ^{ns}	0,10	6,92	2930	0,67
BRS Pérola	100,11 (2,26)**	0,0009 (0,0002) ^{ns}	0,84	8,07	249	0,05

^{1/} Exponencial decrescente de dois parâmetros;

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão;

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro respectivamente;

^{ns} = não significativo;

^{3/} Cultivares que apresentam apenas o parâmetro a , são as que apresentam valores constantes estimados pela equação decréscimo exponencial de dois parâmetros.

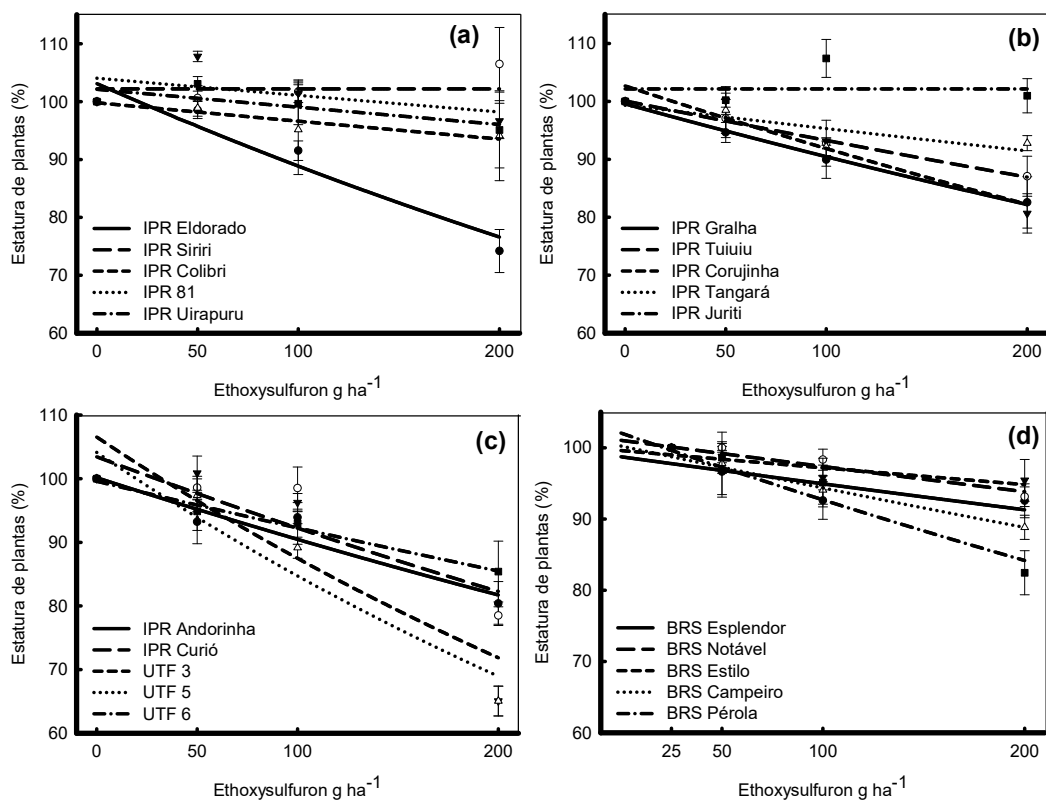


Figura 3.8 - Estatura de plantas (%) de 20 cultivares de feijão em função de diferentes doses do herbicida ethoxysulfuron, quando avaliadas aos 25 dias após a aplicação. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.8. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 3.8 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da estatura (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável estatura de plantas (%) de 20 cultivares de feijão aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	D_{20}	p
	a	b				
IPR Eldorado	103,10 (3,17)**	0,001 (0,0003)*	0,89	15,22	169	0,04
IPR Siriri ^{2/}	102,12	-	-	-	-	-
IPR Colibri	99,80 (0,96)**	0,0003 (0,00008) ^{ns}	0,81	1,49	737	0,06
IPR 81	104,05 (3,77)**	0,0003 (0,0003) ^{ns}	0,29	23,25	876	0,46
IPR Uirapuru	102,13 (1,92)**	0,0003 (0,0002) ^{ns}	0,44	6,01	814	0,21
IPR Gralha	99,57 (0,46)**	0,001 (0,00004)**	0,99	0,33	218	0,002
IPR Tuiuiu	100,08 (0,37)**	0,0007 (0,00003)**	0,99	0,22	319	0,002
IPR Corujinha	102,67 (2,54)**	0,001 (0,0002)*	0,88	10,00	226	0,04
IPR Tangará	99,35 (2,04)**	0,0004 (0,0002) ^{ns}	0,57	6,77	541	0,16
IPR Juriti ^{2/}	102,15	-	-	-	-	-
IPR Andorinha	100,16 (2,37)**	0,001 (0,0002)*	0,87	8,78	224	0,04
IPR Curió	103,43 (4,62)**	0,001 (0,0004) ^{ns}	0,69	33,14	223	0,11
UTF 3	106,54 (7,90)**	0,002 (0,0008) ^{ns}	0,68	92,18	143	0,11
UTF 5	104,13 (4,66)**	0,002 (0,0005)	0,87	31,85	126	0,04
UTF 6	99,59 (0,72)**	0,0008 (0,00006)**	0,97	0,83	274	0,007
BRS Esplendor	98,74 (1,63)**	0,0004 (0,0001) ^{ns}	0,66	4,33	526	0,11
BRS Notável	101,05 (0,98)**	0,0004 (0,00009)*	0,85	1,58	584	0,05
BRS Estilo	99,61 (0,87)	0,0002 (0,00008) ^{ns}	0,75	1,25	1097	0,09
BRS Campeiro	100,26 (0,38)**	0,0006 (0,00003)**	0,99	0,23	376	0,003
BRS Pérola	102,07 (2,19)**	0,001 (0,0002)*	0,88	7,52	244	0,04

^{1/} Exponencial decrescente de dois parâmetros;

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão;

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro respectivamente;

^{ns} = não significativo;

^{3/} Cultivares que apresentam apenas o parâmetro a , são as que apresentam valores constantes estimados pela equação decréscimo exponencial de dois parâmetros.

O efeito das doses de ethoxysulfuron na MPAV (Figura 3.9) das plantas de feijão seguiu o modelo exponencial decrescente. Com a maior dose avaliada, o cultivar IPR Eldorado foi o que apresentou maior sensibilidade ao herbicida, sendo que sua MPAV foi reduzida a 30 % em relação a testemunha sem aplicação de ethoxysulfuron. O cultivar IPR 81 apresentou numericamente menor sensibilidade quando comparado aos demais cultivares e sua MPAV foi reduzida a 75% em relação a testemunha.

O impacto das doses de ethoxysulfuron na MPAS das plantas de feijão também ajustou com o modelo exponencial decrescente (Figura 3.10). Nessa variável também foi observado grande variabilidade na resposta das cultivares ao ethoxysulfuron. Quando o herbicida foi aplicado na maior dose, a MPAS do cultivar UTF 3 foi reduzida a 35%, sendo este, numericamente o cultivar mais

sensível ao ethoxysulfuron. Para a mesma dose, a MPAS do cultivar IPR 81 foi reduzida a 80% em relação a testemunha, sendo este o menos sensível.

A variabilidade de D_{20} para a MPAV (Tabela 3.9) e MPAS (Tabela 3.10) das plantas de feijão foi alta, porém com valores inferiores aos observados com a estatura de plantas aos 15 e 25 DAA (Tabelas 3.7 e 3.8). Para a MPAV, a variação foi de 29 (IPR Eldorado) a 128 g ha⁻¹ (IPR 81). A variação da MPAS situou-se entre 43 (IPR Tangará) e 171 g ha⁻¹ (IPR 81).

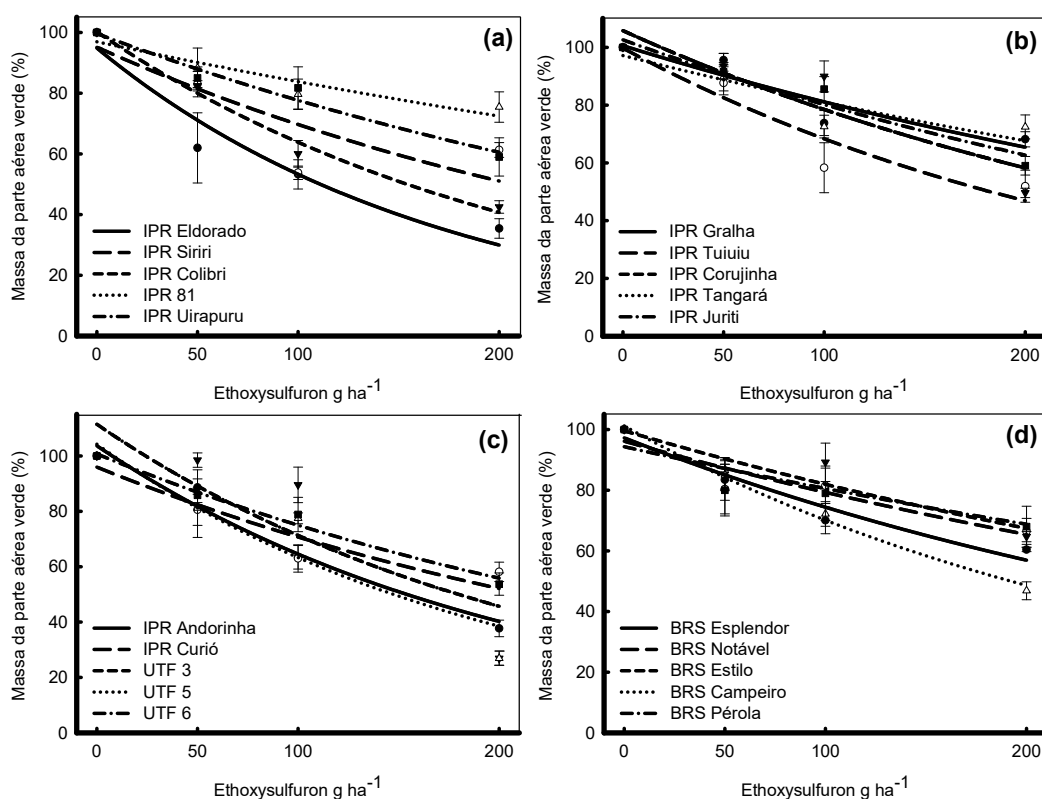


Figura 3.9 - Massa da parte aérea verde (%) de 20 cultivares de feijão em função de diferentes doses do herbicida ethoxysulfuron. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.9. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 3.9 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da massa da parte aérea verde (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável massa da parte verde (%) de 20 cultivares de feijão após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	D_{20}	p
	a	b				
IPR Eldorado	94,86 (7,51)**	0,006 (0,001)*	0,91	69,66	29	0,03
IPR Siriri	95,16 (11,76)**	0,003 (0,001) ^{ns}	0,56	192,03	56	0,16
IPR Colibri	100,24 (3,04)**	0,004 (0,0004)**	0,98	12,02	50	0,006
IPR 81	96,96 (3,56)**	0,001 (0,0004) ^{ns}	0,84	19,32	128	0,06
IPR Uirapuru	99,63 (3,11)**	0,002 (0,0003)*	0,95	13,94	88	0,02
IPR Gralha	100,58 (5,53)**	0,002 (0,0006) ^{ns}	0,82	44,68	109	0,06
IPR Tuiuiu	99,73 (7,52)**	0,004 (0,0009) ^{ns}	0,86	76,11	58	0,05
IPR Corujinha	105,77 (9,34)**	0,003 (0,001) ^{ns}	0,76	122,00	93	0,08
IPR Tangará	97,17 (5,93)**	0,002 (0,0006) ^{ns}	0,72	52,45	108	0,10
IPR Juriti	102,60 (4,15)**	0,002 (0,0004)	0,92	24,70	100	0,03
IPR Andorinha	103,66 (5,12)**	0,005 (0,0007)**	0,96	33,17	55	0,01
IPR Curió	95,95 (6,45)**	0,003 (0,0008) ^{ns}	0,84	58,04	61	0,05
UTF 3	111,43 (12,60)*	0,004 (0,002) ^{ns}	0,63	451,00	73	0,13
UTF 5	104,24 (11,76)*	0,005 (0,002) ^{ns}	0,82	176,21	53	0,06
UTF 6	100,71 (2,76)**	0,03 (0,0003)*	0,97	10,64	79	0,009
BRS Esplendor	97,26 (3,81)**	0,003 (0,0004)*	0,93	20,58	72	0,02
BRS Notável	96,15 (4,82)**	0,002 (0,0005) ^{ns}	0,82	34,56	97	0,06
BRS Estilo	99,58 (5,38)**	0,002 (0,0006) ^{ns}	0,80	42,79	115	0,07
BRS Campeiro	101,19 (1,86)**	0,004 (0,0002)	0,99	4,67	63	0,003
BRS Pérola	94,35 (5,65)**	0,002 (0,0006)	0,67	48,14	103	0,12

^{1/} Exponencial decrescente de dois parâmetros;

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão;

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro respectivamente;

^{ns}= não significativo.

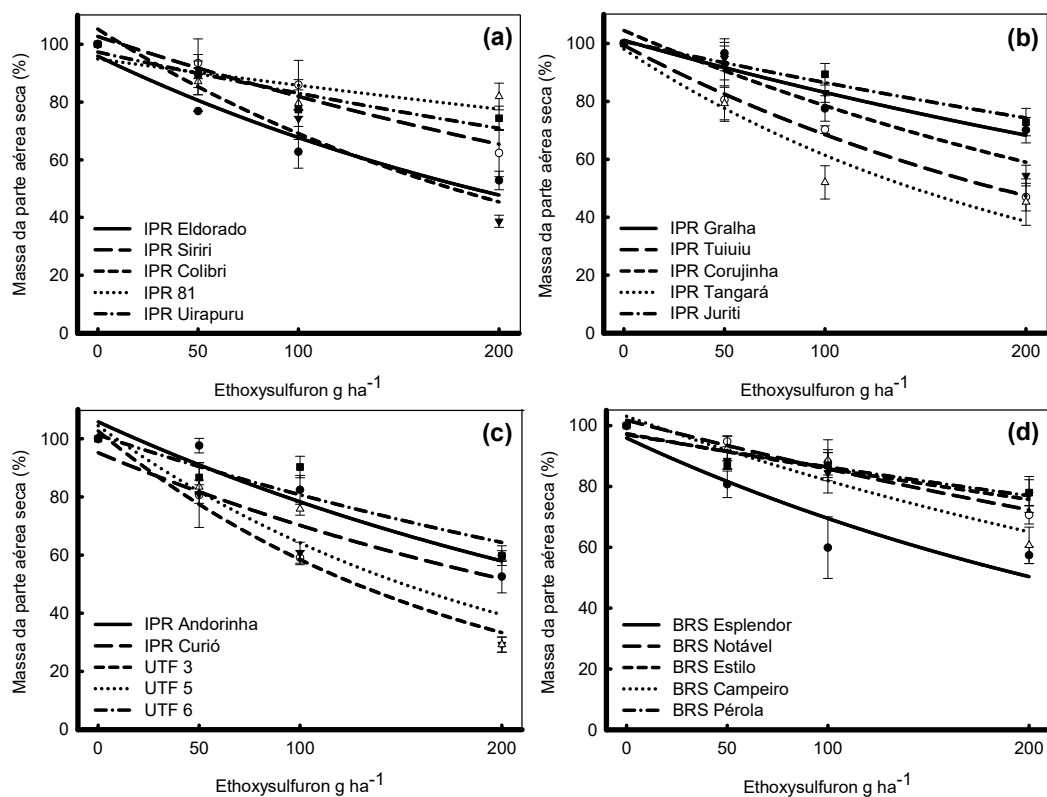


Figura 3.10 - Massa da parte aérea seca (%) de 20 cultivares de feijão em função de diferentes doses do herbicida ethoxysulfuron. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 3.10. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Tabela 3.10 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), dose necessária para reduzir 20% da massa da parte aérea seca (D_{20}) e probabilidade da equação (p), para a variável massa da parte seca (%) de 20 cultivares de feijão após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	D_{20}	p
	<i>a</i>	<i>b</i>				
IPR Eldorado	95,91 (5,44)**	0,003 (0,0007)*	0,90	40,32	51	0,03
IPR Siriri	102,70 (3,49)**	0,002 (0,0004)*	0,93	17,67	109	0,02
IPR Colibri	105,25 (7,10)**	0,004 (0,0009)*	0,90	66,49	65	0,03
IPR 81	94,94 (5,46)**	0,001 (0,0005) ^{ns}	0,44	46,64	171	0,21
IPR Uirapuru	97,31 (4,13)**	0,002 (0,0004) ^{ns}	0,81	25,80	122	0,06
IPR Gralha	101,07 (4,50)**	0,002 (0,0005)*	0,86	29,89	117	0,05
IPR Tuiuiu	99,34 (1,66)**	0,004 (0,0002)**	0,99	3,72	58	0,002
IPR Corujinha	104,46 (5,32)**	0,003 (0,0006)*	0,90	39,83	92	0,03
IPR Tangará	98,02 (7,37)**	0,005 (0,001)*	0,89	70,23	43	0,04
IPR Juriti	100,72 (1,93)**	0,001 (0,0002)*	0,96	5,65	153	0,01
IPR Andorinha	105,78 (6,62)**	0,003 (0,0007)*	0,87	61,24	93	0,04
IPR Curió	95,16 (8,73)**	0,003 (0,001) ^{ns}	0,72	106,19	58	0,1
UTF 3	102,64 (4,09)**	0,006 (0,0006)*	0,98	20,75	44	0,008
UTF 5	104,46 (10,14)**	0,005 (0,001) ^{ns}	0,86	131,60	55	0,05
UTF 6	101,28 (6,65)**	0,002 (0,0007) ^{ns}	0,78	64,25	103	0,07
BRS Esplendor	95,92 (7,59)**	0,003 (0,0009) ^{ns}	0,80	79,60	57	0,07
BRS Notável	101,80 (2,02)**	0,002 (0,0002)*	0,96	6,15	142	0,01
BRS Estilo	97,35 (2,55)**	0,001 (0,0003)*	0,88	10,05	151	0,04
BRS Campeiro	103,10 (5,07)**	0,002 (0,0005)*	0,87	37,32	110	0,04
BRS Pérola	97,03 (3,17)**	0,001 (0,0003) ^{ns}	0,81	15,56	161	0,06

^{1/} Exponencial decrescente de dois parâmetros;

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão;

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro respectivamente;

^{ns}= não significativo.

Considerando todas as variáveis avaliadas, o efeito das doses de ethoxysulfuron nas cultivares nem sempre possibilitou ajustar ao modelo exponencial decrescente com $p \leq 0,05$. O ajuste variou entre 0,0009 (IPR Andorinha, Tabela 3.6) e 0,67 (BRS Campeiro, Tabela 3.6). Porém optou-se em manter este modelo a fim de facilitar a comparação entre cada cultivar.

O parâmetro **a** representa a assíntota máxima da curva, ou seja, é o máximo valor do eixo y quando o eixo x tende a ≤ 0 . Neste caso quando a dose de ethoxysulfuron é 0, observa-se maior valor das variáveis tolerância, altura, MPAV e MPAS (100%) (Tabelas 3.2 a 3.9). O parâmetro **b** é a declividade da curva e indica que as cultivares que apresentaram maior valor deste parâmetro foram as quais que apresentaram maior redução das variáveis, ou seja, são as cultivares mais sensíveis ao ethoxysulfuron (Tabelas 3.3 a 3.10).

A determinação de cultivares mais ou menos sensíveis ao ethoxysulfuron foi realizada com procedimento semelhante ao proposto pelo agrupamento de cultivares pela MPAS (Figura 3.1a). Foram utilizados apenas os valores de D_{20} da variável MPAS (Tabela 3.10). As cultivares foram agrupadas como suscetíveis ou tolerantes através do desvio padrão \pm o valor da média da D_{20} (Figura 3.11). O valor médio da D_{20} foi de 97,75 e o desvio padrão foi de 41,43. As cultivares classificadas como tolerantes foram IPR 81, BRS Pérola, IPR Juriti, BRS Estilo e BRS Notável. As cultivares classificadas como os mais sensíveis foram UTF 5, IPR Eldorado, UTF 3 e IPR Tangará.

A escolha do D_{20} da MPAS das plantas de feijão para a caracterização da sensibilidade das cultivares ao ethoxysulfuron ocorreu em função do fato de que esta variável é relacionada com outras, tais como a área foliar e o número de ramificações. Essas variáveis são de extrema importância para garantir que o desenvolvimento da planta ocorra sem que haja efeito sobre a habilidade competitiva e sem comprometer o potencial produtivo das plantas.

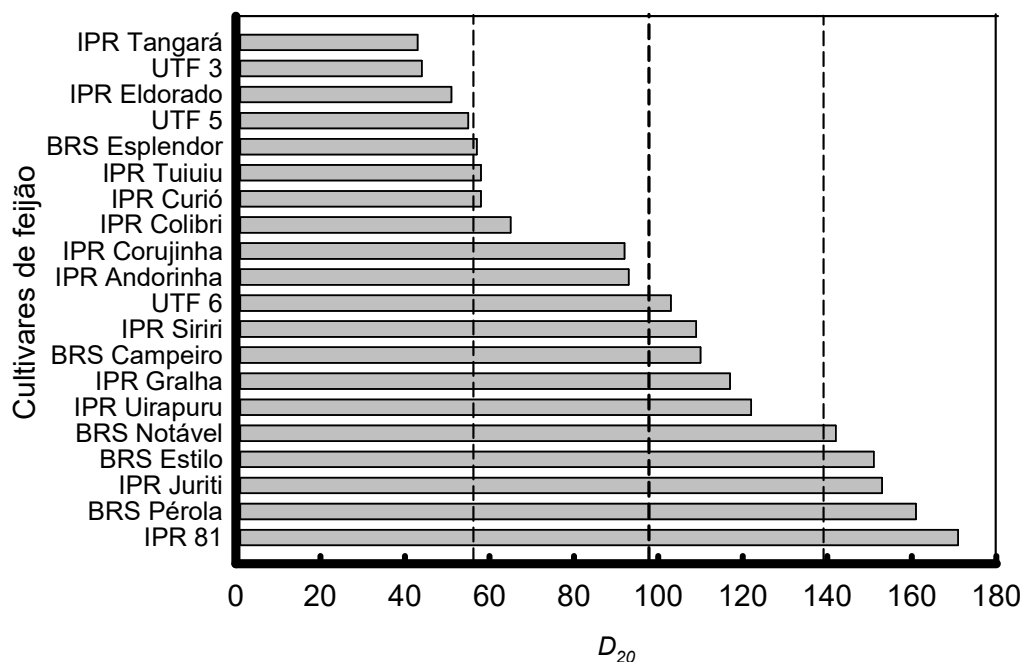


Figura 3.11 - Dose necessária para reduzir 20% da massa da parte aérea seca de plantas de feijão aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2014.

3.4 DISCUSSÃO

Uma das hipóteses deste capítulo é de que cultivares de feijão que apresentem maior acúmulo de massa seca possam ser mais tolerantes ao herbicida ethoxysulfuron. Esta hipótese não foi confirmada, não foi observado correlação entre tolerância e a MPAS das cultivares de feijão. De fato, as cultivares UTF 3 e IPR Eldorado apresentaram maior MPAS (Figura 3.2a), no entanto foram menos tolerantes (Figura 3.11). As cultivares UTF 6 e IPR Galha apresentaram menor MPAS, porém o D_{20} destes cultivares foram superiores ao valor médio dos demais cultivares. Indicando que a tolerância do feijoeiro não é relacionada a MPAS de planta (Figura 3.2B).

Na literatura não foram observados trabalhos que avaliassem a influência da massa das plantas quanto a tolerância aos herbicidas. Alternativamente, o menor acúmulo de massa das plantas pode estar relacionado diretamente com a precocidade das plantas. A precocidade é uma característica que pode estar correlacionada ao porte reduzido e pouca área foliar (LAMEGO et al., 2004; BIANCHI et al., 2011). Além disso, plantas precoces tem como característica a emissão de estruturas reprodutivas mais rápido, em relação a plantas de ciclo normal. Isto sugere que plantas precoces possuem menor tempo para recuperação de injúrias proporcionadas por herbicidas, comprometendo o desenvolvimento da cultura e rendimento de grãos. Outras características morfológicas das plantas, tais como o ângulo foliar, pilosidade, deposição de cera epicuticular e a translocação apresentam elevada relação com a tolerância das plantas a herbicidas (OLIVEIRA Jr; INOUE, 2011). Inúmeros estudos atribuíram a metabolização da molécula do herbicida como o principal mecanismo de tolerância de plantas cultivadas aos herbicidas inibidores da ALS (THYSSEN et al., 2013; ROJANO-DELGADO, et al., 2014; SIDHU et al., 2014).

O acúmulo de massa não é uma característica relacionada à capacidade das plantas de feijão em tolerar os efeitos do herbicida ethoxysulfuron. Porém, a produção de massa é uma característica comumente relacionada a maior área foliar e a ramificação, características que inferem diretamente no potencial produtivo e habilidade competitiva da cultura.

A segunda hipótese deste capítulo é de que as cultivares de feijão apresentam níveis de tolerância distintos ao herbicida ethoxysulfuron. Os resultados deste trabalho evidenciam grande variabilidade quanto a tolerância das cultivares de feijão quando avaliado a tolerância relativa, estatura de plantas MPAV e MPAS. Os valores da D_{20} proporcionados pelo herbicida sobre a tolerância relativa situam-se entre 17 (IPR Uirapuru) e 155 g ha⁻¹ (UTF 6) aos 10 DAA (Tabela 3.3) e entre 20 (IPR Eldorado) e 88 g ha⁻¹ (IPR Tangará) aos 25 DAA (Tabela 3.6). A estatura aos 15 DAA (Tabelas 3.7) apresentou valores entre 164 (UTF 5) e 2930 g ha⁻¹ (BRS Campeiro) e aos 25 DAA (Tabelas 3.8) entre 126 (UTF 5) e 1097 g ha⁻¹ (BRS Estilo). A MPAV (Tabela 3.9) indicou valores de 29 (IPR Eldorado) a 128 g ha⁻¹ (IPR 81), enquanto que a MPAS (Tabela 3.10) de 43 (IPR Tangará) e 171 g ha⁻¹ (IPR 81). De acordo com a análise discriminatória para identificar as cultivares mais ou menos tolerantes ao ethoxysulfuron, foi demonstrado que os mais tolerantes de acordo com o efeito do herbicida sobre a MPAS foram IPR 81, BRS Pérola, IPR Juriti, BRS Estilo e BRS Notável, enquanto que os menos tolerantes foram UTF 5, IPR Eldorado, UTF 3 e IPR Tangará. A estatura das plantas foi a variável menos afetada pelo ethoxysulfuron.

Na literatura também foram observados casos que demonstram a variabilidade na resposta de plantas cultivadas a diferentes herbicidas. Por exemplo, cultivares de feijão podem apresentar tolerância diferenciada ao herbicida cloransulam-methyl (SOLTANI; SHROPSHIRE; SIKKEMA, 2010) e ao herbicida saflufenacil (DIESEL et al., 2014), cultivares de soja podem responder distintamente a aplicação dos herbicidas metsulfuron e nicosulfuron (MEROTTO JR; VIDAL; FLECK, 2000), a tolerância de plantas de milho ao nicosulfuron ocorre em função do cultivar (LIU et al., 2015) e genótipos de cana de açúcar apresentam resposta diferenciada quanto a aplicação dos herbicidas ametryn e trifloxysulfuron-sodium (GALON et al., 2010).

A hipótese de que as plantas de feijão são tolerantes ao ethoxysulfuron nem sempre é válida. Diversos fatores podem estar envolvidos na seletividade ou tolerância de plantas cultivadas a herbicidas. Para um mesmo herbicida, a aplicação de doses muito baixas pode não manifestar injúrias sobre as plantas e, doses muito elevadas podem proporcionar a morte destas, ou seja, a tolerância das plantas ocorre em função da dose do

herbicida. A absorção e translocação limitada e a insensibilidade do local alvo de ação e a metabolização da molécula são fatores que contribuem com a tolerância de plantas aos herbicidas. O uso de produtos inibidores da metabolização pode inativar enzimas responsáveis pela degradação da molécula do herbicida, promovendo maior fitotoxicidade do herbicida sobre a planta, contudo a aplicação de protetores pode estimular tais enzimas, reduzindo a fitotoxicidade do herbicida (isto será demonstrado e discutido no Capítulo 6).

Devido as suas características químicas, ethoxysulfuron é um herbicida hidrofílico (log Kow 2.89 em pH 3 e 0.004 em pH 7) (SENSEMAN, 2007). Condições que promovam elevada umidade na superfície foliar podem facilitar o escoamento do herbicida, reduzindo a quantidade do produto a ser absorvido. A hidrofiliabilidade do herbicida também está relacionada com a dificuldade de absorção imposta pela camada epicuticular presente na superfície das folhas. Como consequência, o herbicida ficará mais tempo exposto a condições ambientais que possam promover a sua degradação.

A possibilidade de uso de um novo herbicida aumentaria o espectro de produtos disponíveis na cultura do feijão. Destaca-se que com a dose de 100 g ha^{-1} , a qual é recomendada para a cultura do arroz e cana de açúcar (RODRIGUES e ALMEIDA, 2011), os 20 cultivares mantiveram a redução da MPAS acima de 60% e 12 cultivares acima de 80%. Na dose de 50 g ha^{-1} os 20 cultivares mantiveram redução da MPAS acima de 80%. Sugere-se que doses inferiores a 50 g ha^{-1} ocorra elevada seletividade das cultivares de feijão ao herbicida. No entanto deve-se ressaltar da importância de avaliar seu potencial efeito sobre a comunidade de plantas infestantes e averiguar se as doses podem ser compatíveis com os níveis de controle aceitos para o controle destas. O uso de doses reduzidas que possibilitem o controle de infestantes em meio a cultura do feijão, é uma prática que proporcionou o uso de outro herbicida inibidor da ALS para a cultura. Por exemplo, a dose recomendada de imazethapyr na cultura da soja é de 1 L ha^{-1} , enquanto que para a cultura do feijão é de $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ (MAPA, 2015). Todavia, a mistura de produtos pode promover efeitos sinérgicos que proporcionem aumento no efeito herbicida e que possam reduzir a fitotoxicidade sobre a cultura.

Com base na Figura 3.11, as cultivares que apresentaram maior tolerância em relação aos demais (IPR 81, BRS Pérola, IPR Juriti, BRS Estilo e BRS Notável) são ao menos três (3) vezes mais tolerantes que o cultivar menos tolerante (IPR Tangará). O conhecimento das cultivares quanto ao seu nível de tolerância garante a segurança quanto a aplicação do herbicida. Além disso, esse conhecimento pode contribuir em programas de melhoramento de plantas para desenvolver plantas com elevada capacidade em tolerar o herbicida.

3.5 CONCLUSÕES

A tolerância das plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron não está atribuída ao acúmulo de massa pela cultura.

As cultivares IPR 81, BRS Pérola, IPR Juriti, BRS Estilo e BRS Notável demonstram elevada tolerância ao herbicida. As cultivares UTF 5, IPR Eldorado, UTF 3 e IPR Tangará são sensíveis ao ethoxysulfuron.

4 IMPACTO DE DOSES CRESCENTES DE ETHOXYSULFURON SOBRE AS CULTIVARES DE FEIJÃO IPR ANDORINHA E IPR TANGARÁ E EM SEUS COMPONENTES E RENDIMENTO DE GRÃOS

Resumo: A seletividade do herbicida sobre as plantas pode ser decorrente da dose aplicada. O objetivo deste capítulo foi avaliar o efeito de doses crescentes de ethoxysulfuron sobre características morfológicas e nos componentes do rendimento de grãos das cultivares de feijão IPR Tangará e IPR Andorinha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em sete doses de ethoxysulfuron (0; 8,3; 14,6; 20,8; 41,6; 62,5 e 83,3 g ha⁻¹). A aplicação ocorreu quando as plantas de feijão atingiram o estágio de desenvolvimento V₄. O efeito do herbicida sobre as variáveis foi proporcional ao incremento das doses. A tolerância relativa e a massa da parte aérea verde, massa da parte aérea seca e o rendimento de grãos foram mais afetadas no cultivar IPR Andorinha em comparação ao IPR Tangará. Em ambas as cultivares foram observadas redução da tolerância, MPAV e do rendimento de grãos das plantas de feijão, contudo, as plantas do cultivar IPR Andorinha demonstraram ser mais sensíveis ao herbicida, sofrendo elevada perda no potencial de rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Tolerancia. Curva de resposta a dose.

IMPACT OF INCREASING RATES OF ETHOXYSULFURON ON COMMON BEAN CULTIVARS IPR ANDORINHA AND IPR TANGARÁ AND ON ITS GRAIN YIELD COMPONENTS

Abstract: The herbicide selectivity to the plants may depend on the applied dose. The objective of this chapter were to evaluate the effect of increasing doses of ethoxysulfuron on morphological characteristics, yield components and grain yield of the bean cultivars IPR Tangará and IPR Andorinha. The experimental design was a randomized block design with four replicates. The treatments consisted of seven doses of ethoxysulfuron (0, 8.3, 14.6, 20.8, 41.6, 62.5 and 83.3 g ha⁻¹). The herbicide application occurred when bean plants reached V₄ stage of development. The effect of the herbicide on the variables was proportional to the dose used. The tolerance to the shoot mass and to the grain yield were most affected in the IPR Andorinha compared to IPR Tangará. For both cultivars, the variables mass and grain yield were good indicators of the herbicide injury, but plants from the cultivar IPR Andorinha demonstrated to be more sensitive to the herbicide, indicating greater potential for grain yield loss in response to increasing doses of ethoxysulfuron.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Tolerance. Dose response curve.

4.1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da tolerância de plantas cultivadas é de fundamental importância na escolha de herbicidas e doses adequadas para a manutenção do potencial produtivo da cultura. O grau de sensibilidade de plantas aos herbicidas pode ser afetado por fatores abióticos e bióticos do sistema. Por exemplo sabe-se que condições ambientais, tais como temperatura e umidade do ar ou solo, são determinantes na absorção e translocação de produtos químicos (VIDAL et al., 2014). Todavia, os fatores principais estão relacionados a características inerentes da planta.

A nível de campo, a injúria proporcionada pelo herbicida sobre as plantas cultivadas pode ser dependente da dose aplicada. Em consequência da ação deletéria do herbicida, pode haver redução da estatura e a massa das plantas, as quais são variáveis relacionadas com número de ramificações ou perfilhos e com a área foliar da cultura. Estas variáveis quando afetadas negativamente prejudicam o potencial produtivo da cultura. A injúria pode ser dividida em danos estruturais (clorose, necrose, murcha, epinastia e encarquilhamento) e fisiológicos (altera o ciclo de desenvolvimento e reduz o crescimento) (CARVALHO, 2009). Contudo, algumas cultivares de uma mesma cultura podem ser mais tolerantes a estes estresses, possuindo maior capacidade em recuperar da injúria proporcionada pelos agroquímicos. Mesmo injúrias elevadas, quando ocorrem no estágio inicial de desenvolvimento de uma cultivar, pode não afetar o potencial produtivo. Mas, em certas cultivares, níveis de injúria não muito elevados podem apresentar danos que comprometam o potencial produtivo da planta (BAUER, 1995; CARVALHO, 2009; SOLTANI; SHROPSHIRE; SIKKEMA, 2010).

O feijão é considerado uma das “culturas órfãs”, ou seja, possui “baixa expressão econômica”, o que explica parcialmente a reduzida atenção das atividades de pesquisa para a solução dos seus problemas técnicos, em comparação com outras leguminosas como a soja, por exemplo (VARSHNEY et al., 2012). Portanto, existem relativamente poucos herbicidas disponíveis em relação à cultura da soja, principalmente para o controle de espécies do grupo das magnoliopsidas. Na literatura são encontradas algumas publicações descrevendo o potencial uso em feijoeiro de herbicidas inibidores de ALS

(SILVEY et al., 2006; SIKKEMA, SOLTANI, SHROPSHIRE, 2007; HEKMAT et al., 2008; PROCOPIO et al, 2009; SOLTANI, SHROPSHIRE, SIKKEMA, 2010). No entanto em grande parte destes trabalhos observa-se elevada sensibilidade da cultura do feijão. Atualmente, para a cultura do feijão no Brasil estão disponíveis herbicidas de apenas três mecanismos de ação para o controle de infestantes dicotiledôneas em pós-emergência (inibidores de ALS, inibidores do fluxo de elétrons no fotossistema 2 e inibidores da enzima PROTOX). Além disso, é limitado o número de grupos químicos dentro de cada mecanismo de ação, sendo que os inibidores de ALS, por exemplo, inclui-se apenas o grupo químico das imidazolininas (MAPA, 2015).

Avaliando o potencial uso de diferentes herbicidas inibidores da ALS sem recomendação para cultura do feijoeiro, em associação com fomesafen, observou-se que cloransulam-methyl e halosulfuron podem reduzir o rendimento de grãos de plantas de feijão em 35 e 20% respectivamente (SOLTANI, NURSE, SIKKEMA, 2013). Quando aplicado na dose de 150 g ha⁻¹, imazethapyr pode reduzir a produtividade de grãos do feijão em até 30% (SIKKEMA et al. 2006). A redução do rendimento de grãos resultante do uso destes herbicidas é dependente da sensibilidade do cultivar (PROCOPIO et al., 2009; SIKKEMA et al., 2006; SIKKEMA et al., 2004).

O objetivo deste capítulo foi avaliar o efeito de doses crescentes de ethoxysulfuron sobre características morfológicas e nos componentes do rendimento de grãos das cultivares de feijão IPR Tangará e IPR Andorinha.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo localizados nos municípios de Mariópolis (26°33' S e 52°66' O e 820 m de altitude) e Renascença (26°09' S e 52°55' O e 660 m de altitude) entre os meses de março a maio de 2014. Os municípios estão localizados na região Sudoeste do Paraná, Brasil. O solo dos locais é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999), cujas características são demonstradas na Tabela 4.1. O clima é um Cfa (temperado subtropical úmido), conforme a classificação de Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Os

dados de precipitação e temperatura são apresentados na Figura 4.1.

Tabela 4.1 - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférico. UTFPR – Mariópolis/Renascença, 2014.

Componente	Distribuição granulométrica		Componente	Atributos químicos	
	Mariópolis	Renascença		Mariópolis	Renascença
	%			Valor	
Argila	58%	63,7	MO ^{1/}	4,6%	3,4%
Areia	2,5	17,5%	P ₂ O ₅ ^{2/}	8,9	7,9
Silte	39,5	18,8	K ₂ O ^{3/}	0,3	0,6
			CTC ^{4/}	17,8	17,2
			pH ^{5/}	5,2	5,2
			H+Al ^{6/}	9,0	6,2

^{1/} Matéria orgânica (g dm⁻³);

^{2/} Fósforo (mg dm⁻³);

^{3/} Potássio (cmol_c dm⁻³);

^{4/} Capacidade de troca de cátions;

^{5/} pH do solo;

^{6/} Acidez trocável (cmol_c dm⁻³).

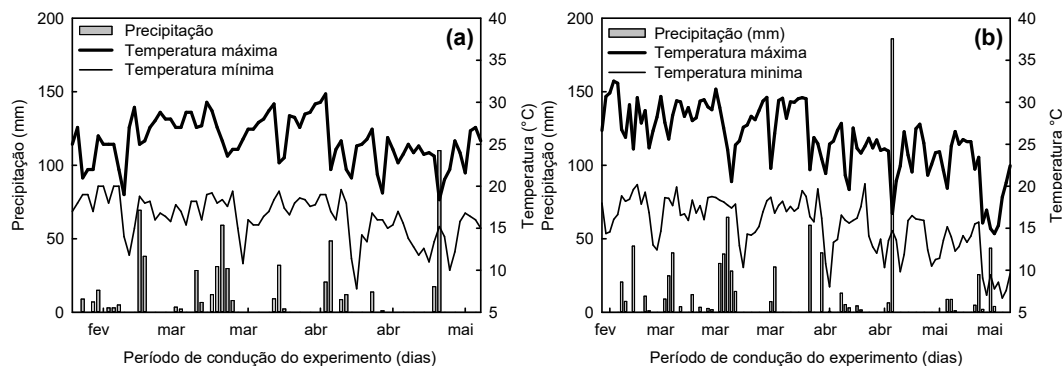


Figura 4.1 - Precipitação pluvial, temperaturas mínima e máxima durante o período de condução dos experimentos em Mariópolis (a) e Renascença (b). UTFPR – Mariópolis/Renascença, 2014.

Fontes: IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná) e COASUL (Cooperativa Agroindustrial localizada no Sudoeste Paranaense).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de sete doses de ethoxysulfuron (0; 8,3; 14,6; 20,8; 41,6; 62,5 e 83,3 g ha⁻¹). As unidades experimentais possuíam cinco metros de comprimento por dois metros de largura.

Em ambos os locais experimentais, a cultura antecedente foi a soja e as plantas infestantes presentes antes da semeadura da cultura do feijão

foram controladas com glyphosate (960 g ha⁻¹). Durante todo o período de condução dos experimentos foram realizadas capinas para o controle das infestantes, de forma que pudesse ser isolado o efeito do herbicida nas plantas de feijão e na produtividade da cultura. A semeadura, a adubação e o controle de pragas e doenças foram realizados conforme descrito no Capítulo 2. No experimento realizado em Mariópolis utilizou-se o cultivar (cv.) de feijão IPR Andorinha, na densidade de 200 mil plantas ha⁻¹ e no experimento de Renascença o cv. de feijão IPR Tangará na densidade de 300 mil plantas ha⁻¹. O cultivar IPR Andorinha é de ciclo precoce (73 dias), porte semiereto, hábito de crescimento determinado tipo 1 (IAPAR, 2013). O cultivar IPR Tangará é um cultivar de ciclo médio (87 dias), porte ereto, hábito de crescimento indeterminado (IAPAR, 2015).

O herbicida foi aspergido com pulverizador costal pressurizado com CO₂, contendo barra de aplicação com três pontas tipo leque XR 110.02, espaçados 0,50 m entre si, e calibrada para distribuir volume de calda de 200 L ha⁻¹ na velocidade de 3,6 km h⁻¹. A aplicação ocorreu quando as plantas atingiram o estágio V₄ (QUINTEIA et al., 2005). As condições ambientais médias durante a aplicação foram: umidade relativa do ar 60% e temperatura 28,6°C.

Aos 10, 15, 20 e 25 DAA foi avaliada a tolerância relativa das plantas de feijão através da escala visual de injúria, avaliando a sintomatologia conforme já descrita no Capítulo 3. Nesses mesmos períodos documentaram-se as injúrias dos herbicidas nas plantas por meio de imagens digitais. A campo foi utilizada câmera fotográfica modelo Canon PowerShot SX50HS, posicionada a altura de 120cm. As imagens foram obtidas com resolução de 1600 x 1200 pixels de resolução horizontal e vertical. Em cada repetição foram tiradas duas fotografias, buscando enquadrar duas linhas de feijão. As imagens foram analisadas com o aplicativo computacional ImageJ, o método procedeu com a separação de canais RGB (red, green e blue), do qual apenas a cor verde foi utilizada. Os pixels verdes foram transformados em brancos e as demais cores foram transformadas em pixels pretos, por fim, através do histograma obteve-se o número de pixels brancos em cada imagem.

Aos 15 e 25 DAA foi avaliada a estatura (EP) de dez plantas de feijão localizadas aleatoriamente na parcela, com o auxílio de uma régua de

100 cm. No mesmo período foram coletadas dez plantas aleatórias por parcela para determinação da massa da parte aérea verde (MPAV). Estas plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, quando atingiram massa constante foi determinada a massa da parte aérea seca (MPAS). Ao final do ciclo foi avaliado a EP, inserção da primeira vagem (IPV) e os componentes de rendimento: número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e o rendimento final da cultura através da colheita da área útil (4 x 0,9 metros) de cada parcela. Os dados de massa, EP e injúria via imagens digitais foram convertidas em percentual de redução em relação à testemunha não aspergida com herbicida. Os dados de rendimento foram transformados em perda de rendimento em relação à testemunha sem herbicida.

4.2.1 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) com o aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013). Os fatores quantitativos, quando significativos foram ajustados de acordo com o modelo logístico de três parâmetros (Equação 4.1) e hipérbole retangular (Equação 4.2).

$$y = a / [1 + (x / D_{50}) ^ b] \quad (\text{Equação 4.1})$$

$$Y = (a * x)/(D_{50} + x) \quad (\text{Equação 4.2})$$

Onde: y representa a resposta da variável dependente, x é a dose do herbicida, a é a assíntota máxima da curva, b é a declividade da curva e D_{50} representa a dose necessária para reduzir a variável dependente em 50%.

Com base na equação da hipérbole retangular (Equação 4.2), a qual simula a perda de rendimento em função das doses de ethoxysulfuron, é proposto um modelo de equação que denota a dose de ethoxysulfuron de acordo com a perda de rendimento (Equação 4.3).

$$x = (PR * D50) / (a - PR) \quad (\text{Equação 4.3})$$

Onde: **PR** é a perda de rendimento; **a**, **D₅₀** e **x** são conforme descritos na Equação 4.2.

Adicionalmente foi calculado o erro padrão da média conforme procedimento apresentado no Capítulo 2.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Cultivar IPR Andorinha

O impacto das doses de ethoxysulfuron sobre as variáveis tolerância relativa (10, 15, 20 e 25 DAA), MPAV (15 e 25 DAA), MPAS (25 DAA) e número de grãos por vagem foi representado pelo modelo logístico de três parâmetros ($p \leq 0,01$) (Figura 4.2 e Tabela 4.2).

A tolerância relativa das plantas de feijão aumentou no decorrer das épocas de avaliação (Figura 4.2a). A avaliação realizada aos 10 DAA foi a qual indicou maior injúria do herbicida sobre as plantas de feijão. Neste período a tolerância relativa das plantas na maior dose de ethoxysulfuron (83,2 g ha⁻¹) foi de aproximadamente 60%. A avaliação aos 25 DAA para esta mesma dose, indicou que a tolerância relativa foi de 85%. Ressalta-se que os níveis de injúria detectados visualmente foram mais pronunciados entre as doses 0 e 14,6 g ha⁻¹ em comparação as doses entre 14,6 e 83,2 g ha⁻¹.

A MPAV aos 15 e 25 DAA (Figura 4.2b) das plantas foi pouco afetada por doses de ethoxysulfuron inferiores a 41,6 g ha⁻¹, no entanto, quando a dose foi de 83,2 g ha⁻¹, a MPAV aos 15 DAA foi reduzida a 80% e aos 25 DAA a 70%, se comparado a testemunha sem a aplicação de ethoxysulfuron. As plantas de feijão tiveram sua MPAS (Figura 4.2c) reduzida a

aproximadamente 65% quando a dose de ethoxysulfuron utilizada foi de 83,2 g ha⁻¹.

O número de grãos por vagem foi o único componente de rendimento afetado pelas doses de ethoxysulfuron (Figura 4.2d). Na maior dose do herbicida, a redução chegou a 30% se comparado com a testemunha sem aplicação. Assim como indicado com a tolerância relativa, perdas substanciais foram observadas entre as doses 0 e 14,6 g ha⁻¹ em comparação as doses de 14,6 a 83,2 g ha⁻¹ de ethoxysulfuron.

A perda de rendimento foi representada pela hipérbole retangular ($p \leq 0,01$) (Figura 4.2e), sendo que esta foi proporcional ao incremento das doses de ethoxysulfuron. A máxima perda com a maior dose aplicada chegou a 37%.

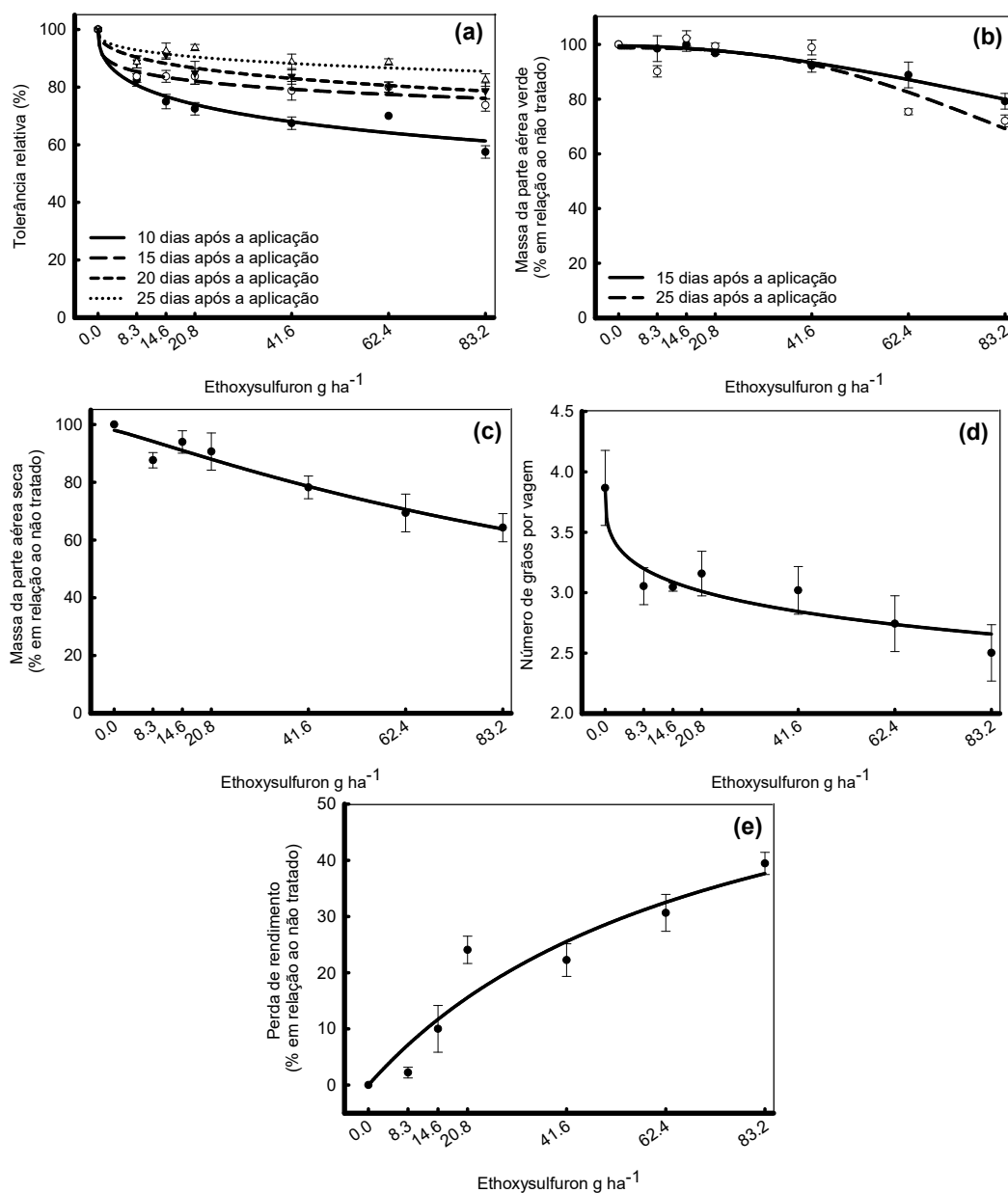


Figura 4.2 - Efeito de doses crescentes de ethoxysulfuron sobre as variáveis tolerância relativa (%) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (a), massa da parte aérea verde (%) aos 15 e 25 DAA (b), massa da parte aérea seca (%) aos 25 DAA (c), número de grãos por vagem (d) e queda no rendimento de grãos (%) (e) de plantas de feijão, cultivar IPR Andorinha. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão nas Tabelas 4.2 e 4.3. UTFPR – Mariópolis, 2014.

Com exceção do número de grãos por vagem, o qual não foi transformado em porcentagem comparada com a testemunha (Figura 4.2), as demais variáveis apresentaram os valores do parâmetro **a** próximos a 100%, garantindo maior segurança quanto a integridade dos demais parâmetros das

equações (Tabela 4.2). Os valores de D_{50} (Tabela 4.2) para todas essas variáveis testadas extrapolaram a dose máxima utilizada no experimento, indicando que são variáveis pouco afetadas pelo herbicida. Por exemplo, para a variável tolerância relativa, os D_{50} foram elevados, variando entre 248 (tolerância relativa 10 DAA) e 12675 g ha⁻¹ (tolerância relativa 25 DAA). As massas verde e seca demonstraram valores de D_{50} variando entre 114 (MPAV25) e 175 (MPAV15). O D_{50} calculado para o número de grãos por vagem também foi elevado, sendo de 855 g ha⁻¹.

Tabela 4.2 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para as variáveis, tolerância relativa (TR) (%) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), massa da parte aérea verde (MPAV) (%) aos 15 e 25 DAA, massa da parte aérea seca (MPAS) (%) aos 15 DAA e número de grãos por vagem (NGV). UTFPR – Mariópolis, 2014.

Variável	Parâmetros ^{1/}			R^2	QME	p
	a	b	D_{50}			
TR10	100,03 ($\pm 3,78$) ^{2/} **	0,42 ($\pm 0,11$)*	248,21 ($\pm 125,16$) ^{ns}	0,92	14,35	<0,01
TR15	99,92 ($\pm 2,11$)**	0,26 ($\pm 0,07$)*	6796,27 ($\pm 9753,50$) ^{ns}	0,93	4,44	<0,01
TR20	99,93 ($\pm 1,96$)**	0,41 ($\pm 0,09$)*	2072,35 ($\pm 1738,27$) ^{ns}	0,93	3,86	<0,01
TR25	99,64 ($\pm 3,24$)**	0,36 ($\pm 0,22$) ^{ns}	12674,75 ($\pm 40687,72$) ^{ns}	0,64	10,55	0,06
MPAV15	99,49 ($\pm 0,95$)**	1,90 ($\pm 0,38$)**	174,77 ($\pm 28,76$)**	0,96	8,44	<0,01
MPAV25	98,76 ($\pm 3,83$)**	2,70 ($\pm 3,82$) ^{ns}	114,07 ($\pm 29,15$)**	0,70	47,33	0,04
MPAS15	98,00 ($\pm 3,63$)**	1,18 ($\pm 0,32$)*	145,44 ($\pm 32,43$)**	0,91	16,02	<0,01
NGV	3,85 ($\pm 0,16$)**	0,34 ($\pm 0,13$)*	854,73 ($\pm 973,81$) ^{ns}	0,86	0,02	<0,01

^{1/} Logística de três parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade.

^{ns}= Não significativo

Os parâmetros que indicam a perda de rendimento em função das doses de ethoxysulfuron são demonstrados na Tabela 4.3. O parâmetro a representa a assíntota máxima da curva, ou seja, é a máxima perda de rendimento simulada pela hipérbole retangular quando a dose de ethoxysulfuron tende ao infinito, neste caso foi de 71,39%. O D_{50} indica a dose necessária para reduzir 50% da produtividade de grãos das plantas de feijão, tomando como base a assíntota máxima da curva. Na prática, 74,58 g ha⁻¹ de ethoxysulfuron reduz 35% do rendimento de grãos.

Tabela 4.3 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para determinar a relação entre doses de ethoxysulfuron e a perda no rendimento de grãos de plantas de feijão, cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Mariópolis, 2014.

Variável	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	p
	a	D_{50}			
Perda de rendimento	71,39 (30,22) ^{2/ns}	74,58 (54,70) ^{ns}	0,89	23,45	<0,01

^{1/} hipérbole retangular de dois parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

** significativo a 1% de probabilidade.

*ns = não significativo.

4.3.2 Cultivar IPR Tangará

A resposta das variáveis tolerância relativa (10 e 15 DAA), MPAV (25 DAA), estatura de plantas (na colheita) e massa de mil grãos foi representada pelo modelo logístico de três parâmetros ($p < 0,01$) (Figura 4.3 e Tabela 4.4).

A tolerância relativa (Figura 4.3) das plantas de feijão do cultivar IPR Tangará aumentou com o decorrer das épocas de avaliação. Na maior dose de ethoxysulfuron (83,2 g ha⁻¹), a tolerância relativa detectada aos 10 DAA foi 75%, enquanto que aos 15 DAA a tolerância foi de 90%.

Para a maior dose do herbicida, a MPAV (Figura 4.3) foi reduzida a 80% se comparada a testemunha sem aplicação. Ressalta-se que doses próximas a 1 g ha⁻¹ foram suficientes para reduzir a MPAV a menos de 90% em relação a testemunha.

Na maior dose de ethoxysulfuron, a EP (Figura 4.3) quando avaliada no momento da colheita, foi reduzida a aproximadamente 85% se comparado com a testemunha sem aplicação de ethoxysulfuron.

A massa de mil grãos foi o único componente de rendimento afetado pelo ethoxysulfuron (Figura 4.3). Quando a dose de ethoxysulfuron foi de 83,2 g ha⁻¹, a redução dessa variável chegou a 10% se comparado a testemunha. Destaca-se que em doses superiores a 14,6 g ha⁻¹, é observada elevada redução desta variável.

A perda de rendimento (Figura 4.3) de grãos das plantas de feijão foi representada pela hipérbole retangular ($p \leq 0,01$). O incremento de perda de

rendimento de grãos foi proporcional as doses de ethoxysulfuron, chegando a 27% na maior dose do herbicida.

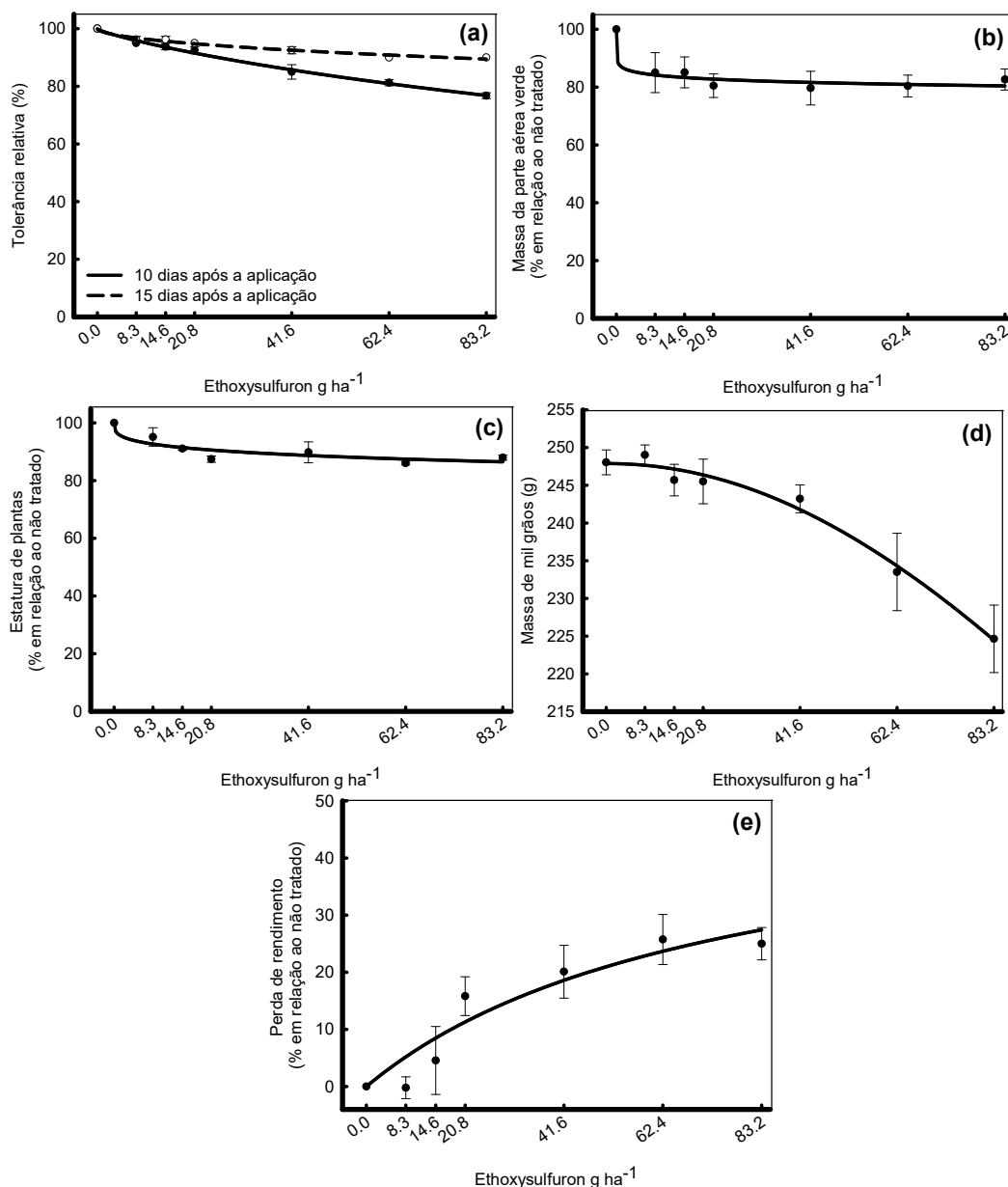


Figura 4.3 - Efeito de doses crescentes de ethoxysulfuron sobre as variáveis, tolerância relativa, aos 10 e 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) (a), massa da parte aérea verde (MPAV) aos 25 DAA (b), estatura de plantas (c), massa de mil grãos (d) e perda no rendimento de grãos (e) de plantas de feijão, cultivar IPR Tangará. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão nas Tabelas 4.4 e 4.5. UTFPR – Renascença, 2014.

Os valores de D_{50} para as variáveis da tolerância relativa (10 e 15 DAA), MPAV (25 DAA) estatura e MMG foram elevados (Tabela 4.4), sugerindo

que as plantas do cultivar IPR Tangará são pouco afetadas pela aplicação de ethoxysulfuron.

Tabela 4.4 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para as variáveis, tolerância relativa (TR) (%) aos 10 e 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), massa da parte aérea verde (MPAV) (%) aos 25 DAA, estatura de plantas na colheita (EP) (%) e massa de mil grãos (MMG) de plantas de feijão, cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.

Variável	Parâmetros ^{1/}			R^2	QME	p
	a	b	D_{50}			
TR10	99,81 (0,74) ^{2/**}	0,86 (0,07)**	337,81 (41,49)**	0,99	0,60	<0,01
TR15	99,99 (0,08)**	0,55 (0,08)**	4088,36 (2408,20) ^{ns}	0,97	0,43	<0,01
MPAV25	100,02 (2,12)**	0,11 (0,07) ^{ns}	23737076,81 (210976476,80) ^{ns}	0,91	4,49	<0,01
EP	100,13 (2,31)**	0,29 (0,14) ^{ns}	47520,00 (157108,73) ^{ns}	0,78	5,35	0,02
MMG	247,88 (0,85)**	2,04 (0,33)**	250,95 (46,29)**	0,98	1,88	<0,01

^{1/} Logística de três parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

** significativo 1% de probabilidade.

^{ns}= Não significativo

A máxima perda de rendimento apresentada pela assíntota indica valor de 52,32%, de acordo com a hipérbole retangular (Tabela 4.5). O D_{50} foi de 75,5 g ha⁻¹, isto indica que o herbicida ethoxysulfuron, nessa dose é capaz de reduzir 25% do rendimento de grãos.

Tabela 4.5 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2) e probabilidade (p) para determinar a relação entre doses de ethoxysulfuron e a perda no rendimento de grãos de plantas de feijão, cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.

Variável	Parâmetros ^{1/}		R^2	QME	p
	a	D_{50}			
Perda de rendimento	52,32 (24,93) ^{2/ns}	75,50 (62,09) ^{ns}	0,88	15,46	<0,01

^{1/} hipérbole retangular de dois parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

** significativo a 1% de probabilidade.

*ns = não significativo.

4.3.3 Máxima dose do herbicida antes da injúria econômica

Com base na Equação 4.3 foram calculadas as doses de ethoxysulfuron de acordo com a perda de rendimento (Figura 4.4). Os parâmetros utilizados para determinação das doses são os mesmos estimados nas Tabelas 4.3 e 4.5. Esta simulação é importante para adequar a dose do

herbicida em função da perda de produtividade devido a presença de infestantes. Por exemplo, quando a perda de rendimento proporcionada por infestantes for 10%, a dose de ethoxysulfuron recomendada para a cultura com o cultivar IPR Tangará não poderá ser superior a 17 g ha⁻¹, para evitar que a perda de rendimento provocada pelo herbicida seja superior àquela imposta pelas infestantes. Para o cultivar IPR Andorinha, o mesmo nível de perda provocada pelas infestantes implica em máxima dose de ethoxysulfuron a ser utilizada de 12 g ha⁻¹.

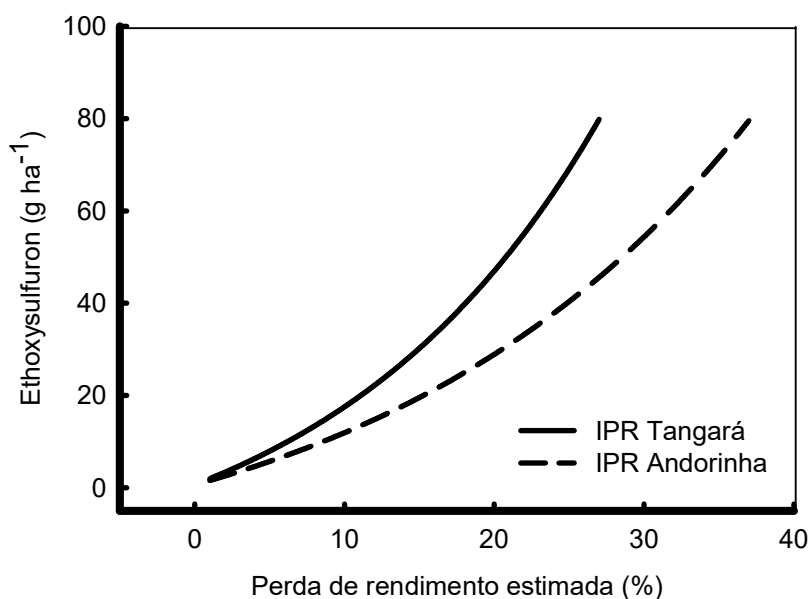


Figura 4.4 - Doses de ethoxysulfuron estimadas em função da perda de rendimento de grãos das cultivares de feijão IPR Tangará e IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2015.

4.4 DISCUSSÃO

A primeira hipótese deste capítulo é de que as variáveis morfológicas, os componentes do rendimento e o rendimento de grãos do feijoeiro são afetados negativamente por doses crescentes de ethoxysulfuron. De fato, isto foi comprovado em ambas as cultivares. Todavia, algumas variáveis não responderam significativamente ao incremento de doses de ethoxysulfuron, por exemplo, a estatura de plantas (15 e 25 DAA) e a detecção de injúrias via imagens digitais (10, 15, 20 e 25 DAA) em ambas as cultivares

(Apêndices 4.1, 4.2, 4.4, 4.5). Em ambos as cultivares foram observadas reduções na tolerância relativa MPAV e incremento na perda de rendimento, proporcionalmente as doses de ethoxysulfuron (Figura 4.2 e 4.3). Além das variáveis citadas o cultivar IPR Andorinha indicou redução na MPAS e NGV (Figura 4.2), enquanto que para o cultivar IPR Tangará, foi constatado redução na EP no momento da colheita e MMG (Figura 4.2). Os valores de D_{50} calculados pela equação logística de três parâmetros sobre as variáveis tolerância relativa, MPAV, MPAS, EP, NGV e MMG foram elevados, indicando que apesar dos efeitos fitotóxicos proporcionados pelo herbicida, são necessárias doses elevadas para proporcionar 50% de redução nas variáveis (Tabelas 4.3 e 4.4). Os resultados indicam que os danos sobre as variáveis morfológicas são proporcionais ao incremento de doses de ethoxysulfuron. Reduções do valor das variáveis tolerância relativa, número de grãos por vagem (IPR Andorinha) e estatura de plantas (IPR Tangará) são observadas principalmente no intervalo de doses entre 0 e 14,6 g ha⁻¹.

Na literatura também são encontrados trabalhos que confirmam a hipótese de que a aplicação de herbicidas em doses crescentes em uma determinada cultura, proporcionam efeitos fitotóxicos sobre as plantas. Por exemplo, a injúria provocada pelo herbicida saflufenacil, quando aplicado em pré-emergência em plantas de soja é diretamente proporcional ao incremento das doses do produto (MILLER et al., 2012). A injúria sobre as plantas e a perda de rendimento de grãos de feijão é proporcional ao incremento de doses de pyroxasulfone e linuron aplicados em pré-emergência (SIKKEMA et al., 2008). O herbicida halosulfuron, aplicado tanto em pré como em pós-emergência, em crescentes doses (0 a 70 g ha⁻¹) afeta negativamente rendimento de grãos de feijão (SILVEY et al. 2006).

Como antítese, relata-se o exemplo do herbicida clomazone, com doses de 1116 e 2232 g ha⁻¹, que não afetou o rendimento de grãos de plantas de feijão (SIKKEMA et al., 2007). Da mesma forma, o herbicida imazethapyr (75 e 150 g ha⁻¹) não compromete o rendimento de grãos da cultura do feijão (SIKKEMA et al., 2008). Em ambos os casos as aplicações foram realizadas em pré-emergência, diferente do presente trabalho o qual a aplicação foi realizada em pós-emergência da cultura do feijão.

Em síntese, os resultados sugerem que doses elevadas de ethoxysulfuron podem proporcionar danos expressivos nas variáveis MPAV (Figura 4.2b), MPAS (Figura 4.2c) e perda de rendimento de grãos (Figura 4.2e) do cultivar IPR Andorinha e das variáveis tolerância relativa aos 10 DAA (Figura 4.3a), massa de mil grãos (Figura 4.3d) e perda de rendimento de grãos (Figura 4.3e) do cv. IPR Tangará.

Uma estratégia para reduzir os efeitos fitotóxicos do herbicida sobre as plantas cultivadas é a associação com herbicidas pertencentes a outros mecanismos de ação. Com isso, possível efeito sinérgico poderia requerer reduzida dose de ethoxysulfuron, conferindo segurança para a planta cultivada e adequada eficácia no controle de plantas infestantes. Por exemplo, os herbicidas halosulfuron (inibidor da ALS pertencente ao grupo químico das sulfonilureias) e bentazon (inibidor do Fotossistema II) quando aplicados isoladamente proporcionam redução de 20 e 10% respectivamente no rendimento de grãos de feijão, contudo, a associação destes herbicidas incrementa a produtividade em 5% (SOLTANI; NURSE; SIKKEMA, 2013).

Os resultados obtidos neste Capítulo fornecem evidências para a segunda hipótese proposta, de que cultivares de feijão comportam-se distintamente a campo em função das doses de ethoxysulfuron. As avaliações de tolerância relativa do cv. IPR Andorinha demonstram que aos 10, 15, 20 e 25 DAA o herbicida proporcionou redução da variável (Figura 4.2a). Mas, para plantas do cv. IPR Tangará, apenas aos 10 e 15 DAA foi observado efeito do herbicida sobre a tolerância das plantas de feijão (Figura 4.3a). A MPAV do cultivar IPR Andorinha foi negativamente afetada, quando avaliada aos 15 e 25 DAA (Figura 4.2b), enquanto que o IPR Tangará foi apenas aos 25 DAA (Figura 4.3b). Os valores de D_{50} da MPAV foram inferiores para o cultivar IPR Andorinha (Tabela 4.2) em relação ao IPR Tangará (Tabela 4.3), indicando que menores doses são necessárias para proporcionar a mesma redução de massa. A MPAS foi afetada apenas para o IPR Andorinha, contudo apenas o IPR Tangará teve a sua estatura negativamente afetada. Além de que a máxima dose do herbicida antes da injúria econômica foi superior para o cultivar IPR Andorinha se comparado ao cultivar IPR Tangará (Figura 4.4)

Na literatura são relatados casos que demonstram tolerância diferencial entre cultivares de uma mesma espécie. Cultivares de soja

apresentam tolerância diferencial aos herbicidas bentazon, fomesafen, imazamox, linuron e sulfentrazone (WILLIAMS; NELSON, 2014) e cultivares de cana de açúcar podem ter seu desenvolvimento e a produtividade reduzidos em função da aplicação de diferentes herbicidas (FERREIRA et al., 2010; SCHIAVETTO et al., 2012). Cultivares de algodão podem responder de forma diferenciada a aplicação de fomesafen quando avaliado a injúria, stand e massa de plantas em diferentes ambientes, porém a perda de rendimento é semelhante entre os locais (MAIN et al., 2012). A resposta de dois cultivares de feijão, quando submetidas a aplicação de diferentes herbicidas inibidores de ALS e Protox, tende a ser semelhante (SIKKEMA et al., 2004).

Nas plantas de ambos as cultivares, independente da dose aplicada a tolerância relativa variou no tempo. Ou seja, as avaliações indicaram que a tolerância das plantas é menor nas primeiras épocas de avaliação e com o decorrer das épocas a tolerância aumenta gradativamente. Este resultado sugere que processos de degradação da molécula do herbicida pelas plantas pode estar relacionado com a capacidade das plantas de feijão em tolerar o herbicida ethoxysulfuron. O principal mecanismo de tolerância de plantas cultivadas (CARVALHO, 2009) e daninhas (OZTETIK, 2010) aos herbicidas do grupo químico das sulfonilureias é a detoxificação da molécula do herbicida através de enzimas específicas (isto será discutido no Capítulo 6). Com base nesta informação, especula-se que as plantas do cultivar IPR Tangará possuam maior capacidade de metabolizar a molécula do herbicida em relação às plantas do cultivar IPR Andorinha. A resposta diferenciada de plantas cultivadas a herbicidas do grupo químico das sulfonilureias já tem sido atribuída pelos diferentes níveis de metabolização (LIU et al., 2015).

Outro fator que pode estar relacionado à tolerância das plantas de feijão ao ethoxysulfuron é o ciclo de desenvolvimento das plantas. O ciclo de das cultivares IPR Tangará e IPR Andorinha é de 87 (IAPAR, 2015) e 73 (IAPAR, 2013) dias respectivamente. Portanto, sugere-se que por ser mais precoce, o cultivar IPR Andorinha apresente maior sensibilidade ao herbicida. Plantas de ciclo precoce tendem a emitir estruturas reprodutivas antecipadamente em relação a plantas de ciclo normal e, injúrias provocadas próximas neste período de desenvolvimento tendem a ser mais prejudiciais ao potencial produtivo da cultura. Ressalta-se que a tolerância relativa assim como

a MPAV e MPAS foram detectadas aos 25 DAA no cultivar IPR Andorinha, enquanto que no cultivar IPR Tangará foi observado apenas alteração de MPAV aos 25 DAA. A produção de massa pela parte aérea da planta é diretamente relacionada à área foliar e produção de ramos. Essa última variável também é relacionada a emissão de estruturas reprodutivas. Quando afetados, estes componentes além de comprometerem o potencial produtivo, podem reduzir a habilidade competitiva das plantas.

Nas parcelas sem aplicação do herbicida, o rendimento de grãos do cultivar IPR Andorinha foi de 1600 kg ha⁻¹, enquanto que o IPR Tangará foi de 2100 kg ha⁻¹. De modo geral, as características do solo (Tabela 4.1) foram adequadas para o desenvolvimento da cultura (TEDESCO, et al. 2014). Contudo, conforme indicado por Dourado-Neto e Fancelli (2000) o consumo hídrico médio para a cultura é de 3 a 4 mm diários. Portanto, para as cultivares alvo deste estudo a necessidade seria entorno de 300 (IPR Andorinha) a 350 (IPR Tangará) mm durante todo o ciclo das plantas. Porém as precipitações foram de 600 (IPR Andorinha) e 820 (IPR Tangará) mm (Figura 4.1), sendo muito superiores ao indicado para o ótimo desenvolvimento das plantas. Quando em excesso, a precipitação favorece o desenvolvimento de doenças, abortamento de flores. Como ocorreu excesso de chuvas ao final do desenvolvimento da cultura, principalmente durante a maturação do cultivar IPR Andorinha, foi constatado precipitação elevada, o que pode ter reduzido a qualidade de grãos, prejudicado o rendimento final de grãos da cultura.

4.5 CONCLUSÕES

Em ambos as cultivares foi observado redução da tolerância da MPAV e do rendimento de grãos das plantas de feijão, contudo o cultivar IPR Andorinha demonstrou ser mais sensível ao herbicida, indicando maior perda potencial de rendimento de grãos em função das doses crescentes de ethoxysulfuron.

5 EFICIÊNCIA DO ETHOXYSULFURON NO CONTROLE DE PLANTAS INFESTANTES NA CULTURA DO FEIJÃO COMUM CULTIVAR IAC IMPERADOR

Resumo: Apesar das perdas de rendimento proporcionadas pelas plantas daninhas na cultura do feijão serem elevadas, o número de herbicidas registrados para o controle de plantas infestantes dicotiledôneas em pós emergência na cultura do feijão é baixa. Os objetivos deste capítulo foram avaliar o efeito de doses crescentes de ethoxysulfuron sobre o desenvolvimento de plantas de feijão cv. IAC Imperador e no controle de plantas infestantes. Um experimento foi conduzido em campo, com delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e com quatro repetições. Nas parcelas principais foram alocadas as doses de ethoxysulfuron (0; 10,4; 20,8; 41,6; 62,5 e 83,3 g ha⁻¹) e nas sub parcelas três cultivares de soja (consideradas como plantas infestantes) (AMS Tibagi, Dow D6 e Nidera 5909). A presença das demais infestantes na área ocorreu naturalmente, sendo observado predominância das plantas de *Bidens pilosa* e *Ipomoea* spp. em toda a área experimental. Adicionalmente foi incluído um tratamento extra sem infestantes e sem aplicação do herbicida. A aplicação do herbicida ocorreu quando as plantas de feijão atingiram o estágio de desenvolvimento V₃. Os resultados indicam que as plantas de feijão do cultivar IAC Imperador têm sua tolerância reduzida em função das doses de ethoxysulfuron. Foram constatados níveis satisfatórios de controle e redução da massa seca da parte aérea de plantas de soja e *Ipomoea* spp. com ethoxysulfuron na dose de 20 g ha⁻¹. O herbicida incrementou o rendimento de grãos do feijoeiro quando em competição com as infestantes. Ethoxysulfuron é eficiente no controle de plantas de *Ipomoea* e soja, contudo, até a dose de 83,2 g ha⁻¹ ele não é eficaz no controle de *Bidens pilosa*. Há incremento do rendimento de grãos do feijoeiro cultivar IAC Imperador de forma diretamente proporcional à dose de ethoxysulfuron, mas a fitointoxicação impede que a produtividade de grãos da cultura atinja o nível obtido na testemunha livre de infestantes e sem herbicida.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Rendimento de grãos. Controle de soja.

WEED CONTROL WITH ETHOXYSULFURON ON THE COMMON BEAN CROP CV. IAC IMPERADOR

Abstract: Despite the yield loss due to weeds in the bean crop to be high, there is limited number of herbicides registered for dicotyledonous weed control on post-emergence in the bean crop. This chapter has the objectives to evaluate the effect of ethoxysulfuron on the development of the common bean crop IAC Imperador and to evaluate the efficacy on weed control. One field experiment was conducted using a randomized block design with split plot arrangement of the treatments with four replicates. In the main plots were allocated the doses of ethoxysulfuron (0, 10.4, 20.8, 41.6, 62.5 and 83.3 g ha⁻¹) and on the sub plots were three soybean cultivars (considered weeds on the bean crop) (AMS

Tibagi, Dow D6 and Nidera 5909). The presence of other weeds in the area occurred naturally, being observed predominance of plants of *Bidens pilosa* and *Ipomoea* spp. throughout the experimental area. In addition, it was included a extra treatment without weeds and with no herbicides. Herbicide application occurred when the common bean plants have reached the growth stage V₃. The common bean plants cv. IAC Imperador tolerance to ethoxysulfuron is dose dependent. Ethoxysulfuron at 20 g ha⁻¹ reduced the shoot dry mass of soybean plants and *Ipomoea* spp. and increased the grain yield of common bean crop when in competition with weeds. Ethoxysulfuron, up to 83.2 g ha⁻¹, did not control *Bidens pilosa*. There is an ethoxysulfuron dose dependent increase in common bean grain yield, but the crop injury prevents the grain productivity to reach the grain yield attained at the weed-free herbicide-free control.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Grain yield. Soybean control.

5.1 INTRODUÇÃO

O manejo químico de plantas infestantes na cultura do feijão é uma prática amplamente difundida, principalmente devido à sua simplicidade e agilidade em relação ao manejo mecânico. Atualmente no Brasil, para o controle de infestantes na cultura do feijão são registrados 27 herbicidas, pertencentes a 9 mecanismos de ação (MAPA, 2015), o que pode ser considerado baixo se comparado com a cultura da soja, que possui 55 herbicidas divididos em 11 mecanismo de ação (MAPA, 2015). Contudo, o fator mais limitante é a baixa disponibilidade de herbicidas para o controle de infestantes dicotiledôneas em pós-emergência, pois na cultura do feijão há apenas cinco herbicidas (MAPA, 2015). Este pode ser considerado um dos fatores que contribuem para a menor atratividade do produtor na decisão de plantio desta cultura. Outro fator que pode contribuir para a menor disponibilidade de herbicidas para a cultura do feijão é a maior sensibilidade das plantas em relação às plantas de soja. Desta forma é necessário identificar herbicidas com amplo espectro no controle de infestantes e que promovam margem de segurança adequada para que a cultura mantenha sua habilidade competitiva e produtividade de grãos.

Além da disputa por recursos do solo, a presença de infestantes altera a quantidade e qualidade de luz interceptada pelas plantas. Em conjunto,

estes fatores reduzem a habilidade competitiva da cultura, tornando-a mais sensível aos estresses impostos pelo ambiente. A eficiência da colheita também é influenciada pela presença de infestantes, tornando-a mais lenta e com maiores perdas (TEIXEIRA et al., 2009). O fato agrava-se quando a colheita é manual, neste caso trabalhadores evitam a colheita em áreas muito infestadas. Quando a colheita é mecânica, as daninhas dificultam o processo de separação e limpeza de grãos, além de que podem reduzir a vida útil dos equipamentos. Após a colheita, a presença de resquícios das infestantes em meio aos grãos de feijão reduz a qualidade do produto, elevando os teores de impureza e a umidade dos grãos.

Em função da espécie, plantas infestantes podem proporcionar diferentes níveis de dano sobre o desenvolvimento de plantas cultivadas (DAS, PAUL, YADURAJU, 2014; ZIMDAHL, 2004; RIZZARDI, FLECK, AGOSTINETTO, 2003; FLECK et al., 2004). Isto é decorrente ao hábito de crescimento de cada espécie, por exemplo, plantas volúveis como as convulváceas possuem maior capacidade de competir por luz, devido aos seus ramos que se sobressaem facilmente sobre as plantas cultivadas.

Mesmo com práticas de manejo, estima-se que a redução no rendimento de grãos de plantas de feijão proporcionada pela presença de infestantes pode superar 25% (CIESLIK, 2012). Perdas desta magnitude podem proporcionar prejuízo anual de aproximadamente 1 bilhão de reais (VIDAL, 2010). Quando a interferência por infestantes ocorre durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, a perda de rendimento de grãos pode variar de 20 a 80% (KOZLOWSKI et al., 2002; SALGADO et al., 2007).

Para que o herbicida seja considerado eficiente no controle de plantas infestantes e não reduza o potencial produtivo das plantas cultivadas, o nível de injúria sobre a cultura deve ser inferior ao dano proporcionado pelas daninhas. Além disso, o dano proporcionado pelo herbicida sobre as infestantes deve ser suficiente para controlar ou retardar seu crescimento a ponto de que a cultura se sobressaia e obtenha o máximo potencial produtivo.

As plantas comportam-se de maneira diferenciada a um determinado herbicida. Isso ocorre em função da espécie ou do estágio de desenvolvimento da planta. Em muitos casos, os agricultores têm optado pela redução da dose do herbicida ou o parcelamento da aplicação, a fim de reduzir

os gastos com a aplicação e até mesmo reduzir a injúria sobre a cultura. Contudo, práticas como esta, seguidas pela aplicação sequencial de herbicidas pertencentes ao mesmo mecanismo de ação contribuíram para selecionar plantas resistentes. Por exemplo, em *Euphorbia heterophylla*, houve evolução de biótipos resistentes aos herbicidas inibidores de ALS e PROTOX na região sudoeste do Paraná (TREZZI et al. 2005).

O herbicida ethoxysulfuron pertence ao grupo químico das sulfonilureias e tem registro para o controle de plantas daninhas nas culturas da cana de açúcar e do arroz (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Ethoxysulfuron tem-se mostrado seletivo as culturas do feijão-caupi e feijão-comum (IKEDA, VIVIAN, 2012; ASSIS et al., 2014), e especula-se que o herbicida seja eficiente no controle de plantas infestantes em meio ao feijoeiro. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito de ethoxysulfuron em plantas do feijoeiro cv. IAC Imperador e avaliar o seu efeito sobre a comunidade de plantas infestantes presentes na cultura.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo no município de Pato Branco (26°17'S e 52°69' O e 760 m de altitude) entre os meses de janeiro a abril de 2015. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999), cujas características são apresentadas na Tabela 5.1. O clima é Cfa (temperado subtropical úmido), conforme a classificação de Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Os dados de precipitação e temperatura são demonstrados na Figura 5.1.

Tabela 5.1 - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférico. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Distribuição granulométrica		Atributos químicos	
Componente	%	Componente	%
Argila	55,7	MO ^{1/}	4,9
Areia	3,0	P ₂ O ₅ ^{2/}	14,3
Silte	41,3	K ₂ O ^{3/}	0,70
		CTC ^{4/}	17,6
		pH ^{5/}	5,6
		H+Al ^{6/}	5,3

^{1/} Matéria orgânica (g dm⁻³);

^{2/} Fósforo (mg dm⁻³);

^{3/} Potássio (cmol_c dm⁻³);

^{4/} Capacidade de troca de cátions;

^{5/} pH do solo;

^{6/} Acidez trocável (cmol_c dm⁻³).

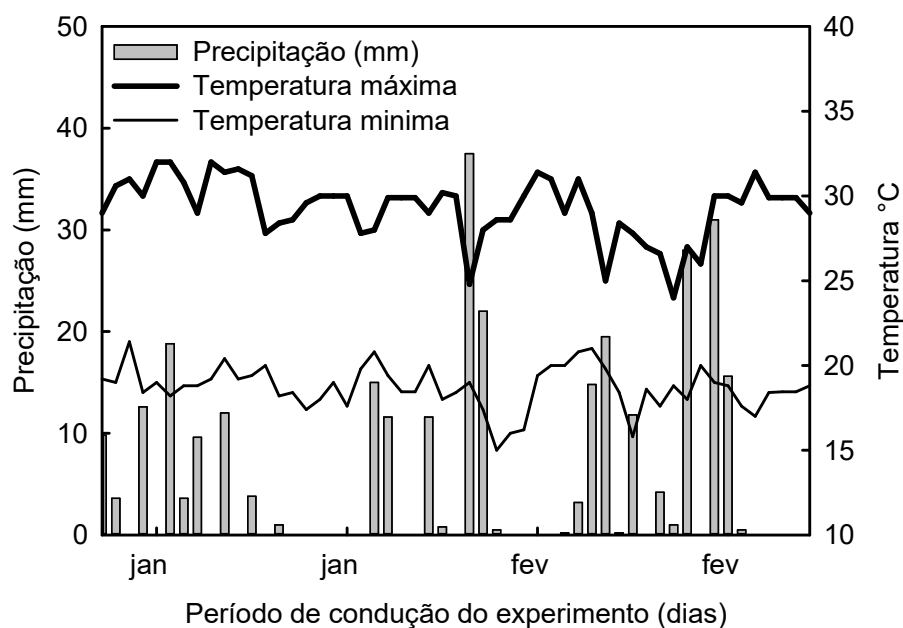


Figura 5.1 - Precipitação, temperaturas mínima e máxima durante o período de condução do experimento em Pato Branco. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Fonte: IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná)

O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com parcelas subdivididas com quatro repetições. Nas parcelas principais foram alocadas as doses de ethoxysulfuron (0; 10,4; 20,8; 41,6; 62,5 e 83,3 g ha⁻¹). Nas sub parcelas foram semeadas manualmente a lanço 3 cultivares de soja (AMS Tibagi, Dow D6 e Nidera 5909), as quais foram consideradas como competidoras. As parcelas principais possuíam nove metros de comprimento por dois metros de largura e as sub parcelas possuíam três metros de

comprimento por dois metros de largura. Adicionalmente foi realizado um tratamento sem aplicação de ethoxysulfuron e livre da presença de infestantes.

A área estava sob pousio e antes da semeadura da cultura do feijão foi realizada uma roçada seguida por gradagem, a fim de estimular a emergência de infestantes no local. A semeadura, a adubação e o controle de pragas e doenças foram realizados conforme descrito no Capítulo 2. O cultivar de feijão utilizado foi o IAC Imperador na densidade de 230 mil plantas ha⁻¹. O cultivar IAC Imperador possui ciclo de desenvolvimento precoce (70 a 75 dias), porte semi-ereto (CHIORATO, et al. 2012). A aplicação dos tratamentos herbicidas foi realizada com equipamento e especificações descritas no Capítulo 4. Na aplicação, as plantas de feijão estavam no estágio de desenvolvimento V₃ (QUINTEIA et al., 2005). As condições ambientais médias durante a aplicação foram: umidade relativa do ar 70% e temperatura 29 °C.

Na área foi observado a predominância das espécies *Bidens pilosa* e *Ipomoea* spp., por este motivo as demais infestantes foram eliminadas das parcelas a fim de facilitar as avaliações e a análise dos resultados.

A tolerância relativa das plantas de feijão (TR) foi avaliada aos 15, 20 e 25 DAA. A variável controle de plantas daninhas (CPD) foi avaliada aos 15 DAA. As avaliações de CPD aos 20 e 25 DAA foram discriminadas de acordo com a espécie infestante (*Bidens* spp e *Ipomoea* spp). Aos 25 DAA foi realizada a contagem do número de plantas de *Bidens* spp (NPB) e de *Ipomoea* spp (NPI) em 1m⁻². Posteriormente, essas plantas foram coletadas e secas em estufa a 60 °C para determinação da massa da parte aérea seca (MPAS). Estas avaliações foram realizadas apenas na parcela principal.

Aos 15, 20 e 25 DAA avaliou-se o controle de plantas de soja (CS). Aos 25 DAA foi avaliado o número de plantas de soja (NPS), MPAS de soja, massa da parte aérea verde (MPAV) de feijão e MPAS de feijão. No final do ciclo da cultura foi determinado o rendimento de grãos de feijão através da colheita das plantas presentes na área útil de cada sub parcela (2,6 x 0,9 m) e da parcela extra sem infestantes e sem herbicida. Essas avaliações sobre as plantas de feijão foram realizadas em cada sub-parcela (cultivares de soja).

A avaliação de TR e controle de infestantes e soja foram realizadas conforme a escala de injúria descrita no Capítulo 3. Após a coleta para determinação da massa, foi realizada a contagem do número de plantas, o

valor de massa foi dividido pelo respectivo número de plantas, resultando em massa por plantas. Os dados de MPAS de soja e infestantes foram transformados em porcentagem em relação ao tratamento sem aplicação de ethoxysulfuron.

Foi calculada a correlação entre as variáveis perda de rendimento de grãos de feijão e a densidade de infestantes em pl m^{-2} (*Bidens + Ipomoea + soja*). Adicionalmente, para desconsiderar o efeito do herbicida sobre o desenvolvimento das plantas de feijão, foi utilizado fator de correção do dano causado em cada dose de ethoxysulfuron, conforme o modelo de equação hipérbole retangular (Equação 5.1) e considerando-se a média dos parâmetros **a** e **D₅₀** estimados pelas hipérbolas retangulares descritas no Capítulo 4 (**a** = 61,9 e **D₅₀** = 75,0).

$$y = (a * x)/(D_{50} + x) \quad (\text{Equação 5.1})$$

Onde: **y** representa a resposta da variável dependente, **x** é a dose do herbicida, **a** é a assíntota máxima da curva e **D₅₀** representa a dose necessária para reduzir a variável dependente em 50%;

5.2.1 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) com o aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013). Para os dados coletados apenas nas parcelas principais se procedeu com a análise em blocos ao acaso. Para os dados coletados nas parcelas e sub parcelas, a análise procedeu em blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Quando significativos, os fatores qualitativos foram comparados pelo teste DMS (t) ($p \leq 0,05$). Para fatores quantitativos, quando significativos, foram realizadas regressões utilizando-se os modelos logístico de três parâmetros (Equação 5.2), sigmóide de quatro parâmetros (Equação 5.3), exponencial decrescente de três parâmetros (Equação 5.4) e hipérbole retangular de três parâmetros (Equação 5.5).

$$y = a / [1 + (x / D_{50}) ^ b] \quad (\text{Equação 5.2})$$

onde: **y**, **x**, e **a** são definidos conforme já descrito anteriormente, **b** é a declividade da curva, **D₅₀** representa a dose necessária para reduzir a variável dependente em 50%.

$$y = y_0 + a / (1 + \exp(-(x - D_{50}) / b)) \quad (\text{Equação 5.3})$$

Onde: **y**, **x**, e **b** são definidos conforme já descrito anteriormente, **a** é a máxima redução da variável dependente em função das doses de ethoxysulfuron, **y₀** é a assíntota máxima da curva e **D₅₀** com base na diferença entre a assíntota máxima e mínima da equação.

$$y = y_0 + a * \exp(- b * x) \quad (\text{Equação 5.4})$$

Onde: **y**, **x**, e **b** são definidos conforme já descrito anteriormente, **a** é a máxima redução da variável dependente em função das doses de ethoxysulfuron, **y₀** é a assíntota mínima da curva.

$$y = y_0 + (a * x) / (b + x) \quad (\text{Equação 5.5})$$

Onde: **y**, **x**, e **b** são definidos conforme já descrito anteriormente, **a** é o incremento máximo da variável dependente em função das doses de ethoxysulfuron, **y₀** é a assíntota mínima da curva.

Adicionalmente foi calculado o erro padrão da média conforme o procedimento apresentado no Capítulo 2.

Os dados de MPAV, MPAS e rendimento de grãos do feijão foram comparados com a testemunha sem herbicida e livre de infestantes através do EPM.

5.3 RESULTADOS

O impacto das doses de ethoxysulfuron sobre a TR das plantas de feijão avaliada aos 15 e 20 DAA seguiu o modelo logístico de três parâmetros (Figura 5.2a). Em ambas as épocas de avaliação, a TR das plantas chegou a 70%. Quando a avaliação foi realizada aos 25 DAA, a TR chegou a 90% em comparação com a testemunha sem ethoxysulfuron.

A regressão entre as doses do herbicida e o controle de plantas de soja (15, 20 e 25 DAA) e infestantes (15 DAA) foi ajustado pelo modelo logístico de três parâmetros (Figura 5.2). Quando avaliado aos 15 DAA os resultados indicam que as plantas de soja são mais facilmente controladas pelo ethoxysulfuron em relação às demais infestantes presentes na área. Ethoxysulfuron, na maior dose utilizada ($83,2 \text{ g ha}^{-1}$), controlou 75% das plantas de soja, mas o controle das demais infestantes foi de apenas 60% (Figura 5.2b).

O controle das plantas de soja aos 20 DAA chegou a 80% na maior dose de ethoxysulfuron (Figura 5.2c). Aos 25 DAA, foram constatadas diferenças entre as cultivares de soja quanto a resposta ao herbicida, principalmente para o intervalo de doses entre 0 e $20,8 \text{ g ha}^{-1}$. Por exemplo, na dose de $10,4 \text{ g ha}^{-1}$ o cultivar AMS Tibagi apresentou 55% de controle, enquanto que o cultivar Nidera 5909 apresentou 70% de controle. Porém quando a dose foi de $83,2 \text{ g ha}^{-1}$, o controle foi superior a 90% e não houve diferenças entre as cultivares (Figura 5.2d).

A regressão da MPAS das plantas de soja (Figura 5.2e) em função das doses de ethoxysulfuron foi ajustada pela equação exponencial decrescente de três parâmetros. Nos três cultivares, doses de ethoxysulfuron superiores a $20,8 \text{ g ha}^{-1}$ foram suficientes para proporcionar a máxima redução de massa em função do herbicida. A partir desta dose, a MPAS do cultivar AMS Tibagi foi reduzida a aproximadamente 35%, enquanto que a MPAS das cultivares Dow D6 e Nidera 5909 foi reduzida a aproximadamente 20% (Figura 5.2e).

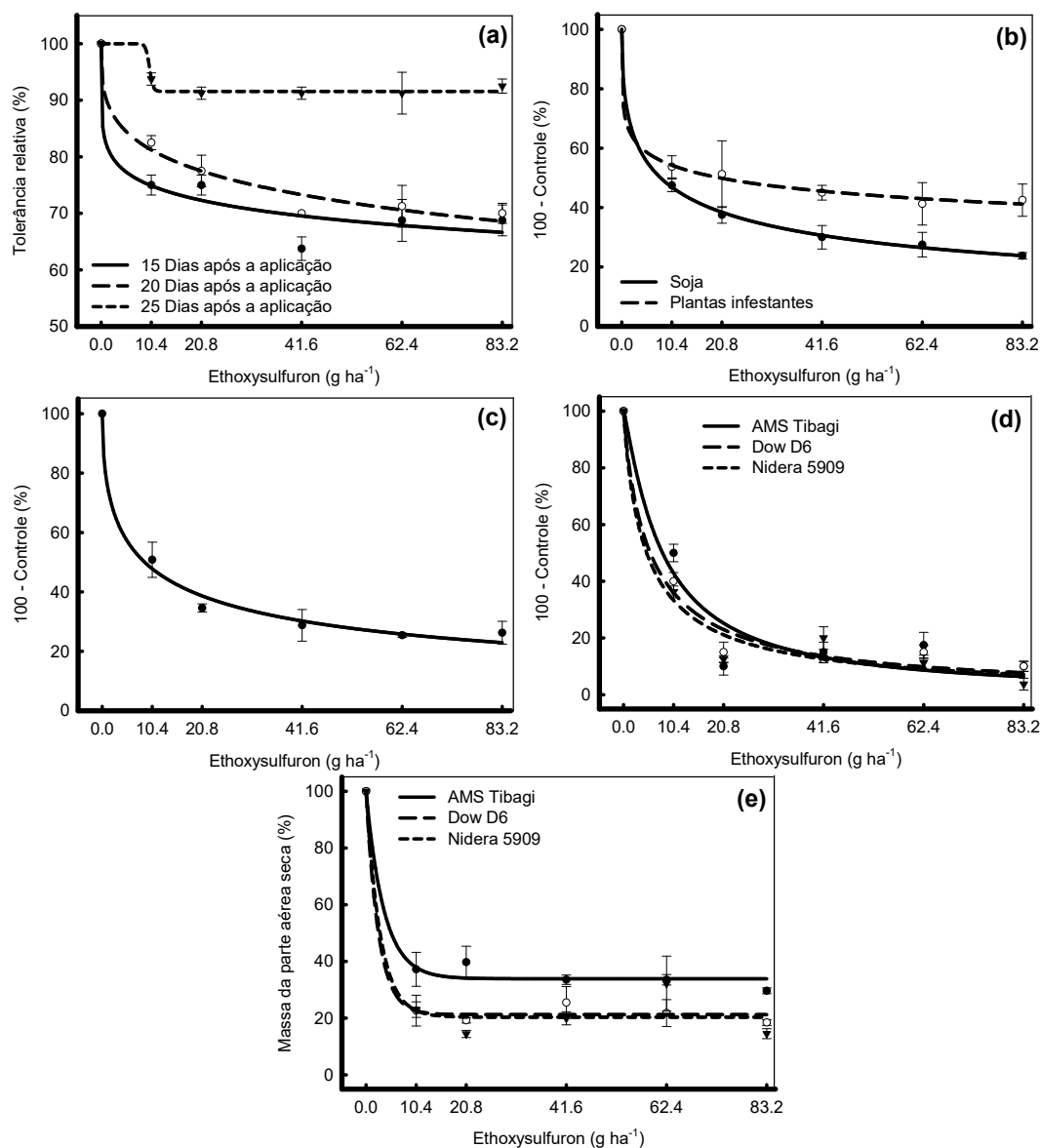


Figura 5.2 - Efeito de ethoxysulfuron sobre: a) tolerância relativa do feijoeiro (%) cultivar IAC Imperador aos 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA); b), controle de soja e plantas infestantes aos 15 DAA; c), controle de soja aos 20 DAA; d), controle de soja aos 25 DAA; e) massa da parte aérea seca de soja aos 25 DAA. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 5.3. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Comparando o nível de controle entre as cultivares de soja (Tabela 5.2), foi constatado que as plantas do cultivar Nidera 5909 foram mais facilmente controladas (70%) pelo ethoxysulfuron do que as plantas das cultivares Dow D6 (68%) e AMS Tibagi (66%).

Tabela 5.2 - Valores médios de controle (%) de três cultivares de soja aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Cultivar de soja	Controle (%)
AMS Tibagi	66,0 a*
Dow D6	68,0 ab
Nidera 5909	70,0 b
DMS	3,0

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não se diferenciam pelo teste DMS-t com probabilidade maior que 5%.

A tolerância relativa das plantas de feijão ajustada com o modelo logístico de três parâmetros expressa valores de D_{50} elevados, sugerindo que esta é uma variável pouco afetada pelo ethoxysulfuron. Comportamento semelhante foi observado com a tolerância relativa aos 15 e 20 DAA (Tabela 5.3).

O D_{50} calculado para a tolerância relativa aos 25 DAA (Tabela 5.3) foi muito inferior aos determinados nas épocas de avaliação anteriores (15 e 20 DAA). Isso ocorre devido às diferentes equações ajustadas para cada época de avaliação, o que não permite comparar os seus D_{50} .

Os valores de D_{50} para o controle das plantas de soja foram baixos (Tabela 5.3), variando de 5 a 8 g ha⁻¹, sugerindo que plantas de soja são muito sensíveis ao ethoxysulfuron.

Tabela 5.3 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para as variáveis, tolerância relativa do feijoeiro (%) (TR) aos 15, 20 e 25 dias após a aplicação do ethoxysulfuron (DAA), controle de plantas infestantes (%) (CPI) aos 15 DAA, controle de soja (%) (CS) aos 15, 20 e 25 DAA e massa da parte aérea seca de soja (MPASS) aos 25 DAA. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Cultivar	Variável	Parâmetros				R^2	QME	p
		<i>a</i>	<i>b</i>	D_{50}	<i>c</i>			
	TR 15 ^{1/}	100,02 (3,92) ^{4/} **	0,19 (0,12) ^{ns}	3004,94 (8007,37) ^{ns}	-	0,90	15,37	0,01
	TR 20 ^{1/}	100,09 (2,22)**	0,33 (0,07)*	888,36 (637,66) ^{ns}	-	0,96	4,93	0,003
	TR 25 ^{2/}	-8,44 (1,12)*	0,36 (1,60) ^{ns}	10,02 (3,41) ^{ns}	100,00 (1,87)**	0,95	0,58	0,03
	CPI 15 ^{1/}	100,00 (1,53)**	0,25 (0,04)**	20,41 (3,65)**	-	0,99	2,35	0,0002
	CS 15 ^{1/}	100,02 (0,94)**	0,50 (0,02)**	8,07 (0,67)**	-	0,99	0,88	0,0001
	CS 20 ^{1/}	100,10 (3,60)**	0,54 (0,10)**	8,81 (2,50)*	-	0,98	12,95	0,0009
C1		100,45 (11,20) ^{3/} **	1,15 (0,52) ^{ns}	8,05 (3,89) ^{ns}	-	0,90	125,58	0,01
C2	CS 25 ^{1/}	100,14 (6,12)**	0,92 (0,97)*	5,54 (2,38) ^{ns}	-	0,97	37,55	0,002
C3		100,06 (7,18)**	0,90 (0,34) ^{ns}	4,80 (2,80) ^{ns}	-	0,96	51,58	0,004
C1		66,10 (4,60)**	0,27 (0,11) ^{ns}	-	33,88 (2,11)**	0,98	16,74	0,002
C2	MPASS 25 ^{3/}	78,75 (3,57)**	0,39 (0,26) ^{ns}	-	21,25 (1,61)**	0,99	10,17	0,0005
C3		79,67 (9,38)**	0,34 (0,39) ^{ns}	-	20,34 (4,24)*	0,94	70,01	0,008

^{1/} Logística de três parâmetros.

^{2/} Sigmoide de quatro parâmetros.

^{3/} Exponencial decrescente de três parâmetros

^{4/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade.

^{ns}= Não significativo

C1 = AMS Tibagi

C2 = Dow D6

C3 = Nidera 5909

A regressão entre as doses do herbicida ethoxysulfuron e o controle de plantas de *Ipomoea* spp. aos 20 e 25 DAA foi ajustada pelo modelo logístico de três parâmetros ($p \leq 0,05$) (Figura 5.3a). Em ambas as épocas de avaliação o controle constatado na maior dose de ethoxysulfuron foi de 75% em comparação com o tratamento sem o herbicida.

O número de plantas e a MPAS de *Ipomoea* spp., foi ajustada pelo modelo exponencial decrescente de três parâmetros ($p \leq 0,05$) (Figura 5.3b e 5.3c). O número de plantas de *Ipomoea* spp. (Figura 5.3b) reduziu de aproximadamente 6 pl m⁻² na testemunha sem aplicação de ethoxysulfuron para 2 pl m⁻² com a dose de 20,8 g ha⁻¹ do herbicida. A MPAS das plantas de *Ipomoea* spp. (Figura 5.3c) foi reduzida a 30% em doses do herbicida a partir de 20,8 g ha⁻¹.

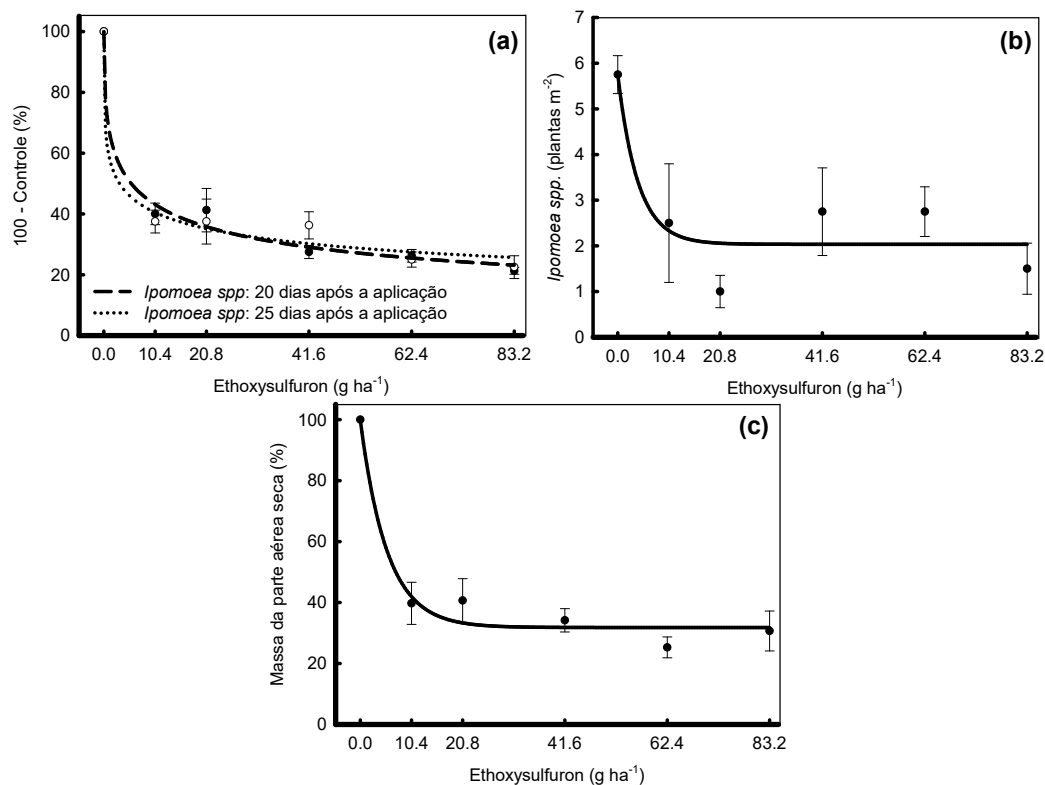


Figura 5.3 - Efeito de ethoxysulfuron em plantas de *Ipomoea spp.* sobre: a) controle avaliado aos 20 e 25 dias após a aplicação do ethoxysulfuron (DAA); b) número de plantas (pl m⁻²) aos 25 DAA; c) massa da parte aérea seca aos 25 DAA. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 5.4. UTFPR – Pato Branco, 2015.

O D_{50} calculado para o controle de plantas de *Ipomoea spp.* (Tabela 5.4) foi de 5,56 (20 DAA) e 3,18 (25 DAA) g ha⁻¹, indicando que as plantas de *Ipomoea spp.* são muito sensíveis ao ethoxysulfuron, e são facilmente controladas por este herbicida.

Tabela 5.4 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para as variáveis, controle de plantas de *Ipomoea spp.* (%) (CI) aos 20 e 25 dias após a aplicação do ethoxysulfuron (DAA), número de plantas de *Ipomoea spp.* (NPI) e massa da parte aérea seca de *Ipomoea spp.* (MPASI) quando avaliado aos 25 DAA. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Variável	Parâmetros				R^2	QME	p
	a	b	D_{50}	c			
CI 20 ^{1/}	99,95 (3,92) ^{3/} **	0,44 (0,11)*	5,56 (2,63) ^{ns}	-	0,98	15,40	0,001
CI 25 ^{1/}	99,96 (4,73)**	0,33 (0,13) ^{ns}	3,18 (3,09) ^{ns}	-	0,97	22,35	0,002
NPI ^{2/}	3,72 (1,02)*	0,24 (0,33) ^{ns}	-	2,03 (0,47)*	0,70	0,82	0,08
MPASI ^{2/}	68,04 (6,79)**	0,18 (0,06) ^{ns}	-	31,79 (3,23)**	0,95	36,04	0,005

^{1/} Logística de três parâmetros.

^{2/} Exponencial decrescente de três parâmetros

^{3/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade.

Não foi constatado efeito de dose do herbicida ethoxysulfuron sobre as variáveis MPAV e MPAS (Figura 5.4) das plantas de feijão, quando submetidas à competição. Quando comparada a MPAV (Figura 5.4a) da testemunha livre de infestantes e sem aplicação de ethoxysulfuron, a massa das plantas de feijão foi 20% superior a das plantas em competição e com aplicação do herbicida. Da mesma forma, a MPAS (Figura 5.4b) das plantas de feijão sem infestantes e herbicidas foi 14% superior se comparado com a das plantas em competição e com herbicida.

A regressão entre rendimento de grãos de plantas de feijão mantidas em competição com infestantes e as doses de ethoxysulfuron foi ajustada de acordo com a hipérbole retangular de três parâmetros ($p \leq 0,05$) (Figura 5.4c). Na presença de plantas infestantes (soja, *Ipomoea* spp. e *B. pilosa*), quando a dose do herbicida é igual ou superior a 20,8 g ha⁻¹ o incremento no rendimento de grãos é acima de 50% (Figura 5.4c), se comparado às parcelas não tratadas com herbicida. Na prática, isto resultou em incremento acima de 500 kg ha⁻¹ na produtividade do feijoeiro.

O potencial produtivo do feijoeiro na ausência de infestantes e sem herbicida, foi de 2149 kg ha⁻¹. Portanto, quando o herbicida foi utilizado em doses superiores a 20,8 g ha⁻¹, a perda de rendimento em comparação a testemunha capinada foi de aproximadamente 30%, ou seja, aproximadamente 700 kg ha⁻¹ (Figura 5.4c).

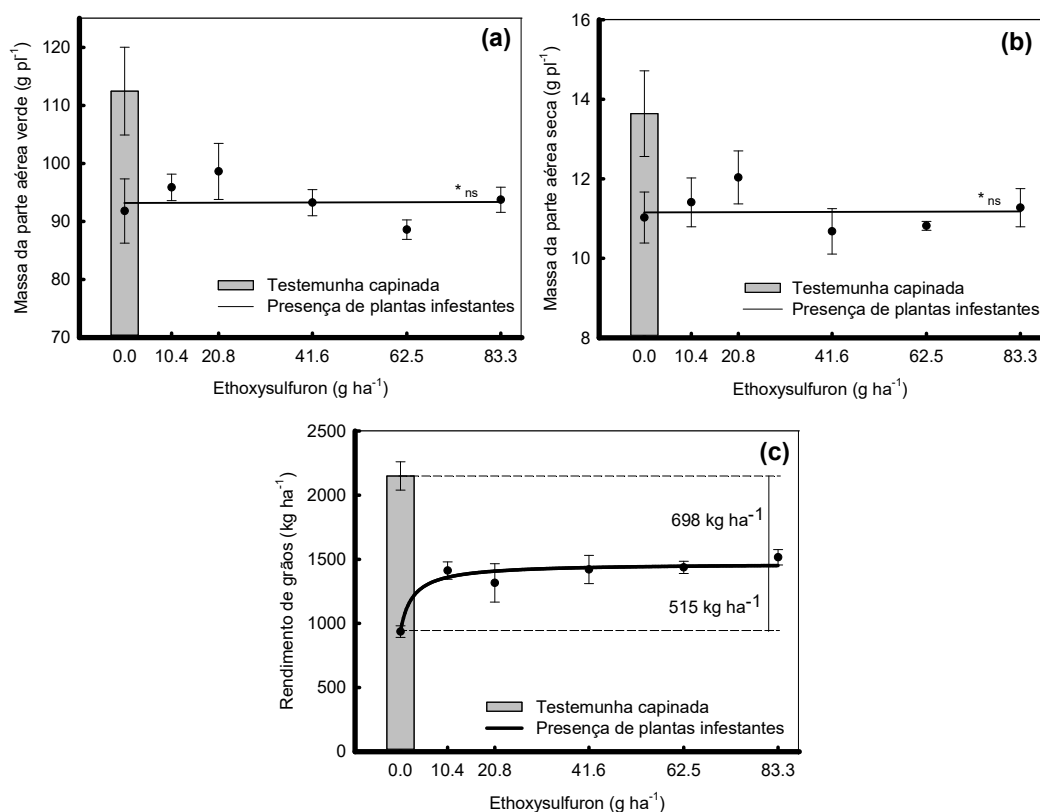


Figura 5.4 - Efeito de ethoxysulfuron sobre as variáveis: a) massa da parte aérea verde (g) e b) massa da parte aérea seca (g) aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron e c) rendimento de grãos (kg ha⁻¹) em plantas de feijão cultivar IAC Imperador. Os pontos representam as médias das variáveis das plantas de feijão na presença de infestantes e com aplicação de ethoxysulfuron, enquanto que a coluna representa a média do rendimento sem a presença de infestantes e sem ethoxysulfuron. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 5.5. UTFPR – Pato Branco, 2015.

*ns = não significativo.

O máximo incremento de rendimento na presença de infestantes em função da aplicação de ethoxysulfuron pode chegar a 531 kg ha⁻¹. (Parâmetro **a**, Tabela 5.5). Dentro da amplitude de respostas proporcionadas pela equação, o **D**₅₀ foi de 2,6 g ha⁻¹. O parâmetro **c** representa o menor rendimento das plantas de feijão em condição de competição, calculado pela equação, neste caso foi de 936 kg ha⁻¹.

Tabela 5.5 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para a variável rendimento de grãos de feijão (kg ha^{-1}) em função da aplicação de doses de ethoxysulfuron em plantas de feijão cultivar IAC Imperador. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Variável	Parâmetros ^{1/}			R^2	QME	p
	a	D_{50}	c			
Rendimento	531,00 (93,02) ^{2/} *	2,64 (3,02)*	936,85 (72,01)**	0,88	5186,00	0,02

^{1/} hipérbole retangular de três parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade.

As cultivares de soja que atuaram como infestantes proporcionaram níveis de danos diferenciados sobre o rendimento de grãos das plantas de feijão (Tabela 5.6). O cultivar AMS Tibagi foi o que proporcionou maior impacto sobre o rendimento de grãos, reduzindo a produtividade a 1198 kg ha^{-1} . O impacto das cultivares de soja Dow D6 e Nidera 5909 sobre o rendimento de grãos de feijão não diferiram entre si (1385 e 1435 kg ha^{-1} respectivamente). A testemunha capinada foi comparada aos demais tratamentos de acordo com o erro padrão da média, sendo que este foi superior aos demais tratamentos. O rendimento de grãos observado na testemunha capinada foi 33% superior a menor perda de rendimento proporcionada pelas cultivares de soja (1435 kg ha^{-1}) (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 - Rendimento de grãos de feijão cultivar IAC Imperador em testemunha capinada ou quando submetido a competição com três cultivares de soja + plantas daninhas. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Cultivar de soja	Rendimento de grãos (kg ha^{-1})
Testemunha capinada	2149,91 (110,25) ^{1/}
AMS Tibagi	1198,43 (58,87) b*
Dow D6	1385,32 (65,95) a
Nidera 5909	1435,58 (60,22) a
DMS	112,97

^{1/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão da média

* Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não se diferenciam pelo teste DMS-t com probabilidade maior que 5%.

A correlação entre a densidade de infestantes e a perda de rendimento de grãos da cultura de feijão, na presença e na ausência de ethoxysulfuron, foi ajustada com o modelo hipérbole retangular de dois parâmetros (Figura 5.5). Convém salientar que para isolar o efeito apenas da densidade de infestantes utilizou-se fator de correção que discrimina o efeito herbicida. Para densidades de infestantes até 12 pl m^{-2} , o herbicida proporciona perdas de rendimento

acima de 20%. Em densidades superiores, apenas o herbicida proporciona 15 % de redução no rendimento de grãos de feijão.

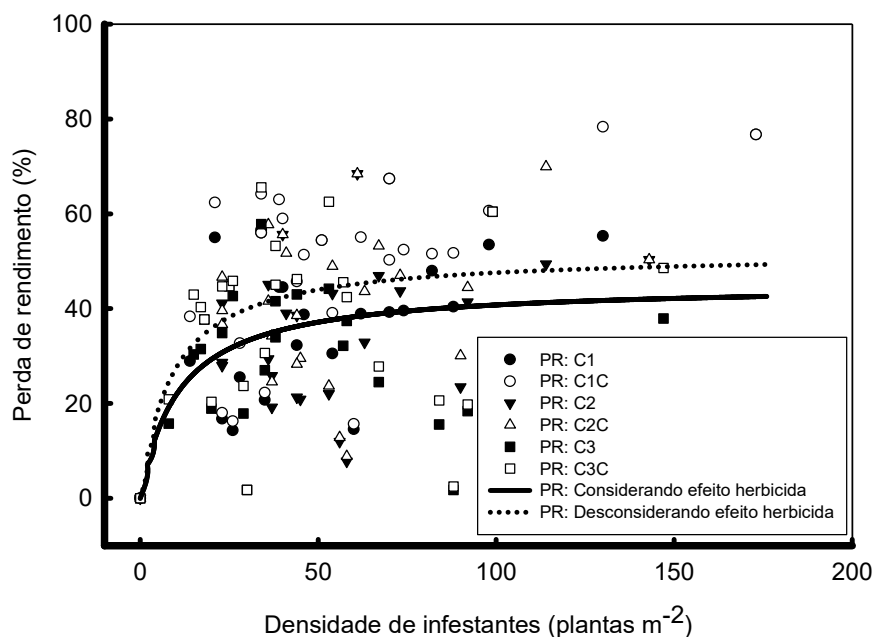


Figura 5.5 - Perda de rendimento de grãos de feijão (PR) em função da densidade de plantas infestantes, considerando efeito herbicida e desconsiderando o efeito herbicida. Com efeito herbicida é representado por: Densidade de infestantes composta por cultivares de soja AMS Tibagi (C1), Dow D6 (C2) e Nidera 5909 (C3) + a presença de plantas de *Bidens pilosa* e *Ipomoea spp.* Sem efeito herbicida é representado por: Densidade de infestantes composta por cultivares de soja AMS Tibagi (C1C), Dow D6 (C2C) e Nidera 5909 (C3C) + a presença de plantas de *Bidens pilosa* e *Ipomoea spp.* Os parâmetros das equações são demonstrados na Tabela 5.7. UTFPR – Pato Branco, 2015.

A máxima perda de rendimento calculada pela hipérbole retangular causada pelas infestantes mais o efeito herbicida foi de 45%. Mas, na ausência do efeito herbicida, a máxima perda de rendimento causada pelas infestantes chegou a 52%. O D_{50} considerando-se o impacto do herbicida mais as infestantes foi de 10,84 pl m⁻². Mas, considerando-se apenas o efeito das infestantes, o D_{50} foi de 8,92 pl m⁻². O i representa o impacto de cada infestante sobre o rendimento de grãos. Na presença do herbicida, cada planta daninha reduz 4,17% a produtividade e sem herbicida o impacto de cada planta daninha é de 5,81% (Tabela 5.7)

Tabela 5.7. Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para a variável rendimento de grãos de feijão (kg ha^{-1}) em função da aplicação de doses de ethoxysulfuron em plantas de feijão cultivar IAC Imperador. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Variável	Parâmetros ^{1/}		i	R^2	QME	p
	a	b				
Com efeito herbicida	45,20 (5,36) ^{2/} **	10,84 (6,29) ^{ns}	4,17	0,22	223,79	0,0001
Sem efeito herbicida	51,82 (5,52)**	8,92 (5,29) ^{ns}	5,81	0,24	273,39	0,0001

^{1/} hipérbole retangular de dois parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

** significativo a 1% de probabilidade.

*ns = não significativo.

$i = a/D_{50}$ = nível crítico de dano.

5.4 DISCUSSÃO

A hipótese de que as plantas de feijão cultivar IAC Imperador são tolerantes ao ethoxysulfuron aparentemente não é evidenciada pelos resultados obtidos (Figura 5.2), principalmente nas doses elevadas e avaliações iniciais. Com o decorrer do tempo (épocas de avaliação posteriores) a tolerância das plantas tende a aumentar, conforme também observado com as plantas de feijão das cultivares IPR Andorinha e IPR Tangará (Capítulo 4).

Na literatura foi observado que o herbicida halosulfuron, que pertence ao mesmo grupo químico do ethoxysulfuron (sulfoniluréia), também é seletivo para as plantas de feijão (SOLTANI; SHROPSHIRE; SIKKEMA, 2012).

A hipótese de que o herbicida pode ser utilizado para o controle de plantas de soja na cultura de feijão podem ser evidenciadas pelos valores de D_{50} , os quais situaram-se entre 4 e 8 g ha^{-1} para o feijoeiro e acima de 800 g ha^{-1} para a soja (Tabela 5.3). A diferença de controle observada entre as cultivares de soja foi pequena, sendo expressiva apenas em doses reduzidas de ethoxysulfuron (próximas a 10,4 g ha^{-1} aos 25 DAA) (Figura 5.2d).

Na literatura foi observado que o herbicida halosulfuron não é seletivo para as plantas de soja, podendo ser utilizado para o seu controle na cultura do feijão (NANDULA, et al. 2009). Comumente são constatados casos de herbicidas seletivos a plantas de soja, mas não a plantas de feijão, comprometendo o rendimento de grãos. Por exemplo os herbicidas chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl (PROCOPIO et al., 2009) e pyroxasulfone (SOLTANI, SHROPSHIRE, SIKKEMA, 2009; KIMBERLY,

MCNAUGHTON, SIKKEMA, 2015). Todavia, alguns herbicidas são seletivos a ambas as culturas, como é o caso do fomesafen e imazethapyr (PROCOPIO, 2009) aplicados em pós-emergência das mesmas, ou do herbicida linuron, quando aplicado em pré-emergência (SOLTANI, et al. 2011; WILLIANS, NELSON, 2014).

Outra hipótese testada neste capítulo é a de que ethoxysulfuron é eficiente para o controle de infestantes em meio a cultura do feijão tem evidência dependente da espécie adventícia avaliada. As plantas de *Ipomoea* spp. apresentaram níveis de controle acentuados (>80%) aos 20 e 25 DAA (Figura 5.3a). Da mesma forma, a redução do número de plantas de *Ipomoea* chegou a 30%, mesmo em doses reduzidas de ethoxysulfuron (próximas a 20 g ha⁻¹) (Figura 5.3b), enquanto que a redução da massa chegou a 35% (Figura 5.3c) para esta mesma dose. No entanto, não foi constatado efeito de ethoxysulfuron nas plantas de *Bidens pilosa* (Apêndice 5.3).

Na literatura científica foi observado que os herbicidas sulfonilureias, halosulfuron + thifensulfuron-methyl proporcionam elevado nível de controle das plantas de *Ipomoea hederifolia* (MONTGOMERY, et al. 2015). Outro inibidor de ALS, o imazapic, também proporciona controle elevado de *Ipomoea lacunosa* (GRICHAR; JORDAN; PROSTKO, 2012). Imazethapyr proporcionou elevado nível de controle de plantas de *Ipomoea grandifolia* (VITORINO; MARTINS, 2012). Plantas de *Bidens pilosa* e *Ipomoea hederifolia* ou *I. triloba* são controladas pelos herbicidas imazethapyr, diclosulam e chlorimuron-ethyl (LOPES OVEJERO et al., 2013). Plantas de *Bidens pilosa* não resistentes aos herbicidas inibidores da ALS são controladas por chlorimuron-ethyl, cloransulam-methyl, imazethapyr e pyriithiobac-sodium (CHRISTOFFOLETI, 2002; LAMEGO et al., 2009). Mas, quase nenhum desses herbicidas foi avaliado quanto a sua seletividade para o feijoeiro, de forma a poderem ser recomendados para o manejo da vegetação nessa cultura.

Em síntese, os dados do presente trabalho, aliados aos da literatura, indicam que de um modo geral, inibidores de ALS apresentam níveis de controle satisfatórios em plantas de *Ipomoea* spp.

O cultivar AMS Tibagi proporcionou maior perda de rendimento de grãos em comparação aos demais cultivares de soja (Tabela 5.6), isto

possivelmente ocorreu em virtude da menor redução de MPAS do cultivar, em relação aos demais.

Estes dados sugerem que o herbicida ethoxysulfuron é eficiente para o controle de plantas de soja e de *Ipomoea* em meio as plantas de feijão, mesmo em doses baixas (20 g ha⁻¹) se comparadas as doses registradas para o controle de infestantes em meio as plantas de arroz e cana de açúcar (100 g ha⁻¹) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011).

Na literatura são escassos os trabalhos que descrevem o impacto de infestantes específicas sobre o rendimento de grãos de plantas de feijão. No entanto, em uma análise comparativa entre o dano potencial proporcionado pelas plantas de *Ipomoea* spp. e *Bidens pilosa* sobre o rendimento de grãos de plantas de soja, foi constatado que quando o período de convivência entre plantas (infestante e cultura) ocorre durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, uma planta de *Ipomoea* por m⁻² é capaz de reduzir em 24% o rendimento de grãos da cultura (PORTES et al., 2012), enquanto uma planta de *Bidens pilosa* por m⁻² é capaz de reduzir 5% do rendimento (RIZZARDI; FLECK; AGOSTINETTO, 2003). Devido ao seu hábito de crescimento volúvel, plantas de *Ipomoea* spp. tem facilidade em sobressair sobre plantas cultivadas, tornando-a mais competitiva principalmente por radiação solar.

O fato do incremento do rendimento do feijoeiro ter sido diretamente proporcional à dose de ethoxysulfuron (Figura 5.4c) apoia outra hipótese deste capítulo de que o herbicida ethoxysulfuron, quando aplicado na cultura de feijão cultivar IAC Imperador, reduz o efeito competitivo das infestantes. Contudo, o incremento no rendimento não foi suficiente a ponto de se igualar com o rendimento obtido na testemunha livre de infestantes e sem herbicida. Comparativamente, a perda de rendimento obtida com as cultivares IPR Andorinha e IPR Tangará foi de 40 e 30% respectivamente (Capítulo 4) quando a dose foi de 83 g ha⁻¹. Neste experimento a perda de rendimento de grãos chegou a 30% na mesma dose (Figura 5.4c), em comparação com a testemunha sem infestantes e sem aplicação de ethoxysulfuron. Estes resultados sugerem que o herbicida reduz a perda de produtividade do feijoeiro causado pelas plantas daninhas, mas também causa prejuízos no rendimento de grãos em decorrência da fitointoxicação.

Na literatura, não foram observados trabalhos que avaliassem o controle de infestantes em meio as plantas de feijão conjuntamente com o impacto direto sobre o rendimento de grãos da cultura. Contudo, há trabalhos semelhantes com a cultura do milho, avaliando doses crescentes de mesotrione sobre o controle de infestantes (*Chenopodium album* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Amaranthus retroflexus* L. e *Abutilon theophrasti* Medic.) e o impacto no rendimento de grão. Nesse estudo verificou-se que mesotrione, na dose de 35 g ha⁻¹, mantém o potencial produtivo da cultura, quando comparado à testemunha sem infestantes e herbicida (NURSE, et al. 2010). Contudo, para esta mesma cultura, pyroxasulfone, na dose de 1000 g ha⁻¹, controlou as infestantes (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* e *Setaria viridis*), mas não manteve o potencial produtivo da cultura, quando comparado a testemunha livre de infestantes e sem herbicida (NURSE, et al. 2011).

Outra hipótese avaliada neste capítulo é de que a perda de rendimento de grãos da cultura do feijoeiro é dependente da densidade de infestantes e segue o modelo da hipérbole retangular. Esta hipótese foi evidenciada para a condição de presença ou pelas simulações na ausência do herbicida (Figura 5.5). De fato, a assíntota máxima do modelo hipérbole retangular (que representa a perda de produtividade da cultura na densidade máxima das infestantes) atingiu valor de perda de rendimento de 45 e 52%, na presença e na ausência de herbicida, respectivamente (Tabela 5.7).

Na literatura, diversos trabalhos com diferentes culturas demonstram que a perda de rendimento segue o modelo da hipérbole retangular, conforme sugerido por Cousens (1985). Na prática isto é observado com plantas de soja quando em competição com *Conyza bonariensis* (TREZZI et al., 2015), *Bidens Pilosa* (RIZZARDI; FLECK; AGOSTINETTO, 2003), *Sida rhombifolia* (FLECK; RIZZARDI; AGOSTINETTO, 2002). Contudo, alguns autores ressaltam que a perda de rendimento regida por esta equação apresenta ajuste adequado apenas quando a densidade das plantas infestantes é elevada. Mas, quando a densidade de infestantes é reduzida, a perda de rendimento tende a ser representada pelo modelo linear (PORTUGAL; VIDAL, 2009). A perda de rendimento de grãos é proporcional e aditiva a densidade das infestantes presentes na área. Quando em altas densidades as perdas são proporcionalmente inferiores as provocadas pelas

plantas em densidades menores, isto indica que a lotação de plantas na área proporciona o limite de recursos impostos pelo ambiente.

5.5 CONCLUSÕES

Ethoxysulfuron é eficiente no controle de plantas de *Ipomoea* e soja, contudo, até a dose de 83,2 g ha⁻¹ ele não é eficaz no controle de *Bidens pilosa*.

O incremento no rendimento do feijoeiro cultivar IAC Imperador é de forma diretamente proporcional à dose de ethoxysulfuron, mas a fitointoxicação da planta cultivada impede que a produtividade de grãos da cultura atinja o nível obtido na testemunha livre de infestantes e sem herbicida.

6 MECANISMO DE TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE FEIJÃO AO HERBICIDA ETHOXYSULFURON

Resumo: O principal mecanismo envolvido na tolerância de plantas cultivadas aos herbicidas inibidores da ALS é a degradação da molécula do herbicida. O objetivo deste capítulo foi elucidar o mecanismo que confere a tolerância de plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron. O mecanismo de tolerância foi avaliado através dos métodos direto e indireto. No método direto, foi avaliada a sensibilidade da enzima ALS ao herbicida ethoxysulfuron em testes *in vitro*, com diferentes concentrações do herbicida (0, 1, 3, 6, 12, 24, e 48 μM). Paralelamente foi realizada a análise de tolerância cruzada com herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos (sulfonilureia, imidazolinona, sulfonanilidas triazolopirimidinas e ácido pirimidiniloxibenzóico). Como método indireto, avaliou-se a resposta das plantas de feijão ao ethoxysulfuron (0, 3, 7, 15, 25, 50 e 75 g ha^{-1}) com uso de inseticidas conhecidos por serem inibidores da degradação, malathion (1000 g ha^{-1}) + chlorpyrifos (1.125 g ha^{-1}). Em outro experimento, avaliou-se a resposta das plantas de feijão ao herbicida (0, 3, 7, 15, 30, 60 e 120 g ha^{-1}) juntamente com o antídoto mefenpyr-diethyl (18 g ha^{-1}). Os resultados indicaram que a enzima ALS das plantas de feijão é sensível ao herbicida ethoxysulfuron. Foi constatada tolerância cruzada das plantas de feijão aos herbicidas pertencentes ao grupo químico das sulfonilureias e imidazolinonas. Os inseticidas inibidores da degradação proporcionaram aumento do efeito fitotóxico do herbicida. O antídoto mitigou o efeito herbicida. As evidências diretas e indiretas sugerem que a degradação da molécula do ethoxysulfuron é o principal mecanismo envolvido na tolerância das plantas de feijão ao herbicida.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Mecanismo de tolerância. Enzima ALS. Inibidores da metabolização. Antídoto.

MECHANISM OF COMMON BEAN TOLERANCE TO THE HERBICIDE ETHOXYSULFURON

Abstract: The main mechanism involved in crop tolerance to ALS-inhibiting herbicides is the degradation of the herbicide molecule by the plant. The objective of this chapter is to elucidate the mechanism that confers tolerance to bean plants to the herbicide ethoxysulfuron. As a direct method to evaluate the herbicide tolerance mechanism, the sensitivity of the ALS enzyme to the herbicide ethoxysulfuron was assessed in *in vitro* tests with various herbicide concentrations (0, 1, 3, 6, 12, 24, and 48 μM). Another experiment evaluated the cross-tolerance to ALS inhibitors belonging to different chemical groups (sulfonilurea, imidazolinones, triazolopyrimidine sulfonamide and pyrimidinylxybenzoate). As indirect method, it was evaluated the response of bean plants to several ethoxysulfuron rates (0, 3, 7, 15, 25, 50 and 75 g ha^{-1}) alone or associated to insecticides inhibitors of herbicide degradation

(malathion, at 1000 g ha⁻¹ + chlorpyrifos, at 1.125 g ha⁻¹). Also, it was evaluated the response of bean plants to ethoxysulfuron rates (0, 3, 7, 15, 30, 60 and 120 g ha⁻¹) alone or associated to safener mefenpyr-diethyl (18 g ha⁻¹). The results indicated that the ALS enzyme of the bean plants is inhibited by ethoxysulfuron. Bean plants were cross-tolerance to sulfonylureas and imidazolinones herbicides. The insecticides inhibitors of herbicide degradation increased phytotoxic effect of ethoxysulfuron. The safener mitigated the herbicide injury to plants. Direct and indirect evidence suggest that the degradation of ethoxysulfuron molecule is the main mechanism involved in the tolerance of bean plants to the herbicide.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Tolerance mechanism. ALS enzyme. Inhibitors of metabolism. Safener.

6.1 INTRODUÇÃO

A tolerância ou resistência de plantas aos herbicidas está relacionada às alterações de características morfofisiológicas e bioquímicas das plantas. Estas podem incluir modificação no local de ligação do herbicida na enzima, ou até mesmo a super expressão desta, o mecanismo que envolve estes processos é denominado por “*target-site*”. Os fatores também podem ser decorrentes de características que não estão relacionados ao local alvo de ação do herbicida, o denominado “*non-target-site*”, que incluem redução na absorção e/ou translocação e aumento da degradação da molécula do herbicida. Contudo, ambos os mecanismos conferem o mesmo objetivo final, o qual é o aumento da dose letal do herbicida sobre a planta (SAIKA et al. 2014).

A degradação da molécula é um dos principais mecanismos de tolerância de plantas cultivadas aos herbicidas. Este mecanismo é responsável pela seletividade de diversos herbicidas sobre diferentes culturas, tais como o nicosulfuron em milho (LIU et al., 2015), pyriithiobac em algodão (SNIPES; SEIFERT, 2003), sulfentrazone em soja (WALSH et al., 2015) e mesotrione em milho (OGLIARI et al., 2014). Além disso, a degradação da molécula também é responsável por alguns casos de resistência de plantas daninhas aos herbicidas, por exemplo o *Lolium rigidum* (herbicidas cujo mecanismo de ação é a inibição do FS II), *Stellaria media* (auxinas sintéticas), *Echinochloa phyllophogon* (inibidores da ALS e herbicidas do grupo dos tiocarbamatos) e

Digitaria sanguinalis (Inibidores da ALS e ACCase) (POWLES; YU, 2010), sendo denominada como resistência metabólica.

A tolerância devido ao aumento da metabolização da molécula do herbicida é constituída por quatro famílias de genes: P450 monooxigenases (P450s), glutathione-S-transferase (GSTs), glycosyl transferases (GTs) e transportadores ABC (YUAN; TRANEL; STEWART, 2007). O citocromo P450s é considerado o maior e principal agrupamento proteico responsável pelos casos de metabolização de herbicidas pelas plantas. As P450s estão presentes no retículo endoplasmático e estão envolvidas na síntese de hormônios, derivados de ácidos graxos e também com o metabolismo secundário das plantas (POWLES; YU, 2010), além disso, elas atuam na desintoxicação de compostos potencialmente tóxicos a planta (LU et al., 2015). As GSTs catalisam a conjugação de compostos xenobióticos com o tripeptídeo glutathione (GSH), formando compostos não tóxicos e polares com propriedades biológicas e reativas alteradas. O processo segue com a compartimentalização destes compostos no vacúolo (LETOUZÉ; GASQUEZ, 2003). Acredita-se que os processos de metabolização da molécula dos herbicidas também estejam envolvidos em casos de resistência múltipla (LETOUZÉ; GASQUEZ, 2003) e cruzada (COCKER et al., 2001; BECKIE; TARDIF, 2012), o que tem dificultado o manejo de plantas daninhas em áreas de lavoura pelo mundo.

O uso de inibidores da detoxificação, tais como inseticidas organofosforados podem inibir a atividade das P450s e das GSTs, inibindo a metabolização do herbicida proporcionando maior efeito fitotóxico do herbicida sobre a planta (BUKER et al., 2004; BECKIE, WARWICK, SAUDER, 2012; MATZRAFI et al., 2014; HAMOUZOVA et al., 2014; ROJANO-DELGADO et al. 2014; YU; POWLES, 2014). Acredita-se que diferentes inibidores da metabolização possam atuar sobre P450s específicas, por exemplo, o uso de malathion pode inibir a atividade das P450s responsáveis pela metabolização de flupirsulfuron mas não de isoproturon e clorotoluron, no entanto PBO (piperonil butóxido) e ABT (aminobenzotriazole) inibem as P450s responsáveis pela metabolização dos herbicidas isoproturon e clorotoluron mas não de flupirsulfuron (LETOUZÉ; GASQUEZ 2003). Acredita-se que isso possa ocorrer devido ao grande tamanho da família das P450s. A existência de múltiplas formas de citocromos p450 em plantas já havia sido sugerido por Yun, Shim,

Usui (2001).

Protetores ou antídotos são produtos químicos desenvolvidos com a finalidade de proteger as plantas cultivadas de efeitos fitotóxicos causados por herbicidas. Os protetores podem induzir a expressão de alguns genes das P450s, GSTs (HATZIOS; BURGOS, 2004) e transportadores ABC (YUAN; TRANEL; STEWART, 2007), fazendo com que estas proteínas reduzam a atividade herbicida sobre a planta. Um fator contribuinte para que ocorra afinidade entre protetor e herbicida é a semelhança entre as estruturas moleculares, sendo que quanto maior a semelhança, melhor é o efeito protetor (HATZIOS e BURGOS, 2004). O uso de protetores torna-se interessante pois permite o controle de planta daninhas com características botânicas semelhantes à da planta cultivada, expande o uso de herbicidas mais antigos, promove uma margem de segurança de culturas ao desenvolvimento de novos herbicidas e promovem a elucidação de mecanismo de tolerância de plantas a herbicidas. Agentes protetores apresentam alto grau de especificidade química e botânica, protegendo apenas certas culturas da família das Poaceae contra herbicidas, no entanto é desconhecido a base fisiológica que confere a proteção (HATZIOS; BURGOS, 2004). Apesar de escassos, na literatura foram encontrados alguns trabalhos que indicam o uso de alguns protetores com herbicidas em culturas dicotiledôneas, como por exemplo: dietholate aumenta a tolerância do algodoeiro ao herbicida clomazone (INOUE et al., 2014), diclormida incrementa a tolerância de plantas de ervilha ao herbicida atrazina (EDWARDS, 1996), em plantas de soja o diclormida aumenta a atividade da enzima GST (ANDREWS et al., 2005).

Mefenpyr-diethyl é um protetor desenvolvido para cereais contra herbicidas inibidores da ACCase e inibidores da ALS. Esse produto incrementa a degradação do herbicida, transformando-o em compostos não tóxicos nas plantas cultivadas (ROSINGER; KOCHER, 2007). Trabalhos da literatura evidenciaram que mefenpyr aumenta a atividade da GST em trigo (TAYLOR et al., 2013) ou favorece a síntese de P450 em *Alopecurus aequalis* (HONGCHUN et al., 2013).

O objetivo deste capítulo é elucidar o mecanismo que confere a tolerância de plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro experimentos em condições controladas (casa de vegetação e laboratório) durante o ano de 2015. Em três experimentos, procurou-se identificar o mecanismo de tolerância do feijoeiro ao ethoxysulfuron, através da quantificação direta da sensibilidade da enzima ALS ao herbicida ou, indiretamente, com a utilização de inibidores da detoxificação e do uso de antídoto (protetor). No quarto experimento foi avaliada a tolerância cruzada de plantas de feijão a herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos. As condições de temperatura em que foram desenvolvidos os experimentos são demonstrados na Figura 6.1.

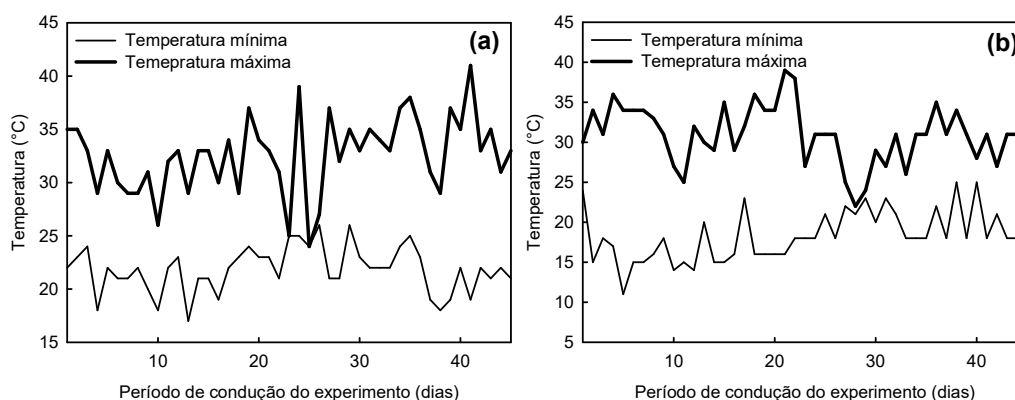


Figura 6.1 - Temperaturas mínima e máxima durante os períodos de condução dos experimentos: (a) experimentos com a aplicação de inibidores ou protetor, (b) experimento avaliando a tolerância cruzada. UTFPR – Pato Branco, 2015.

6.2.1 Quantificação direta

Ensaio enzimático

O ensaio da atividade da enzima ALS ocorreu em duas fases. Na primeira em casa de vegetação, foram semeados os cv. de feijão IPR Eldorado e BRS Esplendor em vasos para coleta de tecidos foliares. O solo utilizado foi do tipo Latossolo Vermelho distroférico, cujas características são apresentadas na Tabela 6.1. O solo foi peneirado em peneira com malha de 5

mm e teve sua fertilidade corrigida de acordo com a análise química. Foram utilizados vasos com capacidade para 500 cm³. As folhas foram coletadas a partir do terço superior das plantas, quando estas atingiram o estágio V₄ (QUINTEIA et al., 2005). Os materiais vegetais foram imediatamente congelados em nitrogênio líquido (-196 °C).

Tabela 6.1 - Distribuição granulométrica e atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférrico. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Distribuição granulométrica		Atributos químicos	
Componente	%	Componente	%
Argila	55,7	MO ^{1/}	3,3
Areia	3,0	P ₂ O ₅ ^{2/}	6,7
Silte	41,3	K ₂ O ^{3/}	0,3
		CTC ^{4/}	12,1
		pH ^{5/}	5,3
		H+Al ^{6/}	3,4

^{1/} Matéria orgânica (g dm⁻³);

^{2/} Fósforo (mg dm⁻³);

^{3/} Potássio (cmol_c dm⁻³);

^{4/} Capacidade de troca de cátions;

^{5/} pH do solo;

^{6/} Acidez trocável (cmol_c dm⁻³).

A segunda fase foi desenvolvida em laboratório. A extração da enzima ALS foi adaptado a partir do protocolo desenvolvido por Gerwick et al. (1993). Material vegetal foi macerado em solução contendo tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,6 (3:1 v/m) contendo, para cada 100 mL de solução, 2,2 g de piruvato de sódio (200 mM), 0,025 g de cloreto de magnésio (1,25 mM), 0,057 g de tiamina pirofosfato (TPP) (1,25 mM) e 0,207 mg de flavina adenina dinucleotídeos (FAD 2,5 µM). No processo de maceração foi adicionado polivinilpirrolidona (PVPP) na proporção de 0,25 g para cada grama de material vegetal. O material macerado foi filtrado e centrifugado a 22,924 FCR (Força Centrífuga Relativa), por 15 minutos a 4 °C, obtendo o extrato enzimático.

O ensaio da enzima *in vitro* foi realizado em tubos de ensaio, onde foram adicionados 500 µL de água destilada ou 500 µL de solução herbicida. As concentrações do herbicida ethoxysulfuron utilizadas nas soluções foram de 0, 1, 3, 6, 12, 24, e 48 µM. Acrescentou-se 250 µL de H₂SO₄ 1,8 N aos controles denominados negativos (sem atividade da enzima ALS).

Em seguida, foram adicionados 500 µL de extrato enzimático nos tubos, os quais foram incubados por um período de 90 min a 37 °C, posteriormente, as reações foram interrompidas com 250 µL de H₂SO₄ 1,8 N. Os tratamentos possuíam três repetições.

Posteriormente, iniciou a segunda incubação por 15 min a 60 °C, encerrando com a adição de 700 µL de solução de hidróxido de sódio 2 N contendo creatinina a 0,25% e naftol a 2,5%. Os tubos foram incubados pela terceira vez por 15 min a 60 °C. Por fim, foram obtidas as absorbâncias através de leituras em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1800) a 535 nm. Os valores de atividade da enzima ALS foram expressos em unidades enzimáticas por mg (U mg⁻¹), aonde uma unidade de ALS é definida como a quantidade de enzima capaz de produzir 0,1 unidade de absorbância por minuto. Os resultados de inibição da atividade enzimática foram convertidos em valores percentuais, considerando como 100% a atividade sem a presença do herbicida.

Após a análise de variância, quando significativos ($p \leq 0,05$) os fatores quantitativos (concentração de ethoxysulfuron x cultivares) tiveram os dados ajustados de acordo com os modelos de equação exponencial decrescente de três parâmetros (Equação 6.1):

$$y = y_0 + [a * \exp (-b * x)] \quad (\text{Equação 6.1})$$

Onde: y representa a resposta da variável dependente, x é a dose do herbicida, b é a declividade da curva, a é a máxima redução da variável dependente em função das concentrações de ethoxysulfuron e y_0 é a assíntota mínima da curva.

6.2.2 Evidência indireta da detoxificação do herbicida

Foram conduzidos dois experimentos em delineamento inteiramente casualizados em esquema bifatorial com quatro repetições entre os meses de fevereiro e maio de 2015. Os vasos utilizados foram de 4500 cm³. O solo e demais procedimentos para o desenvolvimento das plantas foram

realizados como descrito anteriormente. As condições ambientais médias durante a aplicação de ambos os experimentos foram: umidade relativa do ar 70% e temperatura 25°C. Em ambos os experimentos, com base nos valores de D_{50} foi calculado o fator tolerância (FT), o qual determina quanto os cv. de feijão são mais tolerantes sem a aplicação de inibidores ou pela aplicação do protetor.

Com inibidores de detoxificação do herbicida

O experimento bifatorial continha como primeiro fator as sete doses de ethoxysulfuron (0, 3, 7, 15, 25, 50 e 75 g ha⁻¹). Como segundo fator os inibidores da detoxificação, com/sem os inseticidas malathion (1000 g ha⁻¹) + chlorpyrifos (1.125 g ha⁻¹). O cv. de feijão utilizado foi o BRS Esplendor. Os inibidores de degradação foram aplicados três horas antes da aspersão do herbicida. O herbicida e inibidores da degradação foram aspergidos com pulverizador costal pressurizado com CO₂ e calibrado conforme especificações descritas no Capítulo 2. As plantas foram aspergidas quando se encontravam no estágio V₃ (QUINTEIA et al., 2005).

Aos 10, 15, 20 e 25 DAA foi avaliada a tolerância relativa (TR) das plantas de feijão com escala visual de injúria, conforme descrito no Capítulo 3. Aos 15 e 25 DAA foi avaliada a estatura de plantas (EP) com uma régua de 50 cm. Aos 25 DAA, as plantas foram cortadas próximas ao solo para a determinação da MPAV e após a sua secagem a 60 °C determinou-se a MPAS. Os dados de estatura e massa foram convertidos em percentual de redução em relação à testemunha sem aplicação de herbicida.

Após a análise de variância, quando significativos ($p \leq 0,05$), os fatores quantitativos (doses de ethoxysulfuron ou doses de ethoxysulfuron x inibidores) tiveram os dados ajustados de acordo com os modelos de equação logístico de três parâmetros (Equação 6.2).

$$y = a / [1 + (x / D_{50}) ^ b] \quad \text{(Equação 6.2)}$$

Onde: **y**, **x**, e **b** são definidos conforme já descrito anteriormente, **a** é a assíntota máxima da curva, **D₅₀** representa a dose necessária para reduzir a variável dependente em 50%.

Com protetor mefenpyr

O experimento bifatorial continha como primeiro fator as sete doses de ethoxysulfuron (0, 3, 7, 15, 30, 60 e 120 g ha⁻¹). Como segundo fator foi considerado a presença ou ausência do protetor mefenpyr-diethyl (18 g ha⁻¹). O protetor foi aplicado três horas antes do herbicida, com pulverizador costal pressurizado com CO₂ contendo a ponta de aplicação tipo XR 110.01 VS e calibrado para distribuir volume de calda de 100 L ha⁻¹. O equipamento e especificações para a aspersão do herbicida foram descritos no Capítulo 2. O cv. de feijão utilizado foi o BRS Eldorado e as plantas foram aspergidas quando se encontravam no estágio V₃ (QUINTEIA et al., 2005).

As avaliações realizadas neste experimento foram as mesmas já descritas no experimento com inibidor da detoxificação do herbicida. Adicionalmente, aos 25 DAA foi medido o comprimento entre o terceiro e quarto nó das plantas. Os dados de estatura, massa e distância entre nós foram convertidos em percentual de redução em relação à testemunha não aspergida com herbicida.

Procedeu-se a análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando significativos, os fatores qualitativos (presença ou ausência de protetor) foram comparados pelo teste DMS (t) ($p \leq 0,05$). Os fatores quantitativos (doses de ethoxysulfuron ou doses de ethoxysulfuron x protetor), tiveram os dados ajustados de acordo com os modelos de equação logístico de três parâmetros (Equação 6.3), sigmoide (Equação 3) e logístico (Equação 6.4) de quatro parâmetros.

$$Y = y_0 + \{a / [1 + \exp^{-((x - D_{50}) / b)}]\} \quad (\text{Equação 6.3})$$

$$y = y_0 + \{a / [1 + (x / D_{50})^b]\} \quad (\text{Equação 6.4})$$

Onde: **y**, **x**, **b**, **D₅₀** já foram descritos anteriormente, **a** é a diferença entre a assíntota máxima e mínima da curva, **y₀** pode representar a assíntota máxima ou mínima da curva dependendo dos sinais estimados junto aos parâmetros **a** e **b**.

6.2.3 Tolerância cruzada

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições entre os meses de maio e junho de 2015. Os vasos utilizados apresentavam capacidade de 4500cm³. O solo e os demais procedimentos para o desenvolvimento das plantas foram descritos anteriormente.

Os tratamentos consistiram no uso de herbicidas inibidores de ALS pertencentes a quatro diferentes grupos químicos, sendo estes ethoxysulfuron e oxasulfuron (sulfonilureias), imazethapyr (Imidazolinona), diclosulam (sulfonanilidas triazolopirimidinas) e bispiribaque-sódico (ácido pirimidiniloxibenzóico). Neste estudo as doses foram de 20 g ha⁻¹ (ethoxysulfuron); 80 g ha⁻¹ (oxasulfuron); 0,3 l ha⁻¹ (imazethapyr); 30 g ha⁻¹ (diclosulam) e 0,1 l ha⁻¹ (bispiribaque-sódico). O cultivar de feijão utilizado foi o BRS Esplendor. O herbicida foi aspergido com equipamento e especificações descritos no experimento com inibidores da detoxificação dos herbicidas. As condições ambientais médias durante a aplicação de ambos os experimentos foram: umidade relativa do ar 80% e temperatura 22 °C.

As avaliações realizadas e procedimento pós coleta de dados neste experimento foram os mesmos já descritos no experimento com inibidores.

6.2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) com o aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2013). Quando significativos os fatores qualitativos (herbicidas) foram comparados pelo teste DMS (t) ($p \leq 0,05$).

Adicionalmente foi calculado o erro padrão da média conforme fórmula apresentada no Capítulo 2.

6.3 RESULTADOS

6.3.1 Quantificação direta na enzima ALS

O comportamento da atividade da enzima ALS das plantas de feijão em função das concentrações de ethoxysulfuron foi representado pelo modelo exponencial decrescente de três parâmetros ($p \leq 0,01$) (Figura 6.2). A atividade da enzima foi reduzida em ambos as cultivares, no entanto com resposta diferenciada entre estes. Quando ethoxysulfuron foi utilizado na concentração de 3 μM , a enzima ALS de plantas de feijão do cultivar BRS Esplendor teve sua atividade reduzida a 14% (parâmetro **c** Tabela 6.2) enquanto que a da cultivar IPR Eldorado teve sua atividade reduzida a 1% (Parâmetro **c** Tabela 6.2). Os valores de D_{50} foram de 0,29 (BRS Esplendor) e 0,42 (IPR Eldorado) g ha^{-1} .

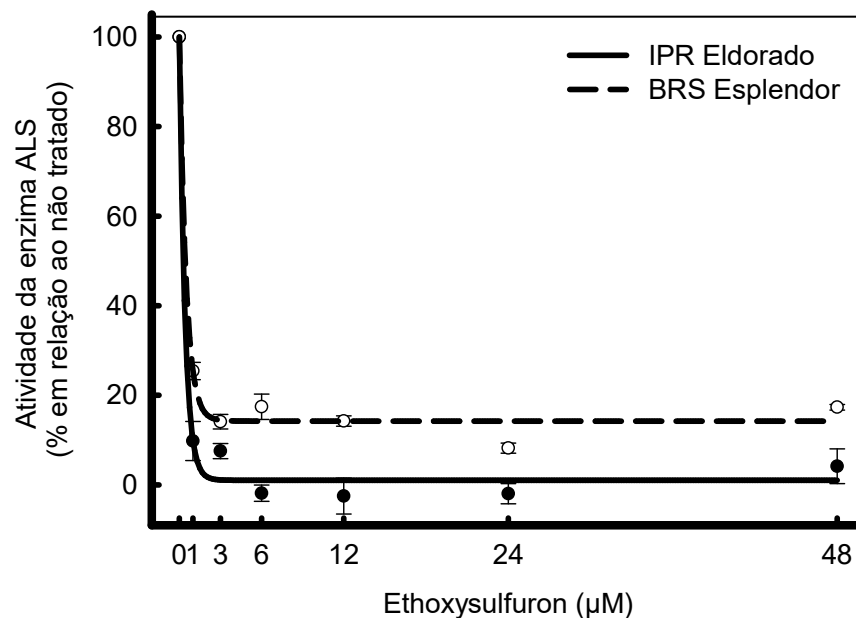


Figura 6.2 - Efeito de ethoxysulfuron sobre a atividade da enzima ALS (%) de duas cultivares de feijão, IPR Eldorado e BRS Esplendor. Os pontos representam os valores médios de três repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.2. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Tabela 6.2 - Parâmetros de equação^{1/}, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME) e probabilidade (p) para determinar a relação entre a concentração de ethoxysulfuron e a atividade da enzima ALS (% em comparação com o não tratado), para as cultivares de feijão IPR Eldorado e BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Cultivares	Parâmetros ^{1/}			D_{50}	QME	R^2	p
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>				
IPR Eldorado	98,96 ($\pm 4,93$) ^{2/**}	2,41 ($\pm 0,55$) [*]	1,03 ($\pm 2,02$) ^{ns}	0,29	20,28	0,98	< 0,01
BRS Esplendor	85,77 ($\pm 4,11$) ^{**}	2,04 ($\pm 0,37$) ^{**}	14,23 ($\pm 1,69$) ^{**}	0,42	14,08	0,99	< 0,01

^{1/} Exponencial decrescente de três parâmetros.

^{2/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

^{*} e ^{**} indicam 1 e 5% de probabilidade de erro respectivamente.

^{ns} = não significativo.

6.3.2 Tolerância Cruzada

A análise da TR (10, 15, 20 e 25 DAA) demonstra que o herbicida bispiribaque-sódico é o mais eficiente em reduzir essa variável nas quatro épocas de avaliação (Tabela 6.3). Detectou-se a morte de plantas (2,5% de tolerância) aos 25 DAA. Nesta mesma época, a tolerância das plantas de feijão aos herbicidas diclosulam e oxasulfuron foi de 40 e 11% respectivamente. A resposta das plantas não diferiu entre os herbicidas ethoxysulfuron e imazethapyr e atingiram valores de 88 e 80% de tolerância, respectivamente.

Tabela 6.3 - Valores médios de tolerância relativa (%) (TR) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos, em plantas de feijão cultivar BRS Eldorado. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Herbicidas	TR10	TR15	TR20	TR25
Testemunha	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
Ethoxysulfuron ^{1/}	86,25 b	75,00 b	76,25 b	88,25 b
Imazethapyr ^{2/}	80,00 b	73,75 b	65,00 c	80,00 b
Diclosulam ^{3/}	58,75 c	37,50 c	35,00 d	40,00 c
Oxasulfuron ^{1/}	53,75 c	25,00 d	12,50 e	11,25 d
Bispiribaque-sódico ^{4/}	35,00 d	12,50 e	7,50 e	2,50 e
DMS	7,48	8,71	8,35	8,29

^{1/}sulfoniluréia;

^{2/}imidazolinona;

^{3/}sulfonanilidas triazolopirimidinas;

^{4/}ácido pirimidiniloxibenzóico;

*Médias não seguidas pela mesma letra na mesma coluna diferem-se pelo teste de DMS-(t) ($p \leq 0,05$).

A EP de feijão não apresentou valores numericamente diferentes entre as épocas de 15 e 25 DAA (Tabela 6.4), com exceção ao tratamento com imazethapyr, com incremento de 21% entre as épocas de avaliação. Em ambas as épocas, os efeitos dos herbicidas ethoxysulfuron e imazethapyr não diferiram dos da testemunha. Aos 15 DAA, a estatura das plantas de feijão foi reduzida a 21 e 15% com os herbicidas diclosulam e oxasulfuron respectivamente, em comparação com a testemunha. No mesmo período, o bispiribaque-sódico reduziu a estatura das plantas a 15% em comparação com a testemunha. A estatura de plantas avaliada aos 25 DAA não diferiu entre os herbicidas diclosulam, oxasulfuron e bispiribaque-sódico (28,00; 13,71 e 14,72% respectivamente de redução comparada a testemunha) (Tabela 6.4).

A MPAV não diferiu entre os herbicidas ethoxysulfuron e imazethapyr. Apesar de diferirem dos tratamentos anteriores, os herbicidas diclosulam e oxasulfuron foram semelhantes entre si. O bispiribaque-sódico foi o que mais prejudicou a MPAV (Tabela 6.4).

Dentre todos os herbicidas, o ethoxysulfuron foi o que proporcionou menor redução da MPAS (Tabela 6.4). As plantas aspergidas com os herbicidas imazethapyr, diclosulam e bispiribaque-sódico não apresentaram diferenças na estatura das plantas de feijão. As plantas aspergidas com diclosulam, bispiribaque-sódico e oxasulfuron foram os que mais prejudicaram a MPAS das plantas de feijão (Tabela 6.4).

Tabela 6.4 - Valores médios das variáveis, estatura de plantas (EP) aos 15 e 25 dias após a aplicação, massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos, em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Herbicidas	EP 15	EP 25	MPAV	MPAS
Testemunha	100,00 a	100,0 a	100,00 a	100,00 a
Ethoxysulfuron ^{1/}	83,50 a	85,53 a	84,73 ab	71,89 b
Imazethapyr ^{2/}	83,90 a	105,15 a	76,64 b	42,45 c
Diclosulam ^{3/}	21,07 b	28,00 b	37,19 c	33,28 cd
Oxasulfuron ^{1/}	15,31 b	13,71 b	20,91 cd	23,00 d
Bispiribaque-sódico ^{4/}	14,72 c	14,10 b	14,19 d	30,77 cd
DMS	20,47	22,08	21,78	15,39

^{1/}sulfoniluréia;

^{2/}imidazolinona;

^{3/}sulfonanilidas triazolopirimidinas;

^{4/}ácido pirimidiniloxibenzóico.

*Médias não seguidas pela mesma letra na mesma coluna diferem-se pelo teste de DMS-t ($p \leq 0,05$).

6.3.3 Evidência indireta da detoxificação do herbicida

O impacto de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação foi representado pelo modelo logístico de três parâmetros ($p \leq 0,01$), para as variáveis tolerância relativa (10, 15, 20 e 25 DAA), EP (15 e 25 DAA), MPAV e MPAS (Figuras 6.3 e 6.4).

Com o decorrer das épocas de avaliação, foi constatado elevação dos níveis de tolerância das plantas de feijão (Figura 6.3), principalmente nos tratamentos que envolveram a aplicação isolada de ethoxysulfuron. Em todas as épocas de avaliação, a tolerância relativa das plantas de feijão aspergidas com ethoxysulfuron + inibidores foi inferior àquela detectada nas plantas que foram aspergidas apenas o ethoxysulfuron.

Quando ethoxysulfuron foi aplicado na dose de 75 g ha^{-1} , a tolerância relativa das plantas de feijão, avaliada aos 10 DAA, foi de 25% para o tratamento somente com o herbicida. Mas, quando foi utilizado o ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação a tolerância foi reduzida a 15% (Figura 6.3a). Nas avaliações realizadas aos 15 (Figura 6.3b) e 20 DAA (Figura 6.3c) também houve maior tolerância das plantas de feijão quando ethoxysulfuron em comparação aos tratamentos onde o herbicida foi associado aos inibidores da detoxificação.

Quando a avaliação foi realizada aos 25 DAA (Figura 6.3d), a tolerância das plantas de feijão tratadas apenas com ethoxysulfuron em doses entre 0 e 15 g ha^{-1} foi próximo a 100%. A tolerância das plantas foi de 75%, quando ethoxysulfuron foi utilizado na dose de 75 g ha^{-1} . Nessa mesma dose, ethoxysulfuron associado com inibidores da detoxificação resultou em tolerância de apenas 40% (Figura 6.3d).

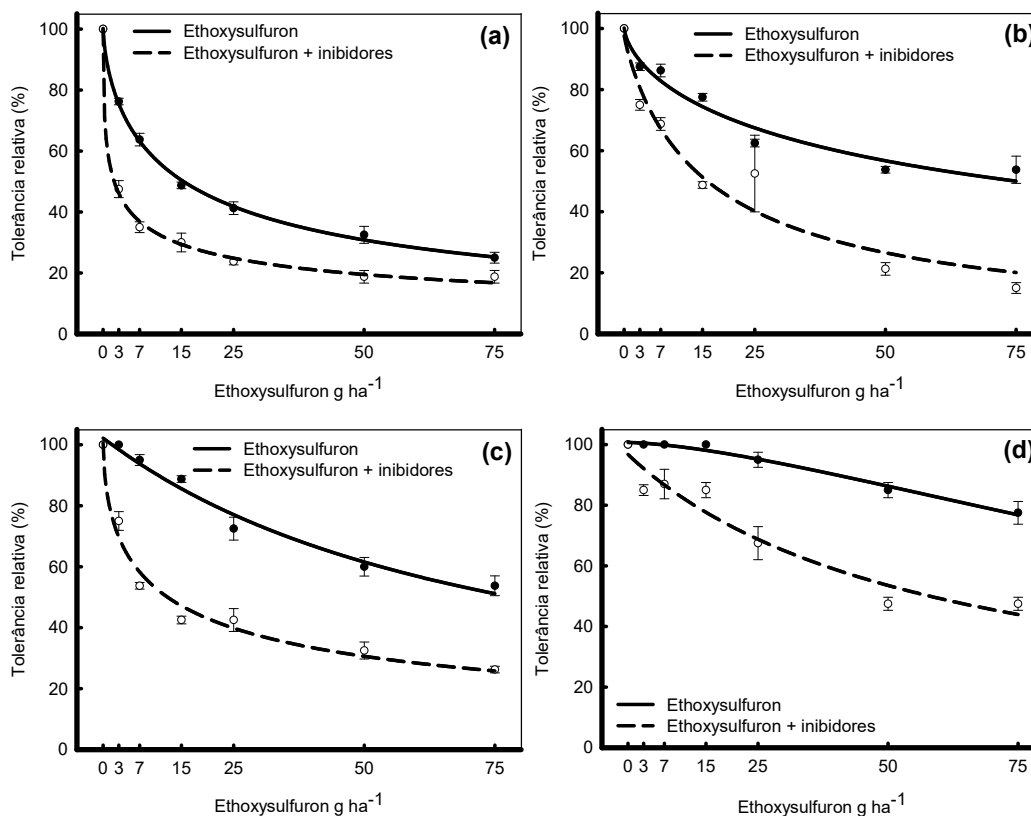


Figura 6.3 - Efeito de doses de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação (malathion + chlorpyrifos) sobre as variáveis: tolerância relativa (%) aos a) 10, b) 15, c) 20 e d) 25 dias após a aplicação em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.5. UTFPR – Pato Branco, 2015.

A estatura das plantas de feijão, aos 15 DAA de ethoxysulfuron na dose de 75 g ha^{-1} , atingiu 60% do valor mensurado nas plantas não tratadas com o herbicida. Mas, quando as plantas foram aspergidas com inibidores da detoxificação + ethoxysulfuron a 75 g ha^{-1} , o valor dessa variável atingiu 30%, em relação às plantas não tratadas (Figura 6.4a). Aos 25 DAA, na maior dose de ethoxysulfuron, a estatura das plantas atingiu 80% e 50% em relação à testemunha, respectivamente para o produto isolado ou associado aos inibidores (Figura 6.4b).

A regressão entre MPAV das plantas de feijão e as doses de ethoxysulfuron, indica que quando aplicado na forma isolada e na maior dose, o herbicida reduz a variável à 65% do valor da testemunha (Figura 6.4c). Ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação reduz a MPAV a 30%, em comparação com a testemunha sem aplicação de ethoxysulfuron. A redução da

MPAS (Figura 6.4d) chegou a 60 e 30% respectivamente para os tratamentos descritos.

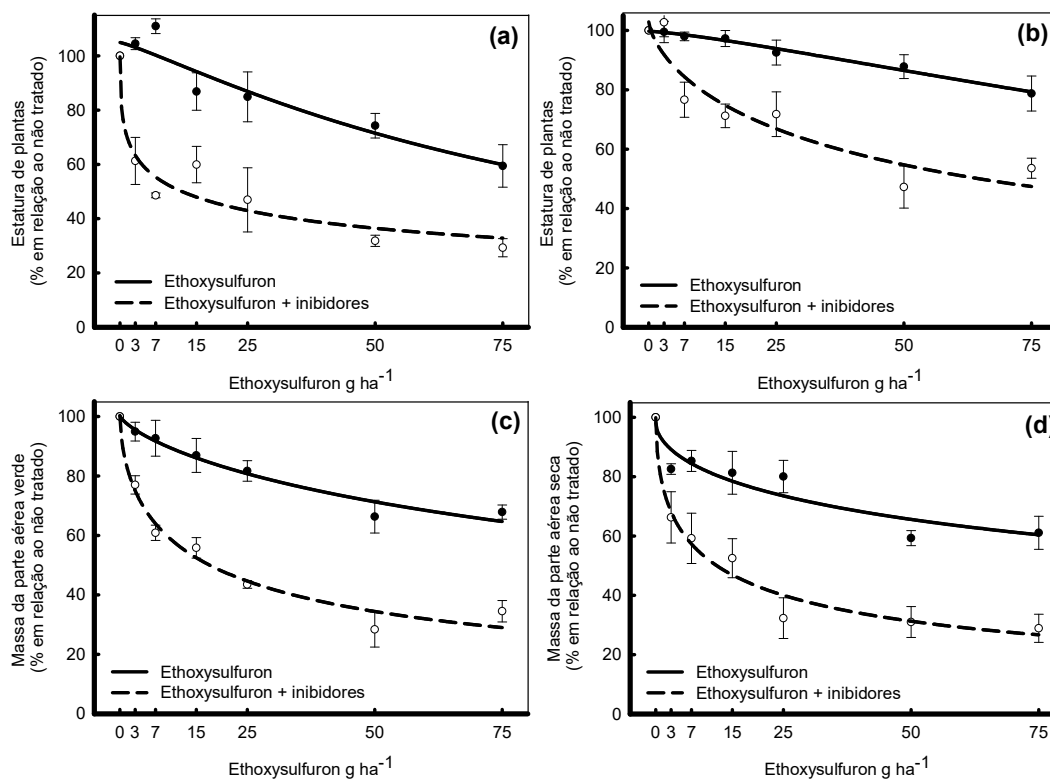


Figura 6.4 - Efeito de doses de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação (malathion + chlorpyriphos) sobre as variáveis: estatura de plantas (%) aos a) 15, e b) 25 dias após a aplicação; e c) massa da parte aérea verde (%); d) e massa da parte aérea seca (%) em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.5. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Quando o tratamento envolveu ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação, os valores de D_{50} foram inferiores aos constatados com ethoxysulfuron sozinho (Tabela 6.5). Por exemplo a MPAS do tratamento com ethoxysulfuron resultou em D_{50} de 172 g ha⁻¹, enquanto que o tratamento ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação resultou em D_{50} de apenas 12 g ha⁻¹. Quando a variação do D_{50} é alta entre tratamentos com ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + inibidores em uma mesma variável, são constatados valores elevados de fator tolerância (Tabela 6.5). O fator tolerância das plantas de feijão nos tratamentos em que não foi aplicado ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação variou de 2,59 (TR 25 DAA) a 14,34 (MPAS).

Tabela 6.5 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), fator tolerância (FT) e probabilidade (p) para as variáveis tolerância relativa (%) (TR) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (ETH) ou ethoxysulfuron + inibidores da detoxificação (ETH + INI) (Malathion + chlorpyrifos) (DAA), estatura de plantas (%) (EP) aos 15 e 25 DAA, massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 DAA em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Variável	Tratamentos	Parâmetros ¹			R^2	QME	FT	p
		a	b	D_{50}				
TR10	ETH	100,21 (1,29) ^{2**}	0,68 (0,03)**	15,32 (0,85)**	0,99	1,72	7,23	<0,01
	ETH + INI	100,05 (1,70)**	0,45 (0,03)**	2,12 (0,34)**	0,99	2,88	-	<0,01
TR 15	ETH	100,17 (4,10)**	0,66 (0,12)**	74,74 (15,97)**	0,94	18,04	4,44	<0,01
	ETH + INI	97,64 (7,70)**	0,90 (0,20)*	16,80 (4,65)*	0,92	63,18	-	<0,01
TR 20	ETH	102,16 (2,95)**	1,08 (0,16)**	75,27 (8,48)**	0,97	12,10	6,22	<0,01
	ETH + INI	100,62 (4,49)**	0,58 (0,08)**	12,09 (2,67)**	0,97	20,37	-	<0,01
TR 25	ETH	100,70 (0,82)**	1,53 (0,22)**	160,98 (19,83)**	0,98	1,62	2,59	<0,01
	ETH + INI	96,75 (5,62)**	0,99 (0,28)*	62,16 (13,06)**	0,90	41,61	-	<0,01
EP 15	ETH	104,91 (5,55)**	1,17 (0,45) ^{ns}	95,80 (24,09)*	0,84	51,36	7,76	0,01
	ETH + INI	99,62 (7,81)**	0,39 (0,13)*	12,35 (6,76) ^{ns}	0,89	61,17	-	<0,01
EP 25	ETH	99,73 (0,75)**	1,29 (0,18)**	214,69 (33,98)**	0,98	1,14	3,58	<0,01
	ETH + INI	102,88 (8,58)**	0,71 (0,25)*	59,97 (22,96) ^{ns}	0,82	79,70	-	0,01
MPAV	ETH	100,27 (2,84)**	0,75 (0,15)**	166,81 (40,35)*	0,94	9,48	9,55	<0,01
	ETH + INI	100,30 (4,77)**	0,62 (0,09)**	17,46 (3,86)**	0,96	23,14	-	<0,01
MPAS	ETH	98,11 (5,73)**	0,57 (0,20)*	172,07 (91,73) ^{ns}	0,83	34,62	14,34	0,01
	ETH + INI	99,89 (5,06)**	0,55 (0,09)**	12,00 (3,15)*	0,96	25,76	-	<0,01

¹ Logística de três parâmetros.

² Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade respectivamente.

^{ns} não significativo.

6.3.4 Com protetor mefenpyr

O impacto das doses de ethoxysulfuron sobre as variáveis tolerância relativa (10, 15, 20 e 25 DAA), estatura de plantas (15 e 25 DAA), MPAV e MPAS foram representadas pelo modelo logístico de três parâmetros ($p < 0,01$).

Quando avaliado aos 10, 15 e 25 DAA (Figura 6.5a) a tolerância relativa das plantas de feijão respondeu apenas em função das doses de ethoxysulfuron, ou seja, não foi constatado efeito protetor. Nestas épocas a tolerância variou de 30 (25 DAA) a 50% (15 DAA). Quando avaliado aos 20 DAA (Figura 6.5b) o protetor amenizou o efeito herbicida. Por exemplo, na dose de 30 g ha⁻¹, a tolerância das plantas de feijão com a aplicação de ethoxysulfuron foi de 55%, enquanto que com a aplicação de ethoxysulfuron +

protetor a tolerância foi de 70%. Na maior dose avaliada (120 g ha^{-1}) a tolerância foi de aproximadamente 30% em ambos os tratamentos.

Os resultados do tratamento com a maior dose de ethoxysulfuron avaliado aos 15 DAA evidenciam que a estatura das plantas de feijão foi reduzida a 20% se comparado a testemunha sem herbicida (Figura 6.5c). Nessa mesma dose, aos 25 DAA, a estatura foi reduzida a 35% em comparação a testemunha.

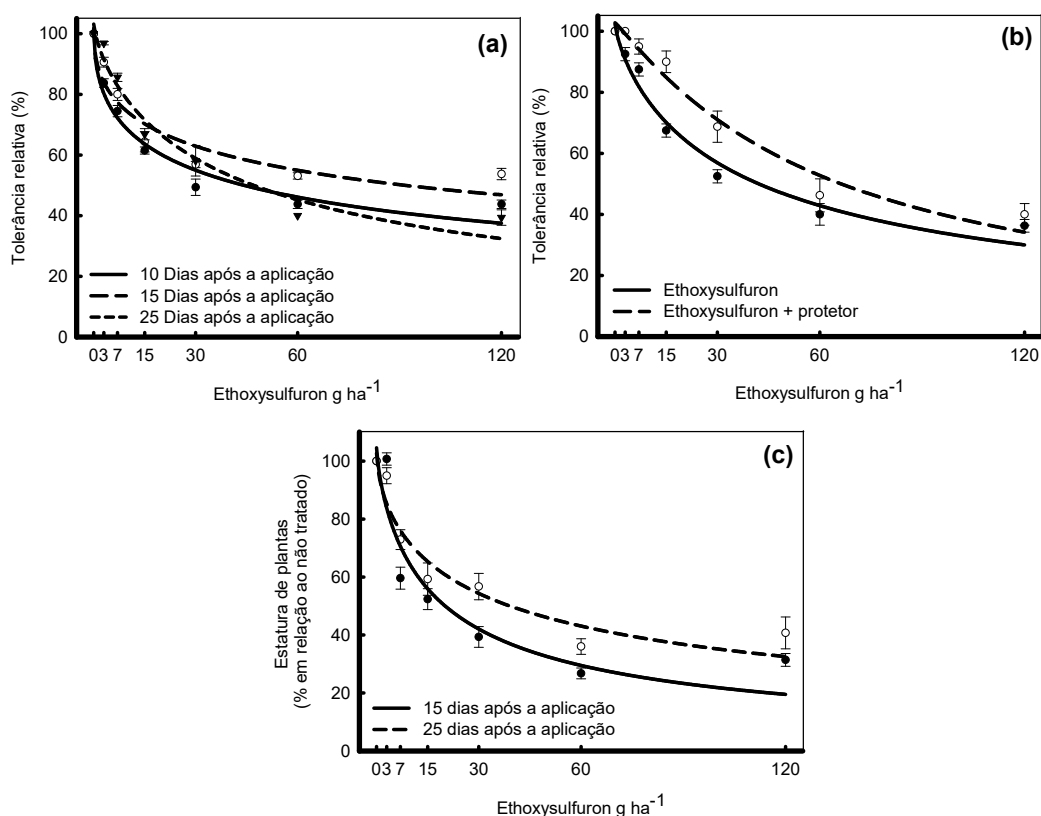


Figura 6.5 - Efeito de doses de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + protetor (mefenpyr) sobre as variáveis: a) tolerância relativa (%) aos 10, 15 e 25 dias após a aplicação (DAA), b) tolerância relativa (%) aos 20 dias após a aplicação (DAA) e c) estatura de plantas aos 15 e 25 dias após a aplicação (DAA). Para as variáveis tolerância relativa (10, 15 e 25 DAA) e estatura de plantas (15 e 25 DAA) os pontos representam as médias dos tratamentos. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.7. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Na comparação entre efeito de ethoxysulfuron + protetor e efeito isolado de ethoxysulfuron (Tabela 6.6), foi constatado que o protetor proporcionou tolerância 9% superior aos 10 DAA, 7% superior aos 15 DAA e a

redução estatura de plantas de feijão foi 9% menor em comparação ao tratamento apenas com ethoxysulfuron.

Tabela 6.6 - Médias das variáveis tolerância relativa aos 10 (T10), 15 (T15) e estatura de plantas aos 25 (EP25) dias após a aplicação de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + mefenpyr em plantas de feijão cultivar IPR Eldorado. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Tratamento	T10	T15	EP25
Ethoxysulfuron	60,75 b*	67,85 b	70,34 a
Ethoxysulfuron + protetor	69,71 a	74,64 a	61,27 b
DMS ^{1/}	2,75	3,03	8,73

* Médias não ligadas pela mesma letra na mesma na mesma coluna diferem-se pelo teste DMS-t. ($p \leq 0,05$).

^{1/} DMS = Diferença mínima significativa.

A regressão entre as doses de ethoxysulfuron e o comprimento entre o terceiro e quarto entre nó foi ajustado com modelos sigmoide e logístico de quatro parâmetros (Figura 6.6a). O comprimento dos entrenós demonstra que o protetor mefenpyr é capaz de mitigar o efeito herbicida em plantas de feijão. Ethoxysulfuron, na dose de 20 g ha⁻¹, reduziu o entrenó foi 26% superior no tratamento com ethoxysulfuron isolado em comparação ao tratamento com protetor. Porém, quando a dose foi superior a 60 g ha⁻¹, os tratamentos se equivaleram, e a redução do entre nó foi de aproximadamente 60% em ambos tratamentos.

Quando a dose de ethoxysulfuron foi de 120 g ha⁻¹, a MPAV (Figura 6.6b) das plantas de feijão foi reduzida a aproximadamente 40% em comparação com a testemunha sem o herbicida. Para esta mesma dose, a MPAS (Figura 6.6c) foi reduzida a 50% em comparação com a testemunha.

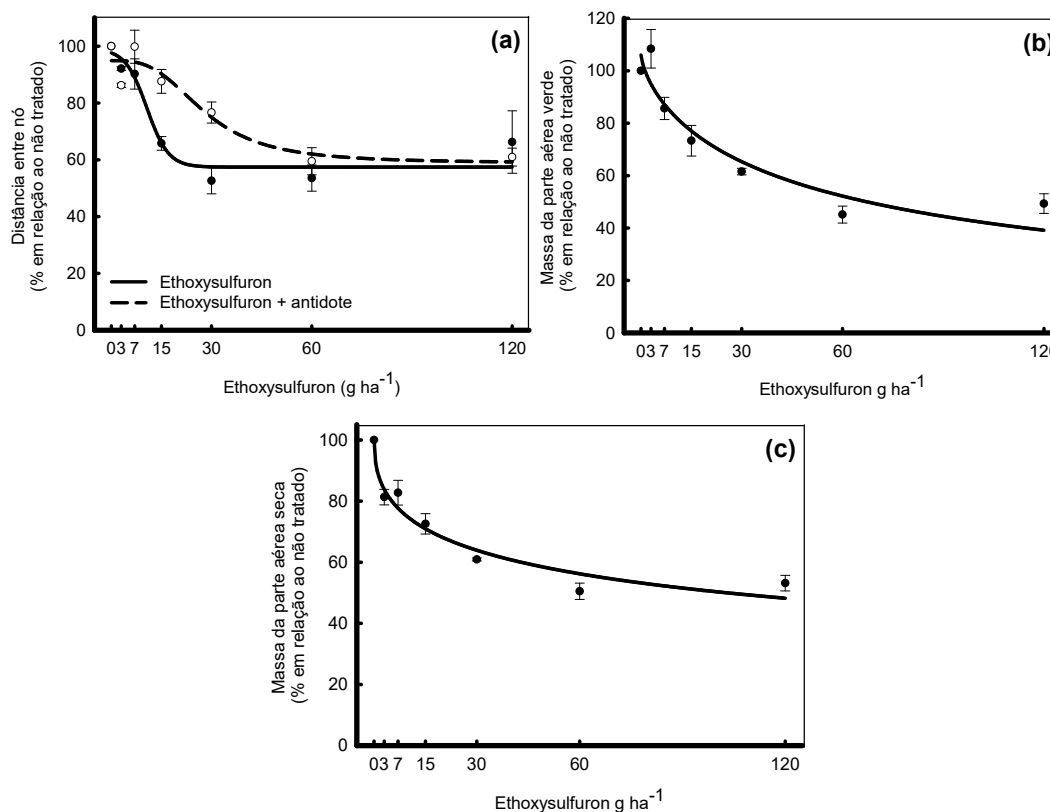


Figura 6.6 - Efeito de doses de ethoxysulfuron e ethoxysulfuron + protetor (mefenpyr) sobre as variáveis: a) distância entre o terceiro e quarto nó (%) das plantas aos 25 dias após a aplicação (DAA), b) massa a parte aérea verde (%) aos 25 DAA e c) massa da parte aérea seca (%) aos 25 DAA em plantas de feijão cultivar IPR Eldorado. Os resultados de estatura, MPAV e MPAS são apresentados como média dos tratamentos. Os pontos representam os valores médios de quatro repetições e as barras correspondem ao seu erro padrão. Os parâmetros das equações estão na Tabela 6.7. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Os valores de D_{50} estimados pelas equações não foram elevados (Tabela 6.7), a variação destes quando estimados pela logística de três parâmetros foi de 18 (Estatura de plantas aos 15 DAA) até 102 (MPAS 25 DAA). Os valores de D_{50} estimados pelas equações sigmoide e logística de quatro parâmetros foram de 10,64 (comprimento do entre nó quando tratado apenas com ethoxysulfuron) e de 27,96 (comprimento do entre nó quando tratado com ethoxysulfuron + protetor). O fator de tolerância calculado para a tolerância relativa das plantas de feijão aos 20 DAA foi de 1,58, enquanto que para o comprimento do entre nó o fator tolerância foi de 2,63.

Tabela 6.7 - Parâmetros da equação, coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), fator tolerância (FT) e probabilidade (p) para as variáveis tolerância relativa (%) (TR) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (Ethoxy) ou ethoxysulfuron + protetor (Ethoxy + prot) (mefenpyr) (DAA), estatura de plantas (%) (EP) aos 15 e 25 DAA, massa da parte aérea verde (%) (MPAV) e massa da parte aérea seca (%) (MPAS) aos 25 DAA em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.

Variáveis	Tratamentos	Parâmetros				R^2	QME	FT	p
		a	b	D_{50}	Y_0				
TR10 ^{1/}		101,17 (4,94) ^{4/} **	0,51 (0,09)**	42,34 (11,88)*	-	0,95	24,88	-	0,001
TR15 ^{1/}		101,84 (6,59)**	0,46 (0,12)*	84,91 (38,38) ^{ns}	-	0,88	44,38	-	0,007
TR25 ^{1/}		103,18 (5,70)**	0,77 (0,14)**	43,48 (9,97)**	-	0,94	36,43	-	0,001
MPAV25 ^{1/}		106,02 (9,46)**	0,73 (0,24)*	57,51 (22,59) ^{ns}	-	0,83	100,19	-	0,01
MPAS 25 ^{1/}		100,23 (4,95)**	0,46 (0,1)**	102,11 (36,84)*	-	0,92	25,14	-	0,003
EP15 ^{1/}		104,59 (11,96)**	0,77 (0,24)*	17,98 (8,27) ^{ns}	-	0,84	149,95	-	0,01
EP25 ^{1/}		102,12 (8,02)**	0,64 (0,16)*	36,02 (13,24)*	-	0,89	67,39	-	0,005
TR20	Ethoxy ^{1/}	102,36 (5,02)**	0,80 (0,13)**	39,80 (7,88)**	-	0,96	28,45	-	0,0008
	Ethoxy + prot ^{1/}	102,80 (4,36)**	1,08 (0,2)**	63,05 (9,40)**	-	0,95	29,34	1,58	0,0009
EN	Ethoxy ^{2/}	41,67 (10,24)*	-3,21 (2,22) ^{ns}	10,64 (3,22)*	57,44 (3,93)**	0,88	45,35	-	0,02
	Ethoxy + prot ^{3/}	-36,07 (9,28)*	-3,06 (2,73) ^{ns}	27,96 (8,47)*	94,94 (4,35)**	0,82	49,67	2,63	0,04

^{1/} Logística de três parâmetros.

^{2/} Sigmoide de quatro parâmetros.

^{3/} Logística de quatro parâmetros.

^{4/} Valores entre parênteses indicam o erro padrão.

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade respectivamente.

^{ns} não significativo.

6.4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com os experimentos desse capítulo suportam a hipótese de que a enzima ALS é sensível ao ethoxysulfuron. Contudo, a resposta da enzima foi dependente de cada cultivar. Os valores de D_{50} foram de 0,29 (BRS Esplendor) e 0,42 (IPR Eldorado) g ha⁻¹ (Tabela 6.2). Apesar de distintos, de acordo com o espectro de doses avaliado (0 a 48 µM) as D_{50} foram muito baixas, indicando que a atividade da enzima é facilmente inibida em ambos as cultivares.

Como a enzima ALS foi sensível ao ethoxysulfuron, hipotetizou-se que as plantas de feijão seriam sensíveis a outros herbicidas pertencentes ao mesmo mecanismo de ação (tolerância cruzada). De fato, foi observado grande

sensibilidade das plantas aos herbicidas bispiribaque-sódico, oxasulfuron e diclosulam em todas as variáveis medidas, destacando-se a tolerância relativa, estatura de plantas, MPAV e MPAS (Tabelas 6.3 e 6.4). Invertendo-se a linha de raciocínio, pode-se interpretar o fato de a tolerância cruzada como evidência indireta de que plantas de feijão possuem a enzima ALS sensível aos herbicidas.

Na literatura, casos que descrevem tolerância ou resistência cruzada de plantas aos herbicidas envolvem principalmente espécies infestantes, por exemplo *Cyperus iria* (RIAR, et al. 2015) e *Echinochloa crus-galli* (MATZENBACHER et al., 2013), com biótipos cujas plantas são insensíveis aos herbicidas inibidores da ALS. Também há evidência do fenômeno em plantas cultivadas. Por exemplo, genótipos de girassol demonstraram tolerância cruzada a herbicidas inibidores da ALS (SALA; BULOS, 2012). Convém enfatizar que também são descritos, na literatura, casos de que a enzima ALS de algumas plantas pode ser tolerante às sulfonilureias (thifensulfuron-methyl) mas não às imidazolinonas (imazaquin-ammonium) e ácido pirimidiniloxibenzóico (bispyribac-sodium) (UCHINO et al., 2007). Isto pode ser atribuído a substituição em Pro197, o qual pode proporcionar resistência a sulfonilureias, mas não a imidazolinonas (LIU et al., 2015).

Dentre os herbicidas testados, o imazethapyr (imidazolinona) é o único que apresenta registro para o controle de infestantes de forma seletiva às plantas de feijão (MAPA 2015). Contudo, as variáveis tolerância relativa aos 20 DAA e MPAS foram mais afetadas pelo imazethapyr em comparação ao ethoxysulfuron (Tabelas 6.3 e 6.4), enquanto que a resposta das demais variáveis foi semelhante para ambos os herbicidas. Isto sugere que as plantas de feijão podem ser mais sensíveis ao imazethapyr do que ao ethoxysulfuron. Quando comparados os herbicidas pertencentes ao grupo químico das sulfonilureias (ethoxysulfuron e oxasulfuron), foi observado que as plantas de feijão apresentam resposta diferenciada a estes herbicidas (Tabelas 6.3 e 6.4).

A segunda hipótese deste capítulo é de que a tolerância das plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron é ocasionada pela degradação da molécula pelas plantas. Evidências para essa hipótese foram obtidas nos experimentos com inibidores da degradação (Tópico 6.3.3) e com o uso de

protetor (Tópico 6.3.4). As plantas de feijão tratadas previamente com os inibidores, malathion + chlorpyrifos foram mais sensíveis ao ethoxysulfuron. Foi observado elevada redução da TR, EP, MPAV e MPAS das plantas de feijão tratadas com os inibidores (Figuras 6.3 e 6.4).

Foi constatado na literatura casos que demonstram o efeito sinérgico de inibidores da detoxificação com diferentes herbicidas. Por exemplo, o uso de malathion proporciona incremento no efeito fitotóxico dos herbicidas inibidores de ACCase (fenoxaprop e pinoxaden) e ALS (imazamethabenz e flucarbazone) em *Avena fatua* (BECKIE et al., 2012), topamezone em *Agrostis stolonifera* (ELMORE et al., 2015), metribuzin em *Lupinus angustifolius* L. (PAN et al., 2012) e atrazina em *Oryza sativa* (TAN et al., 2015). Esses resultados são considerados evidências indiretas de que o mecanismo de tolerância nestas espécies é a degradação do herbicida pelas plantas (BECKIE, WARWICK, SAUDER, 2012; ELMORE et al., 2015; TAN et al., 2015)

Em alguns casos, todavia, os inibidores da detoxificação podem ser antagônicos ao herbicida, reduzindo a fitotoxicidade do produto, conforme ocorre com o clomazone quando aplicado em plantas de arroz (SANCHOTENE et al., 2010) e algodão (FERHATOGLU; AVDIUSHKO; BARRET, 2005). Neste caso clomazone é um proherbicida e quando na planta, é metabolizado a 5-ketoclomazone. Esse composto apresenta atividade herbicida e não o clomazone (YASUOR, et al., 2010).

A hipótese de que o composto mefenpyr é um protetor capaz de mitigar o efeito herbicida foi evidenciada nas variáveis TR aos 10, (Tabela 6.6) 15 (Tabela 6.6) e 20 DAA (Figura 6.5b), EP aos 25 DAA (Tabela 6.6) e a redução da distância entre o 3° e 4° nó (Figura 6.6a).

Na literatura, foi observado que mefenpyr aumenta a atividade da GST em plantas de trigo (TAYLOR et al., 2013) e favorece a síntese de P450 em *Alopecurus aequalis* (HONGCHUN et al., 2013). Não foram observados trabalhos na literatura que descrevam o potencial efeito do protetor mefenpyr sobre plantas dicotiledôneas. Contudo, outros protetores, tais como o diclormida aumenta a atividade da enzima GST em plantas de soja (ANDREWS et al., 2005). Ressalta-se que protetores (safeners) são desenvolvidos para herbicidas específicos, neste caso mefenpyr foi

desenvolvido principalmente para proteção de plantas cultivadas contra a ação de herbicidas do grupo químico das sulfonilureias (ROSINGER, KOCHER, 2007; BEHRINGER, BARTSCH, SCHALLER, 2011). Um dos fatores contribuintes para que não seja observado efeito protetor em determinadas plantas, pode ser as diferentes formas das enzimas pertencentes ao grupo das P450, conforme descrito por Yun, Shim e Usui (2001). Também existem casos que herbicidas específicos que podem proporcionar efeito protetor sobre determinadas plantas. Por exemplo, o herbicida 2,4-D protege plantas de *Lolium rigidum* contra os herbicidas diclofop-methyl e chlorsulfuron (HAN et al. 2013). Isto é atribuído ao fato do herbicida induzir a expressão das proteínas do citocromo P450 (HIROSE et al., 2007).

Os resultados obtidos a partir da atividade da enzima ALS, tolerância cruzada, inibidores de metabolização e do uso do protetor, sugerem que o mecanismo de tolerância das plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron ocorre em função da degradação da molécula do herbicida pelas plantas do feijoeiro.

Na prática, os resultados deste trabalho e os dados observados na literatura, indicam a importância do conhecimento da resposta das plantas cultivadas as misturas entre herbicidas e alguns inseticidas, a fim de que prejuízos sejam evitados. Provavelmente, entre os fatores envolvidos na menor sensibilidade das plantas de feijão ao ethoxysulfuron, se comparado ao oxasulfuron, a maior taxa de degradação da molécula do herbicida seja o principal.

6.5 CONCLUSÕES

Há tolerância cruzada das plantas de feijão aos herbicidas pertencentes aos grupos químicos, imidazolinona e sulfonilureias. Contudo, dentre os herbicidas deste último grupo, apenas o ethoxysulfuron foi seletivo as plantas de feijão.

A enzima ALS das plantas de feijão é sensível ao ethoxysulfuron. As evidências indiretas (inibidores da detoxificação e com protetor) sugerem

que a degradação da molécula do ethoxysulfuron é um mecanismo envolvido na tolerância das plantas de feijão ao herbicida.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da grande importância econômica e social da cultura do feijão, esta recebe pouca atenção por parte dos centros de pesquisas, por este motivo a cultura é considerada “órfã”. Conforme observado nesta dissertação, a perda de rendimento proporcionada pela presença de daninhas é elevada, a baixa disponibilidade de herbicidas recomendados para o controle de infestantes dicotiledôneas em pós-emergência da cultura é um dos fatores que podem contribuir com isto. Outros fatores inclui a oscilação das condições climáticas, que podem ser mais prejudiciais para esta cultura se comparado a soja ou milho por exemplo. Além disto, a elevada oscilação dos preços durante a comercialização, que em alguns anos pode chegar a quase 300%, têm desestimulado o agricultor a expandir a área de plantio.

No Capítulo 2 objetivou-se elevar a habilidade competitiva de plantas de feijão através do uso de fitorreguladores, aumentando o período denominado PAI, o que por consequência poderia reduzir a perda de rendimento proporcionada pelas plantas daninhas. O estudo demonstrou que as plantas de feijão são muito sensíveis à mato-competição e, mesmo períodos curtos de convivência com outras plantas podem proporcionar redução elevada no rendimento de grãos. Conforme a literatura indica, mesmo adotando estratégias de manejo as perdas de rendimento da cultura devido à presença de infestantes é elevada. Assim, estratégias de manejo devem ser adotadas, a fim de que as perdas no rendimento de grãos sejam mínimas.

Foi observado que os fitorreguladores trinexapac-ethyl e cloreto de mepiquat não foram eficientes em amenizar os efeitos do inicialismo das plantas de feijão. Embora esses reguladores de crescimento afetem a estatura das plantas de feijão, eles reduzem a massa do sistema radicular em proporção superior à da massa da parte aérea, elevando a relação PA:R, contrariando a hipótese proposta. O uso de trinexapac-ethyl proporcionou elevação no rendimento de grãos se comparado ao tratamento sem aplicação de fitorreguladores. Mas, não houve um componente do rendimento que isoladamente se destacasse em explicar aquele incremento na produtividade

(20%). É possível que esse regulador de crescimento possa ter proporcionado melhor partição dos fotoassimilados, redirecionado os para as estruturas reprodutivas das plantas de feijão.

Avaliando a seletividade do herbicida ethoxysulfuron sobre plantas de feijão, foi observado que mesmo quando aplicado em doses elevadas (200 g ha^{-1}) (Capítulo 3) as plantas de feijão são tolerantes ao ethoxysulfuron e, mesmo que os níveis de injúria sejam elevados (90%), as plantas de feijão têm capacidade de recuperar destes efeitos. A análise de atividade de ALS indicou que a enzima das plantas de feijão é sensível ao herbicida ethoxysulfuron, sugerindo que outro mecanismo de tolerância das plantas esteja envolvido na seletividade do herbicida à cultura. Os inibidores da metabolização incrementaram os níveis de injúria (se comparada as mesmas doses entre todos os experimentos) promovido por ethoxysulfuron ao feijoeiro, embora não tenha sido constatado morte das plantas de feijão em nenhum dos experimentos. Ademais, a elevação da tolerância das plantas de feijão de acordo com as épocas de avaliação é um indicativo da metabolização do herbicida. Portanto, os diferentes níveis de tolerância observado entre as cultivares de feijão nos Capítulos 3 e 4 podem ser atribuídos a metabolização diferencial do herbicida pelas plantas de feijão.

Os experimentos a campo (Capítulos 4) demonstraram que as plantas de feijão têm seu potencial produtivo reduzido com o incremento das doses de ethoxysulfuron. A redução no rendimento de grãos pode ser elevada, dependendo do cultivar (40% para o cultivar IPR Andorinha quando a dose é de 83 g ha^{-1}).

O herbicida ethoxysulfuron foi capaz de reduzir o efeito da competição proporcionado pelas infestantes sobre as plantas de feijão (Capítulo 5). Mas, não foi suficiente para elevar o potencial produtivo em níveis equivalentes ao patamar alcançado pela testemunha livre de infestantes. Isto pode ocorrer em função da fitotoxicidade gerada pelo herbicida sobre a cultura. De fato, conforme observado no Capítulo 4, ocorre redução no rendimento de grãos das plantas de feijão com a elevação das doses de ethoxysulfuron.

Doses variando entre 15 a 20 g ha^{-1} , podem ser consideradas satisfatórias para o controle de plantas de *Ipomoea* spp. e soja em meio as plantas de feijão (Capítulo 5). No Capítulo 4, os resultados indicam que este

espectro de doses pode proporcionar redução no rendimento de grãos próximos a 10%. Considerando o fato de que mesmo com adoção de práticas de manejo a redução no rendimento de grãos devido à presença de plantas daninhas pode chegar a 25%, o saldo da aplicação de ethoxysulfuron ainda poderia ser considerada viável economicamente. Todavia, isto seria dependente de vários fatores, tais como a espécie daninha alvo, do estágio de desenvolvimento da cultura e da infestante e das condições ambientais para a aplicação do herbicida.

Com o desenvolvimento de cultivares de soja precoces, agricultores da região Sudoeste do Paraná tem optado pelo plantio da segunda safra, a qual normalmente tem início em janeiro. Grande parte dos agricultores optam pelo plantio do feijão nesta época devido ao maior retorno econômico e ao ciclo de desenvolvimento rápido, fugindo das épocas de menor temperatura que tem início geralmente no mês de abril. Contudo, em áreas onde é realizada esta prática é comum a presença de plantas de soja. Estas plantas além de apresentarem elevado potencial competitivo com as plantas de feijão, devido principalmente ao nível de semelhança morfológica, depreciavam a qualidade do produto comercializado. Em muitos casos cerealistas recusam-se em receber o produto, pois a presença de grãos e vagens de soja dificilmente são eliminadas no processo de separação das impurezas dos grãos de feijão. É provável que este tenha sido um dos motivos pelos quais tenha se reduzido a semeadura de feijão em segunda safra na região, tendo cedido espaço para o plantio da soja safrinha. Contudo, devido à recente proibição desta prática, acredita-se que o plantio do feijão em segunda safra possa retornar, e o uso do ethoxysulfuron pode ser um herbicida que possibilite a expansão da área cultivada com a cultura na região.

7.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DO MÉTODO DE PESQUISA

Os fitorreguladores não foram eficientes em alterar o PAI das plantas de feijão (Capítulo 2), contudo, sugere-se que a densidade (principalmente de plantas cultivadas) seja um fator mais responsivo aos efeitos do fitorreguladores, se comparado a análise de período. Isto por que

com a densidade se teria melhor controle das relações que envolvem a qualidade de luz interceptada pelas plantas.

No Capítulo 5 aonde foi avaliado o controle de plantas infestantes com ethoxysulfuron em meio as plantas de feijão, poderia ter sido alocado tratamento adicional avaliando apenas o efeito do herbicida sobre o cultivar IAC Imperador, assim conforme realizado com as cultivares IPR Andorinha e IPR Tangará descritos nos Capítulo 4, já que não se tinha informação quanto ao nível de tolerância deste cultivar. Dessa forma poderia isolar mais precisamente os efeitos da injúria do herbicida e a competição com as infestantes. Adicionalmente, trabalhos avaliando sinergismo e antagonismo com outros herbicidas poderiam ser conduzidos. Esta prática poderia ampliar o espectro de controle de infestantes, assim como reduzir a dose do herbicida, reduzindo a toxicidade sobre as plantas de feijão.

O protetor mefenpyr foi capaz apenas de mitigar o efeito herbicida (Capítulo 6). Contudo, trabalhos avaliando outros potenciais protetores poderiam ser conduzidos, permitindo que a redução do efeito fitotóxico do herbicida sobre a cultura seja reduzido.

Nos experimentos avaliando o mecanismo de tolerância das plantas de feijão (Capítulo 6), poderia ter sido incluída a análise de metabólitos produzidos pela degradação da molécula do herbicida como análise complementar. Isso oportunizaria evidenciar com mais precisão se a degradação do herbicida é o mecanismo de tolerância das plantas de feijão ao herbicida ethoxysulfuron. As avaliações de outros mecanismos tais como absorção e translocação também reforçariam os resultados expostos.

REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; SCHAEGLER, C.E.; TIRONI, S.P.; SANTOS, L.S. Período crítico de competição de plantas daninhas com a cultura do trigo. **Planta Daninha**, v.26, n.2, p.271-278, 2008.

ANDREWS, C.J.; CUMMINS, I.; SKIPSEY, M.; GRUNDY, N.M.; JEPSON, I.; TOWNSON, J.; EDWARDS, R. Purification and characterisation of a family of glutathione transferases with roles in herbicide detoxification in soybean (*Glycine max L.*); selective enhancement by herbicides and herbicide safeners. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, n.82, p.205–219, 2005.

ASSIS, A.C.D.L.P.; DOS REIS, M.R.; PESSOA, G.D.O.; SILVA, D.V.; HAYATA, M.; DIAS, R.C.; ROCHA, B.H. Seletividade do ethoxysulfuron às culturas da soja e feijão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, n.2, p.117-124, 2014.

BAUER, T. A. Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris*) Varietal Tolerance to Imazethapyr. **Weed Science**, v.43, n.3, p.417-424, 1995.

BECKIE, H.J.; WARWICK, S.I.; SAUDER, C.A. Basis for Herbicide Resistance in Canadian Populations of Wild Oat (*Avena fatua*). **Weed Science**, v.60, p.10–18, 2012.

BECKIE, H.J.; TARDIF F.J. Herbicide cross resistance in weeds. **Crop Protection**, v.35, p.15-28. 2012.

BEHRINGER, C.; BARTSCH, K.; SCHALLER, A. Safeners recruit multiple signalling pathways for the orchestrated induction of the cellular xenobiotic detoxification machinery in Arabidopsis. **Plant, Cell and Environment**, v.34, n.11, p.1970–1985, 2011.

BEVILAQUA, G.; BROCH, D.; POSSENTI, J. Efeito da dose do fertilizante na absorção de nutrientes e no estabelecimento de plântulas de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.1, p.45-49. 1996.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; RIZZARDI, M.A. Interferência de *Raphanus sativus* na produtividade de cultivares de soja. **Planta Daninha**, v.29, n.4, p.783-792. 2011.

BOCCALANDRO, H.E.; PLOCHUK, E.L.; YANOVSKY, M.J.; SÁNCHEZ, R.A.;

GATZ, C.; CASAL, J.J. Increased phytochrome B alleviates density effects on tuber yield of field potato crops. **Plant Physiology**, v.133, n.4, p.1539–1546, 2003.

BRESSANIN, F.N.; NEPOMUCENO, M.; MARTINS, J.V.F.; DE CARVALHO, L.B.; ALVES, P.L.D.C.A. Influência da adubação nitrogenada sobre a interferência de plantas daninhas em feijoeiro. **Revista Ceres**, v.60, n.1, p. 43-52, 2013.

BUKER, R.S. RATHINASABAPATHI, B.; STALL, W.M.; MACDONALD, G.; OLSON, S.M. Physiological basis for differential tolerance of tomato and pepper to rimsulfuron and halosulfuron: site of action study. **Weed Science**, v.52, n.2, p.201-205. 2004.

CABRAL, P.H.R.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I.S.; DE ARAÚJO, V.T.; PEDRINI, E.C.F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 43, n.3, p.308-314, 2013.

CÁPRIO DA COSTA, J.G.; MELO, L.C.; PEREIRA, H.S.; PELOSO, M.J.D.; FARIA, L.C.D.; DÍAZ, J.L.C.; ALMEIDA, V.M.D. BRS Esplendor: cultivar de feijoeiro comum de grão tipo comercial preto, com arquitetura de planta ereta, alto potencial produtivo e tolerância a doenças. **Comunicado Técnico**, 2009. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/transferecia/informacoestecnicas/publicacoesonline/comunicadotecnico_185.pdf>. Acesso em 18 jan 2016.

CARVALHO, S.J.F. Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. **Scientia Agricola**, v.66, n.1, p.136-142, 2009.

CASAL J.J. Shade avoidance. **The Arabidopsis Book**, v.10, p.157, 2012.

CAVALIERI, S.D.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; RIOS, F.A.; FRANCHINI, L.H.M.. Tolerância de híbridos de milho ao herbicidas nicosulfuron. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.203-214, 2008.

CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; BARROS, V.L.N. P.D.; BORGES, W.L.B.; TICELLI, M.; SANTOS, N.C.B.D. 'IAC IMPERADOR': early maturity "carioca" bean cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.12, p.297-300, 2012.

CHRISTOFFOLETI P.J. Curvas de dose-resposta de biótipos resistente e suscetível de *Bidens pilosa* L. aos herbicidas inibidores da ALS. **Scientia Agricola**, v.59, n.3, pp.513-519, 2002.

CIESLIK, L.F. Interferência de fatores morfoambientais e horários de aplicação de fluazifop-p-butyl e fomesafen no controle de infestantes, seletividade e lucratividade da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). 173 f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

CIESLIK, L.F.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Inicialismo na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*): é possível obter plantas “cegas” com reguladores de crescimento? **XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas 19 a 23 de julho de 2010** - Centro de Convenções - Ribeirão Preto – SP.

COCKER, K.M.; NORTHCROFT, D.S.; COLEMAN, J.O.D.; MOSS, S.R. Resistance to ACCase-inhibiting herbicides and isoproturon in UK populations of *Lolium multiflorum*: mechanisms of resistance and implications for control. **Pest Management Science**, v.57, n.7, p.587-97. 2001.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Safra 2014/15.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf>. Acesso em 03 fev 2015.

CORREIA, N.M.; LEITE, G.J. Selectivity of the plant growth regulators trinexapac-ethyl and sulfometuron-methyl to cultivated species. **Scientia Agricola**, v.69, n.3, p.194-200. 2012.

COSTA, N.V.; CARDOSO, L.A.; RODRIGUES, A.C.P.; MARTINS, D. Períodos de interferência de uma comunidade de plantas daninhas na cultura da batata. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 83-91, 2008 .

COUSENS, R. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. **Journal of Agricultural Science**, v.105, n.3, p.513-521, 1985.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DAS, T.K.; PAUL, A.K.; YADURAJU, N.T. Density-effect and economic threshold of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) in soybean. **Journal of Pest Science**, v.87, n.1, p.211–220, 2014.

DIESEL, F.; TREZZI, M.M.; OLIVEIRA, P.H.; XAVIER, E.; PAZUCH, D.; PAGNONCELLI Jr, F. Tolerance of dry bean cultivars to saflufenacil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.4, p.352-360, 2014.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. Produção de feijão. **Guaíba: Agropecuária**, 2000, 385p.

EDWARDS, R. Characterisation of glutathione transferases and glutathione peroxidases in pea (*Pisum sativum*). **Physiologia Plantarum**, v.98, p.594-604. 1996.

ELMORE, M.T.; BROSNAN, J.T.; ARMEL, G.R.; KOPSELL, D.A.; BEST, M.D.; MUELLER, T.C.; SOROCHAN, J.C. Cytochrome P450 Inhibitors Reduce Creeping Bentgrass (*Agrostis stolonifera*) Tolerance to Topramezone. **Plos One**, v.10, n.7, p.1-10, 2015.

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

ESPINDULA, M.C.; ROCHA, V.S.; GROSSI, J.A.S.; SOUZA, M.A.; SOUZA, L.T.; FAVARATO, L.F. Use of growth retardants in wheat. **Planta daninha**, v.27, n.2, p.379-387, 2009.

FAOSTAT. **Top production – Beans, dry – 2012**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 11 set 2015.

FERHATOGLU, Y.; AVDIUSHKO, S.; BARRET, M. The basic for safening of clomazone by phorate insecticide in cotton and inhibitors of cytochrome P450s. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.81, n.1, p.59-70, 2005.

FERREIRA, R.R.; OLIVEIRA, F.T.R.D.; DELITE, F.D.S.; AZEVEDO, R.A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S.J.P.D.; FIGUEIRA, A. Tolerância diferencial de variedades de cana-de-açúcar a estresse por herbicidas. **Bragantia**, v.69, n.2, p.395-404, 2010.

FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para tomada de decisão no controle de guaxuma em soja. **Planta Daninha**, v.20, n.3, p.421-429, 2002.

FRANKLIN K.A. Shade avoidance. **New Phytologist**, v.179, p.930–944. 2008.

FREITAS, F.C.L.; MEDEIROS, V.F.L.P.; GRANGEIRO, L.C.; SILVA, M.G.O.; NASCIMENTO, P.G.M.L.; NUNES, G.H. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009.

GALON, L.; FERREIRA, F.; FERREIRA, E.; SILVA, A.; CONCENÇO, G., SILVA, A.; TIRONI, S. Tolerância de novos genótipos de cana-de-açúcar a herbicidas. **Planta daninha**, v.28, n.2, p. 329-338. 2010.

GERWICK, B.C. MIRELES, L.C.; EILERS, R.J. Rapid diagnosis of ALS/AHAS inhibitor herbicide resistant weeds. **Weed Technology**, v.7, p.519-524, 1993.

GONG, W.Z.; JIANG, C.D.; WU, Y.S.; CHEN, H.H.; LIU, W.Y.; YANG, W.Y. Tolerance vs. avoidance: two strategies of soybean (*Glycine max*) seedlings in response to shade in intercropping. **Photosynthetica**, v.53, n.2, p.259-268, 2015.

GREEN-TRACEWICZ, E.; PAGE, ER.; SWANTON, C.J. Shade Avoidance in Soybean Reduces Branching and Increases Plant-to-Plant Variability in Biomass and Yield Per Plant. **Weed Science**, v.59, n.1, p.43-49.

GRICHAR, W.J.; JORDAN D.L.; PROSTKO, E.P. Weed control and peanut (*Arachis hypogaea* L.) response to formulations of imazapic. **Crop Protection**, v.36, p.31-36, 2012.

GUNDEL, P.E.; PIERIK, R.; MOMMER, L.; BALLARÉ, C.L. Competing neighbors: light perception and root function. **Oecologia**, v.176, n.1, p.1-10, 2014.

GURURANI, M.A.; GANESAN, M.; SONG, P.S. Photo-biotechnology as a tool to improve agronomic traits in crops. **Biotechnology Advances**. v.33, n.1, p.53–63. 2015.

HAMOZOZOVÁ, K.; KOŠNAROVÁ, P.; SALAVA, J.; SOUKUP, J.; HAMOUZ, P. Mechanisms of resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in populations of *Apera spica-venti* from the Czech Republic. **Pest Management Science**, v.70, p.541–548, 2014.

HAN, H.; YU, Q.; CAWTHRAY, G.R.; POWLES, S.B. Enhanced herbicide metabolism induced by 2,4-D in herbicide susceptible *Lolium rigidum* provides protection against diclofop-methyl. **Pest Management Science**, v.69, n.9, p.996–1000, 2013.

HANGEN, L.; BENNINK, M. Consumption of black beans and navy beans (*Phaseolus Vulgaris*) reduced azoxymethane-induced colon cancer in rats. **Nutrition and Cancer**, v.44, p.60–65, 2002.

HATZIOS, K.; BURGOS, N.; Metabolism-based herbicide resistance: regulation by safeners. **Weed Science**, v.52, n.3, p.454–467, 2004.

HEKMAT, S.; SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P.H. Effect of imazamox plus bentazon on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Crop Protection**, v.27, n. 12, p.1491–1494, 2008.

HENRIQUES, F.S.A revolução verde e a biologia molecular. *Revista de Ciências Agrárias*, v.32, n.2, p.245-254, 2009.

HIROSE, S.; KAWAHIGASHI, H.; TAGIRI, A.; IMAISHI, H.; OHKAWA, H.; OHKAWA, Y. Tissue-specific expression of rice CYP72A21 induced by auxins and herbicides. **Plant Biotechnology Reports**, v.1, n.1, p.27–36, 2007.

HOFFMANN JUNIOR, L; JOSTI, S.S.D.R.E.; POERSCHIII, N.L.; MEDEIROSII, S.L.P. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1543-1548. 2007

HONGCHUN, W.; JUN, L.; BO, L.; YUANLAI, L.; LIYAO, D. The role of cytochrome P450 monooxygenase in the different responses to fenoxaprop-P-ethyl in annual bluegrass (*Poa annua* L.) and short awned foxtail (*Alopecurus aequalis* Sobol.). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.107, p.334–342, 2013.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. 2005. **Cultivar de feijão IPR Colibri**. Disponível em: < http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/iprcolibri.pdf>. Acesso em 18 jan 2016.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. 2013. **Cultivar de feijão IPR Andorinha.** Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/Sementes_e_Mudas/folderipr_andorinha_27_11_13.pdf>. Acesso em: 07 Dez 2015.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. 2014. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado.** Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1363>>. Acesso em: 11 de agosto de 2014.

IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. 2015b. **Iapar lança três cultivares de feijão no Show Rural.** Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/noticias/article.php?storyid=1680>>. Acesso em 18 jan 2016.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **IPR Tangará. Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado.** 2015a. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1363>>. Acesso em: 07 Dez 2015.

IBGE – **Instituto de Geografia e Estatística.** Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201407_3.shtm>. Acesso em: 11 de agosto de 2014.

IKEDA, F.S.; VIVIAN, R. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura de feijão-caupi em sucessão ao cultivo da soja RR. IN: **XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, Campo Grande. A ciência das plantas daninhas na era da biotecnologia: anais. Campo Grande: SBCPD, 2012.

INOUE, M.H.; CAVALCANTE, N.R.; BEN, R.; MENDES, K.F.; POSSAMAI, A. C.S.; DALLACORT, R. Clomazone selectivity in cotton seeds treated with dietholate and zinc acetate. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.2905-2918, 2014.

KALSING, A.; VIDAL, R.A. Nível crítico de dano de papuã em feijão-comum. **Planta Daninha**, v.31, n.4, p.843-850, 2013.

KHARSHIING, E.; SINHA, S.P. Plant Productivity: Can Photoreceptors Light the Way?. **Journal of Plant Growth Regulation**. v.34, n.1, p.206-214. 2014.

KIMBERLY, B.D.; MCNAUGHTON, K.E., SIKKEMA, P.H. Weed control in soybean using pyroxasulfone and sulfentrazone. **Canadian Journal of Plant Science**, v.95, n.6, p.119-1204, 2015.

KOZLOWSKI, L.A.; RONZELLI JÚNIOR, P.; PURISSIMO, C.; DAROS, E.; KOEHLER, H.S. 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.

KOZLOWSKI, L.A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta daninha**, v.20, n.3, p.365-372. 2002.

LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.A.; BURGOS, N.R.; FEDERIZZI, L.C. Cross-resistance of *Bidens subalternans* to acetolactate synthase inhibitors in Brazil. **Weed Research**, v.49, n.6, p.634–641, 2009.

LAMEGO, F.P.; CARATTI, F.C.; REINEHR, M.; GALLON, M.; SANTI, A.L.; BASSO, C.J. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**. v.6, n.1, p.97-105, 2015.

LAMEGO, F.P.; FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; VIDAL, R.A. Tolerância à interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por genótipos de soja - II. Resposta de variáveis de produtividade. **Planta daninha**, v.22, n.4, p.491-498, 2004.

LETOUZÉ, A.; GASQUEZ, J. Enhanced activity of several herbicide-degrading enzymes: a suggested mechanism responsible for multiple resistance in blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). **Agronomie, EDP Sciences**, v.23 n.7, p.601-608, 2003.

LI, W.X.; CHEN, M.; CHEN, W.T.; QIAO, C.K.; LI, M.H.; HAN, L.J. Determination of mepiquat chloride in cotton crops and soil and its dissipation rates. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.85, p.137–143, 2012.

LINZMEYER JUNIOR R.; GUIMARÃES, V.F.; DOS SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o

crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum**, v.30, n.3, p.373-379, 2008.

LIU, W.; WU, C.; GUO, W.; DU, L.; YUAN, G.; WANG, J. Resistance Mechanisms to an Acetolactate Synthase (ALS) Inhibitor in Water Starwort (*Myosoton aquaticum*) Populations from China. **Weed Science**, v.63, n.4, p.770–780, 2015.

LIU, X.; XU, X.; LI, B.; WANG, X.; WANG, G.; LI, M. RNA-Seq Transcriptome Analysis of Maize Inbred Carrying Nicosulfuron-Tolerant and Nicosulfuron-Susceptible Alleles. **International Journal of Molecular Sciences**, v.16, n.3, p.5975-5989, 2015.

LOPES OVEJERO, R.F.; SOARES, D.J.; OLIVEIRA, W.S.; FONSECA, L.B.; BERGER, G.U.; SOTERES, J.K.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Residual herbicides in weed management for glyphosate resistant soybean in Brazil. **Planta Daninha**, v.31, n.4, p.947-959, 2013.

LU, H.P.; EDWARDS, M.; WANG, Q.Z.; ZHAO, H.J.; FU, H.W.; HUANG, J.Z.; SHU, Q.Y. Expression of cytochrome P450 CYP81A6 in rice: tissue specificity, protein subcellular localization, and response to herbicide application. **Journal of Zhejiang University-SCIENCE B**, v.16, n.2, p.113-122. 2015.

LUNA-VITAL, D.A.; MOJICA, L.; DE MEJÍA, E.G.; MENDOZA, S.; LOARCA-PIÑA, G. Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. **Food Research International**, v.76, n.1, p.92-104, 2015.

MACHADO, A.B. 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.

MACHADO, A.; TREZZI, M.; VIDAL, R.; PATEL, F.; CIESLIK, L.; DEBASTIANI, F. Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.41-48, 2015.

MAIN, C.L.; FAIRCLOTH, J.C.; STECKEL, L.E.; CULPEPPER, A.S.; YORK, A.C. Cotton Tolerance to Fomesafen Applied Preemergence. **The Journal of Cotton Science**, v.16, n.1, p.80–87, 2012.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit: sistema de agrotóxicos Fitossanitários**. 2015. Disponível em <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 26 out. 2015.

MARTÍNEZ-GARCÍA, J.F.; GALLEMÍ, M.; MOLINA-CONTRERAS, M.J.; LLORENTE, B.; BEVILAQUA, M.R.; QUAIL, P.H. The Shade Avoidance Syndrome in Arabidopsis: The Antagonistic Role of Phytochrome A and B Differentiates Vegetation Proximity and Canopy Shade. **Plos One**, v.9, p.1-11, 2014.

MATHERS, J.C. Pulses and carcinogenesis: potential for the prevention of colon, breast and other cancers. **British Journal of Nutrition**, v.88, n.3, p.273–279. 2002.

MATZENBACHER, F.D.O.; KALSING, A.; MENEZES, V.G.; BARCELOS, J.A. N.; MEROTTO Jr, A. Rapid diagnosis of resistance to imidazolinone herbicides in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and control of resistant biotypes with alternative herbicides. **Planta Daninha**, v.31, n.3, p.645-656, 2013.

MATZRAFI, M.; GADRI, Y.; FRENKEL, E.; RUBIN, B.; PELEG, Z. Evolution of herbicide resistance mechanisms in grass weeds. **Plant Science**, v.229, p.43-52, 2014.

MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; PEREIRA, H.S.; FARIA, L.C. de; COSTA, J. G.C. da; CABRERA DIAZ, J.L.; WENDLAND, A.; CARVALHO, H.W.L. de; COSTA, A.F. da; ALMEIDA, V.M. de; MELO, C.L.P. de; VIEIRA JUNIOR, J.R.; POSSE, S.C.P.; FARIA, J.C. de; SOUZA, J.F.; CARGNIN, A.; ABREU, A. de F. B.; MOREIRA, J.A.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; MARANGON, M.; GUIMARÃES, C.M.; BASSINELLO, P.Z.; BRONDANI, R.P.V.; BRAZ, A.J.B.P.; FERREIRA, S. B.; MAGALDI, M.C. de S. **BRS Estilo - Cultivar de Feijão Carioca com Grãos Claros, Arquitetura Ereta e Alto Potencial Produtivo**. 2009. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/899374/1/3604.pdf>>. Acesso em 18 jan 2016.

MEROTTO JR, A.; VIDAL, RA.; FLECK, N.G. Tolerância da cultivar de soja Coodetec 201 aos herbicidas inibidores de ALS. **Planta daninha**, v.18, n.1, p.93-102, 2000.

MEROTTO JR., A.; FISCHER, A.J.; VIDAL, R.A.. Perspectives for using light quality knowledge as an advanced ecophysiological weed management tool. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.407-419, 2009.

MESCHEDE, D.K., FERREIRA, A.B. e RIBEIRO JR., C.C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.465-471, 2007.

MILLER, R.T.; SOLTANI, N.; ROBINSON, D.E.; KRAUS, T.E.; SIKKEMA, P.H. Soybean (*Glycine max*) cultivar tolerance to saflufenacil. **Canadian Journal of Plant Science**. v.92, n.7, p.1319-1328, 2012.

MONTGOMERY, G.B.; BOND, J.A.; GOLDEN, B.R.; GORE, J.; EDWARDS, H. M.; EUBANK, T.W.; WALKER, T.W. Utilization of Saflufenacil in a Clearfield® Rice (*Oryza sativa*) System. **Weed Technology**, v.29, n.2, p.255-262, 2015.

NANDULA, V.K.; POSTON, D.H.; REDDY, K.N.; WHITING, K. Response of Soybean to Halosulfuron Herbicide. **International Journal of Agronomy**, v.2009, p.7, 2009.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S.; PAVANI, M.C.M.D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, v.25, n.1, p.43-50, 2007.

NURSE, R.E.; SIKKEMA, P.H.; ROBINSON, D.E. Weed control and sweet maize (*Zea mays* L.) yield as affected by pyroxasulfone dose. **Crop Protection**, v.30, n.7, p.789-793, 2011.

NURSE, R.E.; HAMILL, A.S.; SWANTON, C.J.; TARDIF, F.J.; SIKKEMA, P.H. Weed control and yield response to mesotrione in maize (*Zea mays*). **Crop Protection**, v.29 n.7, p.652-657, 2010.

OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v.144, p.31-43, 2006.

OGLIARI, J.; FREITAS, S.P.; EVARISTO, J.A.E.; GOMES, S.A.; OKOROKOVA FAÇANHA, A.L.; RETAMAL, C.A.; FAÇANHA, A.R. Análise do perfil eletroforético de proteínas citoplasmáticas para verificação do processo de desintoxicação do herbicida mesotrione em plantas de *Zea mays*. **Planta daninha**, v.32, n.1, p.161-172, 2014.

OLIVEIRA Jr, R.S.; INOUE, M.H. Seletividade de Herbicidas para Culturas e Plantas Daninhas. IN: OLIVEIRA Jr, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. ed. Omnipax, 2011, p.243-259.

OLIVEIRA, Jr. Mecanismo de Ação de Herbicidas. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. ed. Ominipax, p.169-178. 2011

OLIVEIRA, O.; SILVA, J.; GONÇALVES, J.; KLEHM, C. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzea no Amazonas. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 523-530, 2010 .

OZTETIK E. Effects of tribenuron-methyl treatment on glutathione S-transferase (GST) activities in some wheat and barley varieties. **Pure and Applied Chemistry**, v.82, n.1, p. 289–297, 2010.

PAGE, E.R.; LIU, W.; CERRUDO, D.; LEE, E.A.; SWANTON, C.J. Shade Avoidance Influences Stress Tolerance in Maize. **Weed Science**, v.59, p.326–334, 2011.

PAN, G.; SI, P.; YU, Q.; TU, J.; POWLES, S. Non-target site mechanism of metribuzin tolerance in induced tolerant mutants of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius* L.). **Crop & Pasture Science**, v.63, p.452–458, 2012.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, n.5, p.1633-1644, 2007.

PEREIRA, H.S.; WENDLAND, A.; MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C.D.; COSTA, J.G.C.D.; MELO, C.L.P.D. BRS Notável: a medium-early-maturing, disease-resistant Carioca common bean cultivar with high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.12, n.3, p.220-223, 2012.

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

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

PORTES T. A. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. Ecofisiologia. **Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**. Piracicaba-SP. p.102. 1996.

PORTES, A.F.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; PAGNONCELLI, F.; SCALCON, E.L.; ROSIN, D. J. Interferência das espécies *Ipomoea purpurea* e *Ipomoea grandifolia* no rendimento de grãos do cultivar de soja BMX Turbo RR. **XXVIII CBCPD, 3 a 6 de setembro de 2012, Campo Grande, MS / Área 6 - Manejo integrado de plantas daninhas em culturas oleaginosas, 2012**, pp.340–344.

PORTUGAL, J.M.; VIDAL, R.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.

POWLES, S.; YU, Q. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides. **Annual Review Plant Biology**, v.61, p.317–47, 2010.

PROCOPIO, S.O.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CRUVINEL, K.L.; BETTA, M.; CUNHA JÚNIOR, L.D. Potencial de uso dos herbicidas chlorimuron-ethyl, imazethapyr e cloransulam-methyl na cultura do feijão. **Planta Daninha**, v.27, n. 2, p.327-336, 2009.

QUINTEIA E.D.; SARTORATO, A.; LOBO, Jr.; COBUCCI, T. Manejo Fitossanitário do Feijoeiro. **Circular Técnica**. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/transferencia/informacoestecnicas/publicacoesonline/circular tecnica_73.pdf>. Acesso em: 04 mar 2016.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. **Ecology of Weeds and Invasive Plants: Relationship to Agriculture and Natural Resource Management**. Wiley, New York, USA. 2007.

RIAR, D.S.; TEHRANCHIAN, P.; NORSWORTHY, J.K.; NANDULA, V.; MCELROY, S.; SRIVASTAVA, V.; SCOTT, R.C. Acetolactate Synthase–Inhibiting, Herbicide-Resistant Rice Flatsedge (*Cyperus iria*): Cross-Resistance and Molecular Mechanism of Resistance. **Weed Science**, v.63, n.4, p.748–757, 2015.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D. Nível de dano econômico como critério para controle de picão-preto em soja. **Planta Daninha**, v.21, n.2, p.273-282, 2003.

RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT Jr, A.A. Interferência de picão-preto e guanxuma com a soja: efeitos da densidade de plantas e época relativa de emergência. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.41-48, 2004.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 6 ed. Londrina: autores, 268p. 2011.

ROJANO-DELGADO, A.M.; PRIEGO-CAPOTE, F.; DE CASTRO, M.D.L.; DE PRADO, R. Mechanism of imazamox resistance of the Clearfield® wheat cultivar for better weed control. **Agronomy for Sustainable Development**, v.35, p.639-648, 2014.

ROSINGER, C. e KOCHER, H. Safener for Herbicides. In: KRAMER W. e SCHIRMER, U. **Modern Crop Protection Compounds**. 1. ed. Wiley-VCH Verlag, 2007. p.259–282.

SAIKA, H.; HORITA, J.; TAGUCHI-SHIOBARA, F.; NONAKA, S.; NISHIZAWA-YOKOI, A.; IWAKAMI, S.; YANO, M. A novel rice cytochrome P450 gene, CYP72A31, confers tolerance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in rice and Arabidopsis. **Plant Physiology**, v.166, n.3, p.1232-40, 2014.

SALA, C.A. e BULOS, M. Inheritance and molecular characterization of broad range tolerance to herbicides targeting acetohydroxyacid synthase in sunflower. **Theoretical and Applied Genetics**, v.124, n.2, p.355–364, 2012.

SALGADO, T.P.; SALLES, M.S.; MARTINS, J.V.F.; ALVES, P.L.C.A. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 443-448, 2007.

SANCHOTENE, D.M.; KRUSE, N.D.; AVILA, L.A.; MACHADO, S.L.O.; NICOLODI, G.A.; DORNELLES, S.H.B. Phorate e dietholate protegem o arroz da fitotoxicidade do clomazone em doses elevadas. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.909-912, 2010.

SCHIAVETTO, A.R.; PERECIN, D.; AZANIA, C.A M.; ZERA, F.S.; AZANIA, A.A.P.M.; LORENZATO, C.M. Tolerância de cana-de-açúcar a herbicidas avaliada pela diferença dos tratamentos. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.173-184, 2012.

SENSEMAN S.A. **Herbicide Handbook**. 9 ed. Lawrence. pp.459, 2007.

SHIN, J.; KIM, K.; KANG, H.; ZULFUGAROV, I.S.; BAE, G.; LEE, C. H.; CHOI, G. Phytochromes promote seedling light responses by inhibiting four negatively-acting phytochrome-interacting factors. **PNAS**, v.106, n.18, p.7660-5, 2009.

SIDHU, S.S.; YU, J.; MCCULLOUGH, P.E. Nicosulfuron Absorption, Translocation, and Metabolism in Annual Bluegrass and Four Turfgrass Species. **Weed Science**, v.62, p.433–440, 2014.

SIKKEMA, P.H.; ROBINSON, D.E.; SHROPSHIRE, C.; SOLTANI, N. Tolerance of Otebo Bean (*Phaseolus vulgaris*) to New Herbicides in Ontario. **Weed Technology**, v.20:, n.4, p.862–866, 2006.

SIKKEMA, P.H.; SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; COWAN, T. Tolerance of White Beans to Postemergence Broadleaf Herbicides. **Weed Technology**, v.18, n.4, p.893–901, 2004.

SIKKEMA, P.H.; ROBINSON, D.E.; NURSE, R.E.; SOLTANI, N. Pré-emergence herbicides for potential use in pinto and small red mexican bean (*Phaseolus vulgaris*) production. **Crop Protection**, v.27, n.7, p.124–129, 2008.

SIKKEMA, P.H.; SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C. Effect of clomazone on various market classes of dry beans. **Crop Protection**, v.26, p.943–947, 2007.

SILVEY, B.D.; MITCHEM, W.E.; MACRAE, A.W.; MONKS, D.W. Snap bean (*Phaseolus vulgaris*) tolerance to halosulfuron PRE, POST, or PRE followed by POST. **Weed Technology**, v.20, p.873–876, 2006.

SNIPES, C.E.; SEIFERT, S. Influence of Malathion Timing on Cotton (*Gossypium hirsutum*) Response to Pyriithiobac. **Weed Technology**, v.17, p.266-268, 2003.

SOLTANI, N.; NURSE, R.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P. Weed management in cranberry bean with linuron. **Canadian Journal of Plant Science**, v.91, p.881-888, 2011.

SOLTANI, N., SHROPSHIRE, C., SIKKEMA, P.H. Response of dry bean to pre plant incorporated and pre emergence applications of pyroxasulfone. **Canadian Journal of Plant Science**, v.89, n.5, p.993-997, 2009.

SOLTANI, N.; NURSE, R.E.; SIKKEMA, P.H. Weed management in white beans with postemergence herbicide tankmixes. **Canadian Journal of Plant Science**, v.93, n.4, p.669-674, 2013.

SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P.H. Response of dry beans to halosulfuron applied postemergence. **Canadian Journal of Plant Science**, v.92, n.4, p.723-728, 2012.

SOLTANI, N.; SHROPSHIRE, C.; SIKKEMA, P.H. Tolerance of black, cranberry, kidney, and white bean to cloransulam-methyl. **Weed Biology and Management**, v.10, n.1, p.33-39, 2010.

SORIN, C.; SALLA-MARTRET, M.; BOU-TORRENT, J.; ROIG-VILLANOVA, I.; MARTÍNEZ-GARCÍA, J.F. ATHB4, a regulator of shade avoidance, modulates hormone response in Arabidopsis seedlings. **The Plant Journal**, v.59, p.266-277, 2009.

SOUZA CARNEIRO, J.E.; FARIA, L.C.; PEREIRA, P.A.A.; DEL PELOSO, M.J.; RAVA, C. A.; COSTA, J.G.C.; MESQUITA, A.N. BRS Campeiro: Nova Cultivar de Feijoeiro Comum de Grão Preto, indicada para o Sul do Brasil. **Comunicado Técnico**, 2003. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/comt_62ID-IY8Y4hurA4.pdf >. Acesso em 18 jan 2016.

SOUSA, C.P.; PINTO, J.J.O.; MARTINAZZO, E.G.; PERBONI, A.T.; FARIAS, M.E.; BACARIN, M.A. Chlorophyll a fluorescence in rice plants exposed of herbicides of group imidazolinone. **Planta daninha**, v.32, n.1, p.141-150, 2014.

SPADOTTO, C.A.; MARCONDES, D.A.; LUIZ, A.J.; SILVA, C.D. Determinação do período crítico para prevenção da interferência de plantas daninhas na cultura de soja: uso do modelo "Broken-stick". **Planta Daninha**, v.12, n.2, p.59-62, 1994.

SRIVASTAVA, L.M. **Plant Growth and Development. Department of Biologic Sciences Simon Fraser University**. Burnaby, British Columbia, Canadá: Academic Press, 2002.

TAN, L.R.; LU, Y.C.; ZHANG, J.J.; LUO, F.; YANG, H.A. collection of cytochrome P450 monooxygenase genes involved in modification and detoxification of herbicide atrazine in rice (*Oryza sativa*) plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.119, p.25-34, 2015.

TARAN, B.; WARKENTIN, T.D.; VANDENBERG, A.; HOLM, F.A. Variation in chickpea germplasm for tolerance to imazethapyr and imazamox herbicides. **Canadian Journal of Plant Science**, v.90, n.1, p.139-142, 2010.

TAYLOR, V.L.; CUMMINS, I.; BRAZIER-HICKS, M.; EDWARDS, R. Protective responses induced by herbicide safeners in wheat. **Environmental and Experimental Botany**, v.88, p.93–99, 2013.

TEDESCO, M.J.; GIANELO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C.A.; CAMARGO, F. A.O.; WIETHÖLTER, S. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Evangraf, 2004. 401p.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, R. P.; SILVA, A. G.; FREITAS, R. S. Competição entre feijoeiros e plantas daninhas em função do tipo de crescimento das cultivares. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.235-240, 2009.

THEISEN, G.; VIDAL, R.A. Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do capim-marmelada. **Planta Daninha**, v.17, n.2, p.189-196. 1999.

THYSSEN, G.; MCCARTY, J.C.; LI, P.; JENKINS, J.N.; FANG, D.D. Genetic mapping of non-target-site resistance to a sulfonylurea herbicide (Envoke) in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Molecular Breeding**, v.33, p.341–348, 2014.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A.; PATEL, F.; MIOTTO, E.; DEBASTIANI, F.; BALBINOT, A.A.; MOSQUEN, R. Impact of *Conyza bonariensis* density and establishment period on soybean grain yield, yield components and economic threshold. **Weed Research**, v.55, n.1, p.34–41, 2015.

TREZZI, M.M.; FELIPPI, C.L.; MATTEI, D.; SILVA, H. L.; NUNES, A.L.; DEBASTIANI, C.; MARQUES, A. Multiple resistance of acetolactate synthase and protoporphyrinogen oxidase inhibitors in *Euphorbia heterophylla* biotypes. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v.40, n.1, p.101-109, 2005.

TREZZI, M.M., VIDAL, R.A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II - Efeitos da cobertura morta. **Planta Daninha**. v.22, n.1, p1-10. 2004.

UCHINO, A.; OGATA, S.; KOHARA, H.; YOSHIDA, S.; YOSHIOKA, T.; WATANABE, H. Molecular basis of diverse responses to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in sulfonylurea-resistant biotypes of *Schoenoplectus juncooides*. **Weed Biology and Management**, v.7, n.2, p.89–96, 2007.

VARGAS, L.; BORÉM, A.; SILVA, A.A. Herança da resistência a os herbicidas inibidores da ALS em biótipos da planta daninha *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.331-336, 2001.

VARSHNEY, R.K.; RIBAUT, J.M.; BUCKLER, E.S.; TUBEROSA, R.; RAFALSKI, J.A.; LANGRIDGE, P. Can genomics boost productivity of orphan crops? **Nature Biotechnology**, v.30, n.12, p.1172-1176, 2012.

VIDAL, R.A.; SKORA NETO, F.; KALSING, A.; TREZZI, M.M.; LAMEGO, F. Nível crítico de dano (NCD) de infestantes na cultura de feijão. In: VIDAL, R. A. et al. **Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p. 32-38.

VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr., A. **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 40 p. 2001.

VIDAL, R.A.; PAGNONCELLI Jr,F.; FIPKE, M.V.; QUEIROZ, A.R.S.; BITTENCOURT, H.V.H.; TREZZI, M.M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de glifosato: síntese do conhecimento. **Pesticidas**, v.24, p.43-52, 2014.

VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M.; KOZLOWSKI, L.A.; PRATES, M.V.B.; CIESLIK, L.F.; MEROTTO Jr, A. Initialism as a mechanism of weed interference: can a crop plant be blinded? **Planta Daninha**, v.30, n.3, pp.469-475, 2012.

VIDAL, R.A. et al. Mecanismos de ação dos herbicidas. In: Monquero, P.A. **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RIMA Ed., 2014. p.235-256.

VIDAL, R.A. Modelo para elaborar uma boa discussão: tópicos e exemplo hipotético (parábola do copo de água). **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, v.16, n.4, p.8-11, 2010.

VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. Inicialismo. In: VIDAL, R.A.; **Interação negativa entre plantas: inicialismo, alelopatia e competição**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.33-49.

VITORINO, H.S.; MARTINS, D. Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas e nas características bioquímicas de *Ipomoea grandifolia*. **Planta Daninha**, v.30, n.1, p.185-191, 2012.

WALSH, K.D.; SOLTANI, N.; HOOKER, D.C.; NURSE, R.E.; SIKKEMA, P.H. Biologically effective rate of sulfentrazone applied pre-emergence in soybean. **Canadian Journal of Plant Science**. v.95, n.2, p.1:6, 2015.

WILLIAMS, M.M.; NELSON, R.L. Vegetable Soybean Tolerance to Bentazon, Fomesafen, Imazamox, Linuron, and Sulfentrazone. **Weed Technology**, v.28, n.4, p.601–607, 2014.

YASUOR, H.; ZOU, W.; TOLSTIKOV, V.V.; TJEERDEMA, R.S.; FISCHER, A. J. Differential oxidative metabolism and 5-Ketoclorazone accumulation are involved in *Echinochloa phyllopogon* resistance to clomazone. **Plant Physiology**, v.153, n.1, p.319-26, 2010.

YOKOYAMA, L.P.; DEL PELOSO, M.J.; DI STEFANO, J.G.; YOKOYAMA, M. Nível de aceitabilidade da cultivar de feijão “Pérola”: avaliação preliminar. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 1999. 20p.

YU, Q.; POWLES, S. Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. **Pest Management and Science**, v.70, n.9, p.1340-1350, 2014.

YUAN, J.S.; TRANEL, P.J.; STEWART Jr, N. Non-target-site herbicide resistance: a family business. **Trends in Plant Science**, v.12, n.1, p.6-13. 2007.

YUN, M.S.; SHIM, L.S.; USUI, K. Involvement of cytochrome P-450 enzyme activity in the selectivity and safening action of pyrazosulfuron-ethyl. **Pest Management Science**, v.57, p.283-288, 2001.

ZHANG, H.; WU, J.; ZHANG, Y.; WANG, K. Dissipation of trinexapac-ethyl and its metabolite in wheat field ecosystems and microbial degradation in soil. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**. v.94, n.14–15, p.1375–1387. 2014.

ZIMDAHL, R. L. **Weed-crop competition: A Review**. 2nd ed. Blackwell Publishing Ltd, 2004.

APÊNDICES

ÍNDICE DE APÊNDICES

- Apêndice 2.1** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME), em diferentes dias após a aplicação (DAA) de fitorreguladores, para as variáveis, estatura de plantas (cm), massa média das raízes secas (mg) (MRS) massa média da parte aérea seca (mg) (MPAS) e relação entre parte aérea e raiz (PA:R) de plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.....174
- Apêndice 2.2** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME), para as variáveis, densidade (plantas daninhas m⁻²) (DPD), estatura de plantas (cm), inserção da primeira vagem (cm) (IPV) e densidade de vagens (número m⁻²) (DV) de plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.....175
- Apêndice 2.3** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME), para as variáveis, vagens por planta (número pl⁻¹) (VP), grãos por vagem (número vagem⁻¹) (GV), massa da semente (g por mil grãos) (MS), rendimento de grãos (kg ha⁻¹) (Rend) de plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.....175
- Apêndice 3.1.** Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME), para as variáveis tolerância (TR) (%) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), estatura de plantas (EP) (%) aos 15 e 25 DAA, massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS). UTFPR – Pato Branco, 2014.....176
- Apêndice 4.1** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis tolerância relativa (TR) (%) e injúria via digital (IVD) (%) aos 10 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) e TR, IVD, estatura (EP) (%), massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 15 DAA, em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Mariópolis, 2014.....177
- Apêndice 4.2** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis tolerância relativa (TR) (%) e injúria via digital (IVD) (%) aos 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) e TR, IVD, estatura (EP) (%), massa da parte aérea verde (MPAV) (%) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 DAA, em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Mariópolis, 2014.....177
- Apêndice 4.3** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis estatura de plantas

(ESTAT) (%), número de vagens por planta (NVP), inserção da primeira vagem (IPV) (cm), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil sementes (MMG) (g) e perda de rendimento de grãos (PR) (%) de plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Mariópolis, 2014.....178

Apêndice 4.4 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis tolerância relativa (TR) (%) e injúria via digital (IVD) aos 10 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) e TR, IVD, estatura (EP), massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 15 DAA, em plantas de feijão cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.....178

Apêndice 4.5 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis tolerância relativa (TR) (%) e injúria via digital (IVD) aos 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) e TR, IVD, estatura (EP), massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 DAA de plantas de feijão cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.....179

Apêndice 4.6 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis estatura (EP), número de vagens por planta (NVP), inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e perda de rendimento de grãos (PR) de plantas de feijão cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.....179

Apêndice 5.1 - Fatores de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis, tolerância relativa do feijoeiro (TRF) (%), controle de soja (CS) (%) e controle de plantas daninhas (CPI) (%) aos 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2015.....179

Apêndice 5.2 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis, tolerância relativa do feijoeiro (TRF) (%), controle de *Bidens pilosa* (CBP) (%) e controle de *Ipomoea spp.* (CI) (%) aos 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA). UTFPR – Pato Branco, 2015.....180

Apêndice 5.3 - Fatores de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis, número de plantas de *Bidens spp.* (NPB), número de plantas de *Ipomoea spp.* (NPI), massa da parte aérea seca de *Bidens spp.* (MPASB), massa da parte aérea seca de *Ipomoea spp.* (MPASI) aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2015.....180

- Apêndice 5.4** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para a variável controle da soja (%) (CS) aos 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), número de plantas de soja (m^{-2}) (NPS) e massa da parte aérea seca de soja (%) (MPASS). UTFPR – Pato Branco, 2015.....181
- Apêndice 6.1** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME) para a atividade da enzima ALS de duas cultivares de feijão, IPR Eldorado e BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.....181
- Apêndice 6.2** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), para as variáveis, tolerância relativa (TR) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.....181
- Apêndice 6.3** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), para as variáveis, estatura de plantas (EP) aos 15 e 25 dias após a aplicação, massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos, em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.....182
- Apêndice 6.4** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), do cultivar de feijão BRS Esplendor para as variáveis tolerância relativa (%) (TR), aos 10, 15 e 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), estatura de plantas (%) (EP) aos 15 DAA. UTFPR – Pato Branco, 2015.....182
- Apêndice 6.5** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), do cultivar de feijão BRS Esplendor para as variáveis tolerância relativa (%) (TR), estatura de plantas (%) (EP), massa da parte aérea verde (%) (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA). UTFPR – Pato Branco, 2015.....182
- Apêndice 6.6** - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis, tolerância relativa (%) (TR) aos 10, 15 e 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron ou ethoxysulfuron + protetor (mefenpyr) (DAA) e estatura de plantas (%) (EP) aos 15 DAA em

plantas de feijão cultivar IPR Eldorado. UTFPR – Pato Branco, 2015.....183

Apêndice 6.7 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis, tolerância relativa (%) (TR), estatura de plantas (%), massa da parte aérea verde (%) (MPAV), massa da parte aérea seca (%) (MPAS) e distância entre-nós (%) (EN) aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron ou ethoxysulfuron + protetor (mefenpyr) em plantas de feijão cultivar IPR Eldorado. UTFPR – Pato Branco, 2015.....183

Apêndice 2.1 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME), em diferentes dias após a aplicação (DAA) de fitorreguladores, para as variáveis, estatura de plantas (cm), massa média das raízes secas (mg) (MRS) massa média da parte aérea seca (mg) (MPAS) e relação entre parte aérea e raiz (PA:R) de plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.

FV	GL	QM							
		Estatura		MRS		MPAS		R:PA	
		5 DAA	10 DAA	5 DAA	10 DAA	5 DAA	10 DAA	5 DAA	10 DAA
FR ^{1/}	2	27,48**	39,77**	0,28**	0,10 ^{ns}	2,97**	0,40 ^{ns}	7,77 ^{ns}	0,50 ^{ns}
Erro	27	1,29	1,22	0,01	0,34	0,46	0,73	1,49	0,47
CV (%) ^{2/}	-	7,32	4,56	14,39	12,57	13,79	11,03	19,07	12,97

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

^{ns}= não significativo;

^{1/}FR= Fitorregulador;

^{2/}CV= Coeficiente de Variação;

Apêndice 2.2 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME), para as variáveis, densidade (plantas daninhas m⁻²) (DPD), estatura de plantas (cm), inserção da primeira vagem (cm) (IPV) e densidade de vagens (número m⁻²) (DV) de plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.

FV	GL	QM			
		DPD	Estatura	IPV	DV
Blocos	3	16,09	17,70	1,88	215,03
DCPD ^{1/}	5	2212,46**	3,42 ^{ns}	0,80 ^{ns}	4092,45*
FR ^{2/}	2	392,62**	15,46 ^{ns}	8,73 ^{ns}	3906,40*
FR x DCPD	10	105,79 ^{ns}	2,47 ^{ns}	2,39 ^{ns}	327,90 ^{ns}
Erro	51	75,05	8,77	3,06	671,09
CV(%) ^{3/}	-	31,6	6,66	9,15	13,88

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F respectivamente;

^{ns} = Não significativo;

^{1/}DCPD= Dias de convivência com plantas daninhas;

^{2/}FR= Fitorreguladores;

^{3/}CV= Coeficiente de variação.

Apêndice 2.3 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME), para as variáveis, vagens por planta (número pl⁻¹) (VP), grãos por vagem (número vagem⁻¹) (GV), massa da semente (g por mil grãos) (MS), rendimento de grãos (kg ha⁻¹) (Rend) de plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Pato Branco, 2014.

FV	GL	QM			
		VP	GV	MS	Rend
Blocos	3	0,58	0,12	91,79	48184,7
DCPD ^{1/}	5	10,99*	0,89 ^{ns}	231,51*	856193,34*
FR ^{2/}	2	10,49*	1,88*	772,87*	1623026,00*
FR x DCPD	10	0,88 ^{ns}	0,32 ^{ns}	43,74 ^{ns}	24707,43 ^{ns}
Erro	51	1,80	0,38	56,25	70896,73
CV(%) ^{3/}	-	13,88	14,63	3,61	16,9

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F respectivamente;

^{ns} = Não significativo;

^{1/}DCPD= Dias de convivência com plantas daninhas;

^{2/}FR= Fitorreguladores;

^{3/}CV= Coeficiente de variação.

Apêndice 3.1. Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), para as variáveis tolerância (TR) (%) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), estatura de plantas (EP) (%) aos 15 e 25 DAA, massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS). UTFPR – Pato Branco, 2014.

FV	GL	QM							
		10 DAA TR (%)	15 DAA TR (%)	15 DAA EP (%)	20 DAA TR (%)	25 DAA EP (%)	25 DAA TR (%)	MPAV	MPAS
Doses	3	32966,95**	28758,39**	1308,23**	28770,94**	2753,02**	25347,58**	29007,10**	23595,12**
Cultivares	19	1601,78**	1522,57**	212,36**	789,16**	247,92**	540,34**	621,54**	746,03**
Doses x Cult	57	304,84**	276,80**	59,08**	230,09**	110,45**	105,14**	298,89**	267,65**
Erro	240	35,39	48,53	16,92	56,82	38,40	34,19	107,27	108,13
CV (%)	-	8,14	9,5	4,24	10,19	6,49	7,92	13,16	12,83

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 4.1 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis tolerância relativa (TR) (%) e injúria via digital (IVD) (%) aos 10 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) e TR, IVD, estatura (EP) (%), massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 15 DAA, em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Mariópolis, 2014.

FV	GL	QME						
		10 DAA				15 DAA		
		TR	IVD	TR	IVD	EP	MPAV	MPAS
Blocos	3	61,90	4,17	74,70	760,91	55,20	95,23	184,16
Tratamentos	6	716,66**	55,45 ^{ns}	268,15**	49,00 ^{ns}	82,77 ^{ns}	230,84**	90,82 ^{ns}
Erro	18	11,90	68,47	17,75	71,57	68,96	41,31	59,12
CV(%)	-	4,60	8,25	5,05	8,78	8,59	6,86	8,11

** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns}= não significativo.

CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 4.2 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis tolerância relativa (TR) (%) e injúria via digital (IVD) (%) aos 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) e TR, IVD, estatura (EP) (%), massa da parte aérea verde (MPAV) (%) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 DAA, em plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Mariópolis, 2014.

FV	GL	QM						
		20 DAA				25 DAA		
		TR	IVD	TR	IVD	EP	MPAV	MPAS
Blocos	3	105,95	28,16	9,52	13,24	2,56	251,17	122,11
Tratamentos	6	214,28**	20,71 ^{ns}	118,45**	5,51 ^{ns}	37,82 ^{ns}	628,16**	697,28**
Erro	18	17,06	19,63	22,02	11,13	27,93	117,66	108,86
CV(%)	-	4,76	4,52	5,17	3,36	5,30	11,90	12,50

** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F.

^{ns}= não significativo.

CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 4.3 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis estatura de plantas (ESTAT) (%), número de vagens por planta (NVP), inserção da primeira vagem (IPV) (cm), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil sementes (MMG) (g) e perda de rendimento de grãos (PR) (%) de plantas de feijão cultivar IPR Andorinha. UTFPR – Mariópolis, 2014.

FV	GL	QM					
		ESTAT	NVP	IPV	NGV	MMG	PR
Blocos	3	14,63	1,80	1,54	0,033	84,44	22,09
Tratamentos	6	86,61 ^{ns}	1,63 ^{ns}	2,84 ^{ns}	0,717*	230,85 ^{ns}	874,36**
Erro	18	45,84	1,35	1,31	0,262	124,46	38,39
CV(%)	-	7,01	11,94	6,15	16,77	5,70	33,71

** e * significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro respectivamente pelo teste F.

^{ns}= não significativo.

CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 4.4 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis tolerância relativa (TR) (%) e injúria via digital (IVD) aos 10 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) e TR, IVD, estatura (EP), massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 15 DAA, em plantas de feijão cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.

FV	GL	QM						
		10 DAA		15 DAA				
		TR	IVD	TR	IVD	EP	MPAV	MPAS
Blocos	3	16,98	13,90	7,14	6,71	65,43	66,89	1341,01
DH	6	278,47**	1,51 ^{ns}	53,86**	4,50 ^{ns}	13,75 ^{ns}	94,55 ^{ns}	206,58 ^{ns}
Erro	18	7,12	21,31	2,28	23,24	7,55	55,78	88,93
CV(%)	-	2,99	4,60	1,60	4,85	2,83	8,06	10,69

DH= Doses de herbicida.

** significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}= não significativo.

CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 4.5 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis tolerância relativa (TR) (%) e injúria via digital (IVD) aos 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA) e TR, IVD, estatura (EP), massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 DAA de plantas de feijão cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.

FV	GL	QM						
		20 DAA				25 DAA		
		TR	IVD	TR	IVD	EP	MPAV	MPAS
Blocos	3	0	3,82	0	33,52	4,08	614,13	656,72
DH	6	0 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0 ^{ns}	50,95 ^{ns}	12,02 ^{ns}	202,01 ^{**}	116,10 ^{ns}
Erro	18	0	7,75	0	26,70	9,73	34,77	68,41
CV(%)	-	0	5,73	0	5,01	3,21	6,98	9,36

DH= Doses de herbicida.

** significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}= não significativo.

CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 4.6 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis estatura (EP), número de vagens por planta (NVP), inserção da primeira vagem (IPV), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG) e perda de rendimento de grãos (PR) de plantas de feijão cultivar IPR Tangará. UTFPR – Renascença, 2014.

FV	GL	QM					
		EP	NVP	IPV	NGV	MMG	PR
Blocos	3	5,46	0,99	4,64	0,08	52,34	74,55
DH	6	97,10 ^{**}	0,71 ^{ns}	3,76 ^{ns}	0,03 ^{ns}	322,34 ^{**}	519,72 ^{**}
Erro	18	22,29	1,00	3,32	0,11	51,08	18,94
CV(%)	-	5,18	10,64	6,89	9,77	2,96	33,48

DH= Doses de herbicida.

** significativos a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}= não significativo.

CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 5.1 - Fatores de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis tolerância relativa do feijoeiro (TRF) (%), controle de soja (CS) (%) e controle de plantas daninhas (CPI) (%) aos 15 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QM		
		TRF	CS	CPI
Blocos	3	12,15	12,15	526,04
DH ^{1/}	5	663,54 ^{**}	3254,37 ^{**}	1986,87 ^{**}
Erro	15	31,32	47,15	136,87
CV (%) ^{2/}	-	7,44	15,47	21,03

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}= Não significativo

^{1/} DH= Dose de herbicida

^{2/} CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 5.2 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis, tolerância relativa do feijoeiro (TRF) (%), controle de *Bidens pilosa* (CBP) (%) e controle de *Ipomoea spp.* (CI) (%) aos 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA). UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QM					
		20 DAA			25 DAA		
		TRF	CBP	CI	TRF	CBP	CI
Blocos	3	20,48	37,5	87,15	36,11	37,5	20,49
DH ^{1/}	5	541,04**	44,17 ^{ns}	3403,54**	46,67*	7,5 ^{ns}	3279,38**
Erro	15	24,82	17,5	61,32	12,78	7,5	112,15
CV (%) ^{2/}	-	6,21	4,27	18,33	3,83	2,77	24,56

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}= Não significativo

^{1/}DH= Dose de herbicida

^{2/}CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 5.3 - Fatores de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para as variáveis, número de plantas de *Bidens spp.* (NPB), número de plantas de *Ipomoea spp.* (NPI), massa da parte aérea seca de *Bidens spp.* (MPASB), massa da parte aérea seca de *Ipomoea spp.* (MPASI) aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron. UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QM			
		NPB	NPI	MPASB	MPASI
Blocos	3	6,11	5,71	298,52	19,17
DH ^{1/}	5	4,40 ^{ns}	10,94*	436,10 ^{ns}	3026,89**
Erro	15	5,44	2,61	642,23	176,17
CV (%) ^{2/}	-	93,33	59,63	27,27	29,44

* e ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}= Não significativo

^{1/}DH= Dose de herbicida

^{2/}CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 5.4 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), para a variável controle da soja (%) (CS) aos 20 e 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), número de plantas de soja (m⁻²) (NPS) e massa da parte aérea seca de soja (%) (MPASS). UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QME			
		20 DAA		25 DAA	
		CS	CS	NPS	MPASS
Blocos	3	180,09	84,61	1182,38	71,69
DE ^{1/}	5	9993,05**	15001,18**	467,59 ^{ns}	11037,54**
Erro a	15	221,76	56,55	2906,14	127,64
CULTS ^{2/}	2	294,10**	58,68 ^{ns}	750,79 ^{ns}	947,81**
DH x CULTS ^{3/}	10	62,43 ^{ns}	63,68*	410,47 ^{ns}	135,34*
Erro b	36	42,24	23,03	655,64	61,80
CV DH	-	33,61	23,39	110,29	29,41
CV CULTS	-	14,67	14,92	52,39	20,46

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{ns}= Não significativo

^{1/}DH= Dose de herbicida

^{2/}CULTS= Cultivares de soja

^{3/}CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 6.1 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QME) para a atividade da enzima ALS de duas cultivares de feijão, IPR Eldorado e BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QME
CH ^{1/}	6	7173,38**
CF ^{2/}	1	1426,11**
CH x CF	6	66,65*
Erro	28	25,32
CV(%) ^{3/}	-	22,60

^{1/}CH= concentração do herbicida,

^{2/}CF= cultivar de feijão,

^{3/}CV= coeficiente de variação.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Apêndice 6.2 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), para as variáveis, tolerância relativa (TR) aos 10, 15, 20 e 25 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QM			
		TR10	TR15	TR20	TR25
Herbicidas	5	2298,54**	4626,04**	5479,37**	6912,17**
Erro	18	25,35	24,37	31,60	31,14
CV(%) ^{3/}	-	7,30	10,86	11,38	10,40

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{3/}CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 6.3 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), para as variáveis, estatura de plantas (EP) aos 15 e 25 dias após a aplicação, massa da parte aérea verde (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 dias após a aplicação de herbicidas inibidores da ALS pertencentes a diferentes grupos químicos, em plantas de feijão cultivar BRS Esplendor. UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QM			
		EP15	EP25	MPAV	MPAS
Herbicidas	5	6400,19**	7626,63**	5215,64**	3531,20**
Erro	18	189,88	220,83	215,02	107,30
CV(%) ^{3/}	-	25,96	25,73	26,37	20,62

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

^{3/}CV= Coeficiente de Variação.

Apêndice 6.4 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), do cultivar de feijão BRS Esplendor para as variáveis tolerância relativa (%) (TR), aos 10, 15 e 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA), estatura de plantas (%) (EP) aos 15 DAA. UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QME			
		10 DAA	15 DAA	20 DAA	
		TR	TR	EP	TR
ETHOXY ^{1/}	6	5856,10**	4529,61**	2827,55**	3752,83**
INI ^{2/}	1	3696,87**	5600,00**	16867,57**	11144,64**
ETHOXY x INI ^{3/}	6	230,21**	382,29**	730,50**	435,27**
Erro	42	19,79	77,68	191,28	27,98
CV(%) ^{4/}	-	9,42	13,67	19,39	7,86

^{1/} Ethoxysulfuron

^{2/} Inibidores da detoxificação

^{3/} Ethoxysulfuron x inibidores da detoxificação

^{4/} Coeficiente de Variação.

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Apêndice 6.5 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME), do cultivar de feijão BRS Esplendor para as variáveis tolerância relativa (%) (TR), estatura de plantas (%) (EP), massa da parte aérea verde (%) (MPAV) e massa da parte aérea seca (MPAS) aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron (DAA). UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QME			
		TR	EP	MPAV	MPAS
DH ^{1/}	6	1700,78**	1536,04**	2827,17**	2985,78**
ID ^{2/}	1	5441,14**	4876,29**	10356,37**	9203,61**
DH x ID	6	320,31**	471,91**	379,25**	431,54*
Erro	42	37,57	107,86	77,86	160,46
CV(%) ^{3/}	-	7,29	12,35	12,47	19,28

^{1/} Ethoxysulfuron

^{2/} Inibidores da detoxificação

^{3/} Ethoxysulfuron x inibidores da detoxificação

^{4/} Coeficiente de Variação.

* e ** significativo a 5 e a 1% respectivamente de probabilidade pelo teste F.

Apêndice 6.6 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis, tolerância relativa (%) (TR) aos 10, 15 e 20 dias após a aplicação de ethoxysulfuron ou ethoxysulfuron + protetor (mefenpyr) (DAA) e estatura de plantas (%) (EP) aos 15 DAA em plantas de feijão cultivar IPR Eldorado. UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QM					
		10 DAA		15 DAA		20 DAA	
		TR	TR	EP	TR		
ETHOXY ^{1/}	6	3767,93**	2889,58**	7356,51**	5195,24**		
PROT ^{2/}	1	1125,02**	644,64**	125,30 ^{ns}	1161,16**		
ETHOXY x PROT ^{3/}	6	54,68 ^{ns}	34,23 ^{ns}	366,13 ^{ns}	118,45*		
Erro	42	25,98	31,55	199,26	46,58		
CV(%) ^{4/}	-	7,81	7,88	24,09	9,40		

^{1/} Ethoxysulfuron

^{2/} Protetor

^{3/} Ethoxysulfuron x protetor

^{4/} Coeficiente de Variação.

* e ** significativo a 5 e 1% respectivamente de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo

Apêndice 6.7 - Fator de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrado médio do erro (QME) para as variáveis, tolerância relativa (%) (TR), estatura de plantas (%), massa da parte aérea verde (%) (MPAV), massa da parte aérea seca (%) (MPAS) e distância entre-nós (%) (EN) aos 25 dias após a aplicação de ethoxysulfuron ou ethoxysulfuron + protetor (mefenpyr) em plantas de feijão cultivar IPR Eldorado. UTFPR – Pato Branco, 2015.

FV	GL	QM				
		TR	EP	MPAV	MPAS	EN
		ETHOXY ^{1/}	6	5138,24**	4947,87**	4786,48**
PROT ^{2/}	1	4,02 ^{ns}	1152,34*	112,73 ^{ns}	51,14 ^{ns}	721,05*
ETHOXY x PROT ^{3/}	6	45,68 ^{ns}	386,86 ^{ns}	265,47 ^{ns}	160,44 ^{ns}	294,41*
Erro	42	63,24	262,56	228,58	72,76	112,86
CV(%) ^{4/}	-	11,43	24,62	20,22	11,91	13,63

^{1/} Ethoxysulfuron

^{2/} Protetor

^{3/} Ethoxysulfuron x protetor

^{4/} Coeficiente de Variação.

* e ** significativo a 5 e 1% respectivamente de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo