

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INTERFERÊNCIA E CONTROLE DE MILHO
VOLUNTÁRIO RESISTENTE AO GLIFOSATO NA
CULTURA DA SOJA**

CRISTIANO PIASECKI

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, agosto de 2015

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Interferência e controle de milho voluntário resistente ao glifosato na
cultura da soja.”

Elaborada por

Cristiano Piasecki

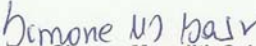
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Produção Vegetal


Aprovada em: 31/08/2015
Pela Comissão Examinadora


Dr. Mauro Antônio Rizzardi
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador


Dr. Mário Antônio Bianchi
CCGL/Unicruz


Dr. Walter Boller
FAMV/UPF


Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Coordenadora PPGAgro


Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

CIP – Catalogação na Publicação

P581i Piasecki, Cristiano

Interferência e controle de milho voluntário resistente
ao glifosato na cultura de soja / Cristiano Piasecki . –
2015.

119 f. : il.; 25 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade
de Passo Fundo, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio Rizzardi.

1. Milho - plantio. 2. Soja - plantio. 3. Plantas –
Efeito dos herbicidas. I. Rizzardi, Mauro Antônio,
orientador. II. Título.

CDU: 631.55

Catalogação: Bibliotecária Cristina Troller - CRB 10/1430

BIOGRAFIA DO AUTOR

Cristiano Piasecki nasceu em Guarani das Missões/RS no dia 18 de julho de 1986, onde residiu até completar o ensino médio e técnico em agropecuária em 2004. De 2004 a 2007 trabalhou na agricultura na região Nordeste do Brasil com as culturas da soja, milho e algodão. Em agosto de 2007 iniciou o curso de Agronomia pela Universidade de Passo Fundo - UPF, Campus I de Passo Fundo, RS, colando grau em agosto de 2012. Foi presidente do Diretório Acadêmico da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária na gestão 2010/2011. Durante o período de graduação realizou estágios extracurriculares na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Trigo), Fazenda Progresso e Dow AgroSciences, nos setores de Fisiologia Vegetal e Microbiologia dos Solos, produção e manejo integrado de plantas de lavoura, e pesquisa e desenvolvimento de produtos, respectivamente. Em outubro de 2012 iniciou sua carreira na empresa DuPont do Brasil de forma tercerizada no setor de pesquisa e desenvolvimento de produtos. Em 2013 ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo – UPF, Campus I de Passo Fundo, RS, realizando estudos da interferência e controle de milho voluntário resistente ao glifosato na cultura da soja para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Em setembro de 2014 foi efetivado ao quadro de funcionários da empresa DuPont do Brasil, ocupando o cargo de Analista de Desenvolvimento de Mercado, a qual desempenha até o presente.

Somos quem podemos ser

*“Um dia me disseram
Que as nuvens não eram de algodão
Um dia me disseram que os ventos às vezes erram a direção*

*E tudo ficou tão claro
Um intervalo na escuridão
Uma estrela de brilho raro
Um disparo para um coração*

*A vida imita o vídeo
Garotos inventam um novo inglês
Vivendo num país sedento um momento de embriaguez*

*Nós somos quem podemos ser
Sonhos que podemos ter*

*Um dia me disseram
Quem eram os donos da situação
Sem querer eles me deram
As chaves que abrem essa prisão*

*E tudo ficou tão claro
O que era raro ficou comum
Como um dia depois do outro
Como um dia, um dia comum*

*A vida imita o vídeo
Garotos inventam um novo inglês
Vivendo num país sedento um momento de embriaguez*

*Nós somos quem podemos ser
Sonhos que podemos ter*

*Um dia me disseram
Que as nuvens não eram de algodão
Um dia me disseram que os ventos às vezes erram a direção*

*Quem ocupa o trono tem culpa
Quem oculta o crime também
Quem duvida da vida tem culpa
Quem evita a dúvida também tem*

*Somos quem podemos ser
Sonhos que podemos ter”*

(Humberto Gessinger)

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho integralmente à toda minha família, em especial
à minha mãe Valéria Piasecki e à minha noiva
Camila Brasaga.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, pela saúde, força, serenidade, e por me acompanhar em todas etapas da vida.

À Universidade de Passo Fundo, por proporcionar um ensino de qualidade, digno para formar excelentes profissionais.

Ao professor Dr. Mauro Antônio Rizzardi, pela orientação e compreensão necessárias durante a construção deste trabalho.

À DuPont do Brasil, por ter viabilizado minha participação neste curso. Agradecimento especial a Rodrigo Borkowski Rodrigues, pesquisador da DuPont.

Aos professores e colegas do PPGAgro, pela oportunidade de convívio, crescimento, respeito e amizade.

Aos alunos Dionatan P. Schwade, Mauricio Tres, Junior Sartori, Sabrina Peruzzo e Fernanda Martins, que colaboraram na condução dos experimentos.

À professora Dra. Jurema Schons e às colegas da UFPel, Ana Claudia Langaro e Claudia Oliveira, pela colaboração com nas análises enzimáticas.

A toda minha família, pela motivação, apoio e compreensão durante este importante período.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

Lista de figuras	X
Lista de tabelas	XIV
APÊNDICES	XVII
RESUMO	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL	4
REVISÃO DE LITERATURA	8

CAPÍTULO I

A origem da população do milho voluntário RR [®] influencia no rendimento de grãos da soja	18
Resumo	18
Abstract	19
Introdução	20
Material e Métodos	23
Resultados e Discussão	26
Conclusões	41

CAPÍTULO II

Impacto da origem e da emergência relativa do milho voluntário no rendimento de grãos da soja RR [®]	42
Resumo	42
Abstract	43
Introdução	44
Material e Métodos	46
Resultados e Discussão	49
Conclusões	60

CAPÍTULO III

Metabolismo de plantas de soja em competição com populações de milho voluntário RR [®] F ₂	60
Resumo	60
Abstract	61
Introdução	62
Material e Métodos	64
Resultados e Discussão	69

Conclusões	82
CAPÍTULO IV	
Controle de milho voluntário RR [®] F ₂ na soja com herbicidas pré-emergentes	83
Resumo	83
Abstract	84
Introdução	85
Material e Métodos	88
Resultados e Discussão	92
Conclusões	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICES	113

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO I – A ORIGEM DA POPULAÇÃO DO MILHO VOLUNTÁRIO RR[®] INFLUENCIA NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA**

Figura		Página
1	Altura média de planta de soja aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) em função da competição com populações de milho voluntário RR [®] F ₂ originado de plantas individuais. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	27
2	Altura média de planta de soja aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) em função da competição com populações de milho voluntário RR [®] F ₂ originado de touceiras. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	27
3	Altura média de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) em função da população. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	29
4	Altura média de touceira de milho voluntário RR [®] F ₂ aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) em função da população. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	30
5	Massa seca (MS) da parte aérea da soja m ⁻² no estádio R5.3 em função da população de milho voluntário RR [®] F ₂ originado de plantas individuais. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	32
6	Massa seca (MS) da parte aérea da soja m ⁻² no estádio R5.3 em função da população de milho voluntário RR [®] F ₂ originado touceiras. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	33

7	Perdas percentuais no rendimento de grãos da soja em função da interferência de populações de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	34
8	Perdas percentuais no rendimento de grãos da soja em função da interferência de populações de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	35
9	Número médio de grãos por planta de soja em função da população de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	37
10	Número médio de grãos por planta de soja em função da população de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	38
11	Peso de mil grãos (PMG) da soja em função da população de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	39
12	Peso de mil grãos (PMG) da soja em função da população de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	39

CAPÍTULO III – METABOLISMO DE PLANTAS DE SOJA EM COMPETIÇÃO COM POPULAÇÕES DE MILHO VOLUNTÁRIO RR[®] F₂

Figura		Página
1	Teores de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) (mM g ⁻¹ MF) extraídos de folhas de soja, cultivar BMX Turbo RR [®] em função da competição com 8 populações de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ , analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). Passo Fundo, RS, UPF, 2014	71

Figura		Página
2	Teores de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) (mM g ⁻¹ MF) extraídos de folhas de soja, cultivar BMX Turbo RR [®] em função da competição com 8 populações de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ , analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). Passo Fundo, RS, UPF, 2014	72
3	Atividade da enzima peroxidase do ascorbato (APX) (UA mg ⁻¹ MF min. ⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR [®] em função da competição com 8 populações de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ , analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). Passo Fundo, RS, UPF, 2014	75
4	Atividade da enzima peroxidase do ascorbato (APX) (UA mg ⁻¹ MF min. ⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR [®] em função da competição com 8 populações de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ , analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). Passo Fundo, RS, UPF, 2014	76
5	Atividade da enzima catalase (CAT) (UA mg ⁻¹ MF min. ⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR [®] em função da competição com 8 populações de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ , analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). Passo Fundo, RS, UPF, 2014	78
6	Atividade da enzima catalase (CAT) (UA mg ⁻¹ MF min. ⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR [®] em função da competição com 8 populações de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ , analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). Passo Fundo, RS, UPF, 2014	79

Figura		Página
7	Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) ($\text{UA mg}^{-1} \text{MF min.}^{-1}$), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR [®] em função da competição com 8 populações de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ , analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). Passo Fundo, RS, UPF, 2014	80
8	Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) ($\text{UA mg}^{-1} \text{MF min.}^{-1}$), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR [®] em função da competição com 8 populações de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ , analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). Passo Fundo, RS, UPF, 2014	81

CAPÍTULO IV – CONTROLE DE MILHO VOLUNTÁRIO RR[®] F₂ NA SOJA COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

Figura		Página
1	Informações climáticas para Passo Fundo, RS, no período compreendido entre 01 de dezembro de 2013 a 30 de março de 2014. Fonte: SOMAR meteorologia	90

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO II – IMPACTO DA ORIGEM E DA EMERGÊNCIA RELATIVA DO MILHO VOLUNTÁRIO NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA RR[®]**

Tabela		Página
1	Altura média de planta de soja (cm) aos 20 dias após a emergência (DAE) em função da competição com origens de milho voluntário emergido em diferentes épocas. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	50
2	Altura média de planta de soja (cm) aos 62 dias após a emergência (DAE) em função da competição com origens de milho voluntário emergido em diferentes épocas. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	51
3	Altura média de planta de milho (cm) aos 20 dias após a emergência (DAE) em função da origem do milho voluntário e diferentes épocas relativas de emergência. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	52
4	Altura média de planta de milho (cm) aos 62 dias após a emergência (DAE) em função da origem do milho voluntário e diferentes épocas relativas de emergência. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	53
5	Índice de área foliar (IAF) no estágio R ₂ da soja em função da competição com origens e épocas relativas de emergência do milho voluntário. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	54

Tabela		Página
6	Massa seca da parte aérea da soja (MS) m ⁻² no estádio R ₂ em função da competição com origens e épocas relativas de emergência do milho voluntário. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	56
7	Número médio de legumes por planta de soja em função da época de emergência relativa e competição com plantas individuais e touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	57
8	Número médio de grãos por planta de soja em função da época de emergência relativa e competição com plantas individuais e touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	58
9	Rendimento de grãos da soja (kg ha ⁻¹) em função da época de emergência relativa e competição com plantas individuais e touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	60

CAPÍTULO IV – CONTROLE DE MILHO VOLUNTÁRIO RR[®] F₂ NA SOJA COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

Tabela		Página
1	Herbicidas e doses utilizados nos experimentos. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	89
2	Controle percentual aos 10, 20, 36 e 61 DAA de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ semeadas em superfície. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	92
3	Controle percentual aos 10, 20, 36 e 61 DAA de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ semeadas enterradas. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	93

Tabela		Página
4	Rendimento de grãos de soja em função dos herbicidas aplicados no controle de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ semeadas em superfície. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	95
5	Rendimento de grãos de soja em função dos herbicidas aplicados no controle de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ semeadas enterradas. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	96
6	Controle percentual aos 16, 26, 37 e 58 DAA de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ semeadas enterradas. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	97
7	Controle percentual aos 16, 26, 37 e 58 DAA de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ semeadas enterradas. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	98
8	Rendimento de grãos de soja em função dos herbicidas aplicados no controle de touceiras de milho voluntário RR [®] F ₂ semeadas enterradas. Passo Fundo, RS, UPF, 2014	99
9	Rendimento de grãos de soja em função dos herbicidas aplicados no controle de plantas individuais de milho voluntário RR [®] F ₂ . Passo Fundo, RS, UPF, 2014	100

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice		Página
1	Resumo da análise de variância referente ao Capítulo I	108
2	Resumo da análise de variância referente ao Capítulo II	109
3	Resumo da análise de variância referente ao Capítulo III	110
4	Resumo da análise de variância referente ao Capítulo IV	112

INTERFERÊNCIA E CONTROLE DE MILHO VOLUNTÁRIO RESISTENTE AO GLIFOSATO NA CULTURA DA SOJA

CRISTIANO PIASECKI¹

RESUMO – Planta daninha é qualquer planta que se desenvolve onde não é desejada. Assim, qualquer vegetal pode ser considerado planta daninha. A partir da introdução da tecnologia Roundup Ready[®] nas culturas da soja e do milho aumentou a frequência de lavouras de soja com a presença de plantas voluntárias de milho RR[®] F₂. As plantas voluntárias se originam das perdas na colheita de grãos individuais ou sementes aderidas a pedaços da ráquis. O objetivo do trabalho foi quantificar as perdas no rendimento de grãos e alterações morfofisiológicas da soja em função da interferência de populações e épocas relativas de emergência de plantas individuais e de touceiras do milho voluntário RR[®] F₂. Também foram estudados herbicidas pré-emergentes no controle de plantas de milho voluntário. Os resultados demonstraram que mesmo em população inferior a 1 m⁻², o milho voluntário originado de plantas individuais e de touceiras reduz significativamente o rendimento de grãos da soja, o que justifica o controle. Touceiras de milho voluntário causam perdas mais acentuadas no rendimento de grãos da soja. Quanto antes o milho emerge em relação a soja, maiores são as perdas no rendimento de

¹Eng.-Agr., mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

grãos da soja. A produção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) na soja, foi menor em função do aumento da competição. A competição de populações de milho voluntário não alterou significativamente as enzimas ascorbato dismutase (APX), catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD). Os herbicidas clorimuron+sulfometuron, diclosulam e imazapic+imazapir são eficientes no controle pré-emergente de plantas individuais de milho voluntário, com controle superior a 80%.

Palavras-chave: perdas na colheita, touceiras, plantas individuais, estresse oxidativo, herbicidas pré-emergentes.

INTERFERENCE AND CONTROL OF VOLUNTARY CORN GLYPHOSATE RESISTANT IN SOYBEAN

ABSTRACT – A weed is any plant that grows where it is not wanted. Thus, any plant can be considered weed if its presence is not convenient. Since the introduction of Roundup Ready[®] technology in soybean and corn, it was increased the frequency of soybean crops in the presence of volunteer RR[®] F₂ corn plants. Volunteer plants are originated from crop losses, with individual grains, or seeds attached to several pieces of the rachis, giving individual plants or clumps. Volunteer corn competes for environmental resources causing loss of yield and changes in soybean morphophysiology. The objective of this study was to quantify the losses in grain yield, and morphological and physiological changes in soybean due to the populations interference and relative times of emergency of individual plants and clumps of

volunteer corn RR[®] F₂. There were also studied pre-emergent herbicide in the control of individual plants and clumps of volunteer corn RR[®] F₂. The results demonstrated that even in a population of less than 1 m⁻² volunteer corn RR[®] F₂ originated from individual plants and clumps significantly it reduces the yield of soybeans, justifying its control. Volunteer corn clumps cause more severe losses in soybeans yield. The faster the corn emergence in comparison to the soy, the bigger the loss in yield of soybeans is. The production of hydrogen peroxide (H₂O₂) in soybeans was lower due to increased competition. The competition of volunteer corn populations did not significantly change the enzyme ascorbate dismutase (APX), catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD). Herbicides chlorimuron + sulfometuron, diclosulam and imazapic + imazapyr are efficient in the pre-emergence control of individual plants of volunteer corn, showing superior control to 80%.

Key words: crop losses, clumps, individual plants, oxidative stress, pre-emergent herbicides.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor e um dos principais exportadores, com cerca de 31,5 milhões de hectares da oleaginosa cultivada (CONAB, 2015).

Em função das vantagens que a tecnologia *Roundup Ready*[®] proporcionou no sistema produtivo da cultura da soja, sua aceitação foi a mais rápida da agricultura mundial (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005). Com a ampla adoção desta tecnologia na cultura da soja, a resistência ao herbicida glifosato também foi introduzida na cultura do milho (*Zea mays* L.).

A introdução do gene RR[®] na soja e no milho e seu cultivo em sistemas de sucessão milho/soja contribuem para maior área de lavouras de soja com a presença de plantas voluntárias de milho resistentes ao glifosato (MARQUARDT et al., 2013).

Plantas voluntárias são originadas de grãos perdidos durante a colheita do milho. Tais perdas ocorrem na forma de grãos individuais, espigas inteiras e pedaços de espigas, as quais contêm vários grãos que originarão as touceiras de milho RR[®] F₂.

A competição do milho voluntário com a soja interfere nos componentes de rendimento e reduz o rendimento de grãos (MARQUARDT et al., 2012), além de aumentar os custos de produção, pela necessidade da adoção de herbicidas específicos para seu controle (RIZZARDI et al., 2012). Outros aspectos negativos estão relacionados com a dificuldade na colheita e contaminação física

nos grãos da soja pós colheita (DEEN et al., 2006), além de servirem de hospedeiro de pragas e patógenos (NEPOMUCENO et al., 2007).

O milho voluntário é extremamente competitivo com a soja, crescendo mais rapidamente principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento (BERNARDS et al., 2010). Apresenta maior estatura ao longo do ciclo, causa o sombreamento e compete por nutrientes e recursos hídricos (BERNARDS et al., 2010). A elevada habilidade competitiva do milho causa significativas perdas no rendimento da soja, mesmo em populações inferiores a uma planta m^{-2} (RIZZARDI et al., 2012).

Como o milho voluntário é originado de perdas na colheita depositadas sobre a superfície do solo, sua emergência ocorre em diferentes fluxos, variando o grau de interferência em função da época relativa de emergência com a soja (SILVA et al., 2009). Diferentes épocas relativas de emergência afetam significativamente a habilidade competitiva das espécies envolvidas, ou seja, as primeiras a emergir provavelmente apresentarão maior crescimento por adquirirem vantagem de acesso aos recursos do ambiente (O'DONOVAM et al., 1985).

Em ecossistemas agrícolas é comum haver a competição entre cultura e planta daninha. Na maioria das vezes a competição resulta na redução do rendimento de grãos, a qual varia em função da intensidade da competição (RADOSEVICH, 1997). Em função da competição ocorrem alterações morfofisiológicas, como por exemplo, a produção de metabólitos secundários na cultura e alteração no crescimento (LAMEGO et al., 2005; AFIFI & SWANTON, 2012).

Muitos estudos avaliaram a capacidade competitiva entre espécies vegetais a partir de variáveis do crescimento, como altura, área foliar, produção de massa seca da parte aérea (OLIVEIRA, 2013). No entanto, há poucos estudos que avaliaram as alterações no metabolismo das plantas em resposta a competição (OLIVEIRA, 2013).

Há suspeita que da mesma forma de outros tipos de estresse, como por exemplo a aplicação de herbicidas, a competição intra e interespecífica possa desencadear a produção de produtos danosos as plantas, como o aumento de espécies reativas de oxigênio - EROs (OLIVEIRA, 2013).

Em resposta aos danos oxidativos, as células das plantas produzem sistemas antioxidantes a fim de remover estes radicais livres (AFIFI & SWANTON, 2012). Estes mecanismos de defesa incluem a produção de enzimas eliminadoras de radicais livres como ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e também, a síntese de outras substâncias não enzimáticas como antocianinas (GILL & TUTEJA, 2010). Existem relatos na literatura que tratam da atividade das enzimas SOD, APX e CAT em resposta a estresses que não a competição (OLIVEIRA, 2013). Dessa forma, é possível que a competição de populações de milho voluntário com a soja possa alterar a produção dessas enzimas.

Existem poucos relatos na literatura até o momento de competição de populações de diferentes origens de milho voluntário com a soja, bem como, épocas relativas de emergência, eficiência de controle de herbicidas pré-emergentes e alterações no metabolismo da soja em função da competição com milho voluntário.

Tendo em vista a problemática da ocorrência de milho voluntário RR[®] F₂ na cultura da soja e a pouca informação científica relacionada ao assunto, é de grande necessidade a geração de informações para a comunidade científica, técnicos e produtores rurais, com a finalidade de auxiliá-los em tomadas de decisões acerca do problema, fornecendo-lhes ferramentas de manejo, buscando a maximização da produção agrícola e a máxima eficiência econômica da atividade.

Os objetivos da pesquisa foram: determinar os danos causados por populações de milho voluntário originado de plantas e touceiras no rendimento de grãos e em seus componentes; estudar as perdas no rendimento de grãos da soja em função de épocas relativas de emergência do milho voluntário; verificar alterações em compostos do metabolismo secundário da soja em função da competição; e avaliar a eficiência de herbicidas pré-emergentes no controle de milho voluntário.

REVISÃO DE LITERATURA

A cultura da soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor e um dos principais exportadores do grão. De acordo com estimativas da CONAB (2015), na safra 2014/2015 o Brasil cultivou cerca de 31,5 milhões de hectares de soja com produção estimada de 94,57 milhões de toneladas e, produtividade média de 3.002 kg ha⁻¹, representando acréscimos de 4,4%, 9,8% e 5,2%, respectivamente, em relação à safra anterior. Cultivada em praticamente todo o território nacional a soja destaca-se por ser a mais importante cultura do país, e a sua cadeia produtiva tem elevada relevância no cenário econômico brasileiro.

Após a liberação do evento de transgenia *Roundup Ready*[®] que confere a resistência ao herbicida glifosato na soja no ano de 2005, ocorreram mudanças nos sistemas de manejo de plantas daninhas nessa cultura. Exemplo disso foi a substituição de combinações de diferentes herbicidas por um único princípio ativo, o glifosato (GAZZIERO, 2005). Em função das vantagens que esta tecnologia proporciona, sua aceitação foi a mais rápida da agricultura mundial (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

Como a inserção do gene de resistência ao glifosato trouxe benefícios na cultura da soja, este evento também foi introduzido no milho, sendo liberado o comércio de milho RR[®] no Brasil em 2008 (CTNBio, 2008).

A introdução do gene RR[®] na soja e no milho favoreceram uma maior frequência de lavouras de soja com a presença de plantas voluntárias de milho, principalmente em cultivos sucessivos soja após

milho (DEEN et al., 2006; DAVIS et al., 2008; MARQUARDT et al., 2012; MARQUARDT et al., 2013). Neste caso, o milho é considerado uma planta daninha, pois, segundo Shaw (1982), toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada é considerada planta daninha. Porém, ainda há poucos trabalhos na literatura sobre o efeito competitivo de milho voluntário com outras culturas, após a adoção da tolerância a herbicidas no milho (MARQUARDT et al., 2013).

As plantas voluntárias de milho originam-se a partir de perdas na colheita. As perdas na colheita do milho são influenciadas por fatores inerentes a colhedora e a cultura como o mau preparo do solo, época de semeadura, espaçamento, densidade e cultivares inadequados, presença de plantas daninhas, velocidade de colheita, regulagem e falta de manutenção das colhedoras (CARVALHO FILHO et al., 2005).

Tabile et al. (2008) encontraram valores médios de 1,34% de perdas de grãos na colheita do milho. Os grãos perdidos na colheita do milho estarão aptos a produzirem novas plantas RR[®] F₂ por um determinado período.

Os grãos perdidos durante a colheita podem ser na forma de grãos individuais, espigas inteiras e pedaços de espigas contendo vários grãos, que originarão as touceiras de milho RR[®] F₂, o que, segundo Bernards et al. (2010), são mais competitivos do que uma planta individual.

Em estudo comparativo entre gerações F₁ e F₂ de milho híbrido, Santos et al. (1993), concluíram que caracteres como ciclo, população final, altura da planta, altura da inserção da primeira espiga, e número de espiga por planta mostram valores maiores na geração F₁

em comparação com a F_2 independentemente do nível de adubação. Estes dados demonstram menor potencial competitivo do milho geração F_2 em relação ao F_1 , porém, estas diferenças não são grandes e variam entre híbridos (SANTOS et al., 1993).

Em ecossistemas agrícolas, a cultura e as plantas daninhas possuem suas demandas por água, nutrientes e CO_2 , e, na maioria das vezes um ou mais desses fatores de crescimento estão disponíveis em quantidade insuficiente até mesmo para o próprio desenvolvimento da cultura e assim, estabelece-se a competição (RADOSEVICH et al., 1997).

O milho por apresentar via fotossintética C_4 possui vantagens em relação a soja, que apresenta via fotossintética C_3 . Na fotossíntese das plantas C_4 , diferentemente do que ocorre nas C_3 , há a separação espacial da fixação inicial do CO_2 atmosférico e do ciclo de Calvin. A fixação primária de CO_2 para fosfoenolpiruvato ocorre em células do mesófilo e forma ácidos C_4 (malato e/ou aspartato). Os ácidos C_4 são transportados para células da bainha vascular, onde sofrem descarboxilação, gerando CO_2 , que é então reduzido a carboidrato via ciclo de Calvin (EDWARDS et al., 2004; SAGE, 2004). Plantas com via fotossintética C_4 têm vantagens em crescimento sob condições extremas, tais como alta temperatura, baixa disponibilidade de água, alta radiação ou salinidade do solo (SAGE, 2004).

Por característica da espécie e por ser planta C_4 , o milho voluntário é extremamente competitivo com a soja, pois cresce mais rapidamente principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, apresenta maior altura que a soja ao longo do ciclo, causa o

sombreamento da cultura e compete por nutrientes e recursos hídricos (BERNARDS et al., 2010).

Os fatores que afetam o grau de interferência da comunidade infestante sobre uma cultura dependem de aspectos ligados à espécie daninha, população e distribuição e à própria cultura como: cultivar, espaçamento e densidade de semeadura (PITELLI, 1985). O grau de interferência depende também da época e do tempo em que a cultura e as plantas daninhas permanecem juntas, além das condições edafoclimáticas e do manejo utilizado (SILVA et al., 2009).

O milho voluntário foi documentado como planta daninha em soja antes da introdução do gene RR[®] em cultivares de soja (ANDERSEN, 1976). A competição do milho voluntário interfere nos componentes de rendimento e reduz o rendimento de grãos da soja (ANDERSEN & GEADELMANN, 1982; BECKETT & STOLLER, 1988; DAVIS et al., 2008; BERNARDS et al., 2010; MARQUARDT et al., 2012).

A competição entre soja e milho voluntário na densidade de 5 a 6 plantas m⁻² reduziu a produtividade da soja em até 25% com soja cultivada com espaçamento entrelinhas de 0,76 m (BECKETT & STOLLER, 1988), e acima destas densidades a competição também afeta os componentes do rendimento da soja, com redução no número de nós, legumes e grãos por planta e na produção de massa seca (BECKETT & STOLLER, 1988; LAMEGO et al., 2004).

A elevada capacidade competitiva do milho causa significativas perdas no rendimento da soja, mesmo em populações inferiores a 1,0 planta m⁻² (RIZZARDI et al., 2012). Os autores avaliaram o nível de dano nas densidades de até 16 plantas de milho

m⁻² na soja e encontraram redução de 20% no número de nós por planta, 21,5% no peso de mil grãos e de 70,4% no número de grãos por planta. A redução deu-se de forma gradativa em função do aumento da população de milho, com o decréscimo máximo na população mais alta em relação à testemunha sem milho.

A elevação na população do milho voluntário de 0,5 para 16 plantas m⁻², reduziu o rendimento da soja em cerca de 9,32% e 76,2%, respectivamente, o que confirma a elevada capacidade competitiva do milho em relação a soja, e indica que mesmo ocorrendo em baixas populações afeta significativamente a produtividade da soja, o que justifica a adoção de medidas de controle (RIZZARDI et al., 2012). Populações de 7 a 10 plantas de milho em touceira reduziram o rendimento da soja dentro de um raio de 40 cm da touceira (BECKETT & STOLLER, 1988).

O milho voluntário causa perdas significativas na soja em espaçamentos de até 0,76 m, e causa menores perdas em espaçamentos inferiores a 0,19 m (PADGITT et al., 2000). Soja cultivada com espaçamentos estreitos suprime a ocorrência de plantas daninhas, e diminui o intervalo entre a semeadura e o fechamento das entrelinhas da cultura (YELVERTON & COBLE, 1991).

Nos EUA, antes do lançamento da soja RR[®], mais de 60% da área de soja era cultivada com espaçamentos entrelinhas superiores a 0,60 m (PADGITT et al., 2000). A maioria da soja cultivada acima do centro oeste dos EUA utiliza espaçamentos variando entre 0,19 a 0,38 m (USDA-NASS, 2007). No estado de Indiana, 87% da soja plantada em 2006 foi com o espaçamento entrelinhas de 0,51 m ou menos (CONLEY & SANTINI, 2007).

De maneira geral, as plantas da cultura sob competição incrementam sua altura, como forma de maximizar a captação da luz e sombrear as plantas daninhas (SILVA et al., 2009). Dessa forma, o acúmulo de massa seca é reduzido, bem como, o índice de área foliar (SILVA et al., 2009).

A convivência entre cultura e plantas daninhas interfere nos fluxos ambientais e na qualidade da luz, tais como relação vermelho/vermelho extremo (R/FR), influenciando na biossíntese de hormônios vegetais como o etileno e auxina (AFIFI & SWANTON, 2012). O sombreamento das plantas, detectado pela elevada radiação vermelho extremo, faz com que elas aloquem maior disponibilidade de recursos para investimento no crescimento da parte aérea, afetando o desenvolvimento do sistema radical e, nesse sentido, comprometendo a disputa por recursos do solo (RAJCAN & SWANTON, 2001). Alterações na morfologia de raízes de plântulas de milho quando expostas a baixa relação de luz vermelho/vermelho extremo (R/FR) refletida por plantas daninhas, são atribuídas ao aumento na produção de etileno e redistribuição da auxina nas raízes (AFIFI & SWANTON, 2011).

Alterações na densidade de fótons e qualidade da luz (R/FR) evidenciam o papel fundamental da luz na modificação morfológica adaptativa das plantas (BALLARÉ, 2009).

Propágulos remanescentes das perdas na colheita do milho, principalmente touceiras, têm diferentes fluxos germinativos tornando-se planta daninha para a cultura da soja em cultivo sucessivo soja após milho (BERNARDS et al., 2013).

Além da população, diferentes épocas de emergência das plantas afetam significativamente a capacidade competitiva das espécies envolvidas, ou seja, as primeiras plântulas a emergirem, apresentarão maior crescimento ao adquirirem vantagem de acesso aos recursos do ambiente (O'DONOVAN et al., 1985). As plantas que emergem mais tarde, exercem menor impacto sobre o rendimento de grãos, pois grande parte da interferência ocorre somente após a definição dos componentes do rendimento (VANDEVENDER et al., 1997).

O período de convivência entre a cultura e plantas daninhas é um ponto determinante do nível de dano sobre a cultura. Marquardt et al. (2012) verificaram que, o milho voluntário que emergiu após a soja não afetou a produtividade da cultura quando cultivada com espaçamento entrelinhas de 0,20 m.

Estudos desenvolvidos recentemente investigaram a capacidade competitiva a partir de características de crescimento, incluindo altura, área foliar e produção de massa seca da parte aérea (OLIVEIRA, 2013). Porém, poucos trabalhos avaliaram as alterações fisiológicas e metabólicas nas plantas, em resposta ao estresse causado pela competição (OLIVEIRA, 2013).

Em função da competição inter ou intraespecífica, ocorrem alterações morfofisiológicas como a produção de metabólitos secundários na cultura (LAMEGO et al., 2005; AFIFI & SWANTON, 2012).

Apesar de os metabólitos secundários terem papel importante nas interações das plantas com fatores bióticos, eles não são essenciais para a sobrevivência da planta (WINKEL-SHIRLEY,

2002). Fatores bióticos, abióticos ou xenobióticos causam alterações no metabolismo das plantas (OLIVEIRA, 2013). Dentre as principais modificações, está o aumento da peroxidação de membranas que afetam a estrutura e a funcionalidade do sistema fotossintético das plantas, resultando na inativação dos centros de reação dos fotossistemas (TRIPATHY et al., 2007).

Danos oxidativos irreversíveis nas membranas celulares são causados pela competição entre plantas, e são comparáveis a danos causados pela radiação UV e aplicação de herbicidas (TIAN & LEI, 2007; YIN et al., 2008).

A intensidade do estresse oxidativo ocorrido nas células é determinado pela quantidade de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), superóxido e radicais hidroxilas. Assim, o equilíbrio na atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) é fundamental para reduzir os níveis tóxicos de espécies reativas ao oxigênio (EROs) nas células (APEL & HIRT, 2004).

Segundo Afifi & Swanton (2012), o aumento da produção de EROs como o H_2O_2 , superóxido (O_2^-), radicais hidroxila (OH^-) e, oxigênio singlete é bem conhecido em plantas, e ocorre sob condições de estresse biótico ou abiótico da cultura. As EROs são altamente reativas dentro da célula e causam os danos celulares mais intensos como alterações no DNA, oxidação de proteínas e peroxidação de lipídios (GILL & TUTEJA, 2010). Além de causar danos celulares as EROs como o H_2O_2 estão envolvidas no processo de regulação estomática (XIAO et al., 2001).

Para evitar esse processo danoso, as plantas possuem sistemas de defesa antioxidantes enzimático e não enzimático, o que permite a eliminação de EROs e a proteção do dano oxidativo (OLIVEIRA, 2013).

Em resposta aos danos oxidativos, as células das plantas produzem sistemas antioxidantes a fim de remover estes radicais livres (AFIFI & SWANTON, 2012). Estes mecanismos de defesa incluem a produção de enzimas eliminadoras de radicais livres como, glutathione-S-transferase (GST), APX, SOD, CAT e também, a síntese de outras substâncias não enzimáticas como antocianinas (GILL & TUTEJA, 2010).

O acúmulo de antocianinas está ligado as condições ambientais em que a auxina é produzida e transportada (BESSEAU et al., 2007). Isto significa que com o aumento do transporte de auxina, a síntese de antocianinas diminui (AFIFI & SWANTON, 2012).

Além de causar estresses resultando em perdas no rendimento de grãos da soja, o milho voluntário também aumenta o custo da produção da soja pela necessidade da adoção de herbicidas específicos para seu controle (DEEN et al., 2006).

A época de início do controle de plantas daninhas tem grande influência no crescimento das plantas e na produtividade de grãos da soja (RIZZARDI & FLECK, 2004), visto que, segundo Koslowski et al. (2002), os efeitos da interferência são irreversíveis, não havendo recuperação do desenvolvimento e da produtividade após retirada do estresse causado pela presença das plantas daninhas.

Controlar milho voluntário na cultura da soja tem sido um desafio antes e após a introdução do gene RR[®] no milho

(MARQUARDT et al., 2013), porém, ainda há opções de herbicidas disponíveis que controlam o milho de forma eficiente em pós-emergência como, cletodim, diclofop, quizalofop-*p*-ethyl, fenoxaprop-*p*-ethyl, sethoxydim e fluazifop-*p*-ethyl (ANDERSEN & GEADELMANN, 1982; BECKETT & STOLLER, 1988; DEEN et al., 2006; COSTA et al., 2014).

A emergência do milho voluntário ocorre de forma escalonada, em diferentes fluxos germinativos em meio a cultura da soja (BERNARDS et al., 2013). Dessa forma, herbicidas pré-emergentes podem ter efeito de controle ou supressão sobre as plantas ou touceiras de milho que germinarem junto ou após a cultura contribuindo para a maximização da produtividade da soja e aumento da eficiência no controle do milho.

Foram encontrados poucos dados na literatura a respeito de eficiência de controle e ou supressão por herbicidas pré-emergentes em diferentes fluxos germinativos de milho na cultura da soja. Alguns herbicidas podem ser eficientes no controle ou supressão de milho e que são comumente utilizados em soja como o clorimuron, diclosulam, clorimuron+sulfometuron metil, clomazona.

CAPÍTULO I

A ORIGEM DA POPULAÇÃO DO MILHO VOLUNTÁRIO RR[®] INFLUENCIA NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA

RESUMO - A partir da inserção de eventos biotecnológicos que conferiram a resistência ao herbicida glifosato nas culturas da soja e do milho, aliado ao cultivo da sucessão milho e soja, aumentou a frequência de plantas voluntárias de milho RR[®], que interferem com a soja. Plantas voluntárias de milho são originadas a partir de perdas na colheita, sendo sementes individuais, que geram plantas individuais, ou várias sementes aderidas a pedaços da ráquis, que originam as touceiras. O objetivo do trabalho foi avaliar o impacto de populações de milho voluntário RR[®] F₂ oriundas de sementes individuais e de touceiras, no rendimento de grãos e nos componentes do rendimento da soja RR[®]. Foram realizados dois experimentos lado a lado no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. No Experimento 1, sementes individuais deram origem as plantas individuais, enquanto que no Experimento 2 o milho voluntário foi originado de touceiras. As populações de milho estudadas foram 0; 0,5; 1; 2; 4; 8; 10 e 12 plantas ou touceiras m⁻². Cada touceira continha em média 7 plantas de milho. Os resultados demonstraram a elevada capacidade competitiva do milho voluntário RR[®] F₂ em relação à soja, onde milho oriundo de touceiras causou as maiores perdas nos componentes do rendimento e no rendimento de grãos da soja. Populações inferiores a uma planta ou touceira m⁻² reduziram o

rendimento de grãos da soja de forma expressiva, justificando a adoção de medidas de controle.

Palavras-chave: plantas individuais, touceiras, sucessão de culturas, perdas na colheita.

THE ORIGIN OF POPULATION OF VOLUNTEER RR[®] CORN INFLUENCE ON YIELD OF SOYBEAN

ABSTRACT - From the insertion of biotech events conferring resistance to the herbicide glyphosate in soybean and corn, together with the cultivation of corn and soybeans succession, increased the frequency of volunteer RR[®] corn plants, which interfere with soybeans. Volunteer corn plants are derived from crop losses, from individual seeds that origin individual plants, or multiple seeds pieces adhered to the rachis, giving rise to clumps. The objective was to evaluate the impact of volunteer corn RR[®] F₂ populations coming from individual seed and clumps, grain yield and yield components of soybean. Two experiments were conducted side by side in a randomized block design with four replications. In experiment 1, individual seeds led individual plants, while in experiment 2 the volunteer corn originated from clumps. Maize populations studied were 0; 0.5; 1; 2; 4; 8; 10:12 plants or clumps m⁻². Each clump contained on average 10 corn seeds. The results showed the high competitiveness of volunteer RR[®] F₂ corn compared to soybeans where corn originated from clumps caused the greatest losses in yield components and yield of soybeans. Populations under a plant or clump

m⁻² reduced the grain yield of soybean significantly, justifying the adoption of control measures.

Key words: individual plants; clumps; crop succession; crop losses.

INTRODUÇÃO

Em ecossistemas agrícolas, a cultura e as plantas daninhas possuem suas demandas por água, luz, nutrientes e CO₂. Pelo fato de na maioria das vezes esses fatores de crescimento estarem disponíveis em quantidades insuficientes até mesmo para o próprio desenvolvimento da cultura, estabelece-se a competição (RADOSEVICH et al., 1997).

A presença de plantas daninhas em lavouras de soja afeta negativamente o desenvolvimento da cultura, e geralmente reduz o rendimento de grãos (LAMEGO et al., 2004). O grau de interferência na soja é influenciado diretamente pela população das plantas daninhas em convívio com a cultura (LAMEGO et al., 2005).

Segundo Shaw (1982) toda e qualquer planta que ocorre onde não é desejada é considerada planta daninha. Dentro deste conceito enquadram-se as plantas voluntárias de milho que ocorrem em lavouras de soja.

Milho voluntário foi documentado como planta daninha em soja antes da introdução do gene de resistência ao glifosato em seu genoma (ANDERSEN, 1976). No entanto, a introdução do gene RR[®] no milho favoreceu o aumento na ocorrência de plantas voluntárias de milho em lavouras de soja (MARQUARDT et al., 2013), sendo

considerado sério problema em cultivos sucessivos de milho e soja (DAVIS et al., 2008).

Grãos perdidos na colheita do milho dão origem as plantas voluntárias em culturas subsequentes. Tabile et al. (2008) encontraram valores médios de 1,34% de perdas de grãos na colheita do milho.

As perdas ocorridas na colheita do milho são na forma de grãos individuais, espigas inteiras ou pedaços de espigas contendo vários grãos em um mesmo ponto, que originam as plantas individuais e as touceiras, respectivamente (BECKETT & STOLLER, 1988). As touceiras, por possuírem maior número de plantas em um mesmo ponto, tem potencial de causar os maiores impactos em relação as plantas individuais nos componentes e no rendimento de grãos da soja.

O milho voluntário é competitivo com a soja, pois cresce mais rapidamente e atinge maior altura ao longo do ciclo. Este maior crescimento além de sombrear a soja, aumenta a competição por nutrientes e água (BERNARDS et al., 2010).

A competição do milho voluntário com a cultura da soja interfere nos componentes de rendimento e reduz a produção de grãos (MARQUARDT et al., 2012), além de aumentar os custos de produção, pela necessidade da adoção de herbicidas específicos para seu controle. Outros aspectos negativos estão relacionados com a dificuldade na colheita e contaminação física nos grãos da soja pós colheita (DEEN et al., 2006), além de servirem de hospedeiro de pragas e patógenos (NEPOMUCENO et al., 2007).

Segundo Pitelli (1985), os fatores que afetam o grau de interferência da comunidade infestante sobre a cultura dependem de

aspectos ligados à espécie daninha, população e distribuição e à própria cultura, como cultivar, espaçamento e população de plantas.

A elevada capacidade competitiva do milho causa perdas significativas no rendimento de grãos da soja mesmo em populações inferiores a uma planta m^{-2} (RIZZARDI et al., 2012), perdas estas que podem ser superiores se o milho voluntário for oriundo de touceiras (BERNARDS et al., 2010). Andersen et al., (1982) e Beckett & Stoller (1988) encontraram perdas médias no rendimento de grãos de 1% a cada 240 touceiras por hectare. Os valores de perdas no rendimento da soja encontrados pelos autores representam 1% no rendimento da soja na população média de 0,024 touceira m^{-2} .

A competição entre soja e milho voluntário na população de 5 a 6 plantas m^{-2} reduziu a produtividade da soja em até 25% com soja cultivada em espaçamento entrelinhas de 0,76 m (BECKETT & STOLLER, 1988). População de milho superior a 6 plantas m^{-2} reduziu o número de nós, legumes e grãos por planta, e também a produção de matéria seca (BECKETT & STOLLER, 1988).

De maneira geral, as plantas da cultura sob competição incrementam sua altura, como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas daninhas, e dessa forma diminuindo o acúmulo de massa seca (SILVA et al., 2009). Todo o estresse causado à cultura tende a refletir em alterações morfofisiológicas nas plantas, com reflexo na produtividade (LAMEGO et al., 2005).

Tendo em vista as interferências negativas causadas pela competição do milho voluntário com a cultura da soja, objetivou-se estudar os impactos de populações de milho voluntário RR[®] F₂,

oriundas de plantas individuais e de touceiras, no rendimento de grãos e nos componentes do rendimento da soja RR[®].

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Centro de Pesquisa e Extensão Agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, na safra 2013/2014.

Foram realizados dois experimentos lado a lado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. No Experimento 1, sementes individuais deram origem as plantas individuais de milho voluntário, e no Experimento 2 o milho voluntário foi originado de touceiras. Cada touceira constituiu-se de parte de uma espiga contendo, em média, sete plantas. Nos dois experimentos as populações de milho foram: 0; 0,5; 1; 2; 4; 8; 10 e 12 plantas individuais ou touceiras m⁻².

Os experimentos foram implantados no sistema de semeadura direta, em área com restos culturais de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), previamente controlados com os herbicidas cletodim 76,2 g i.a. ha⁻¹ e glifosato 720 g e.a. ha⁻¹. A semeadura do milho e da soja, nos dois experimentos, foi realizada no dia 07/01/2014. A soja foi adubada com 5,6 kg ha⁻¹ de N, 78,4 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50,4 kg ha⁻¹ de K₂O. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e, tratadas com inseticidas e fungicidas.

As espigas do milho híbrido de milho AG 8088 PRO₂[®] foram colhidas na safra 2012/2013, e armazenadas, originando a população F₂ utilizada no experimento.

As populações do milho voluntário, oriundas de sementes e de touceiras, foram distribuídas aleatoriamente e após enterradas manualmente a aproximadamente 3,5 cm de profundidade em parcelas de 17,5 m² (3,5 x 5 m). Imediatamente após a semeadura do milho, a soja cultivar BMX Turbo RR[®] foi semeada mecanicamente objetivando população de 300.000 plantas ha⁻¹, distribuídas em espaçamento entrelinhas de 50 cm.

Após a emergência do milho, fez-se o ajuste das populações de acordo com cada tratamento. Para evitar a interferência de outras plantas daninhas, foram realizadas pulverizações com o herbicida glifosato, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, de acordo com a necessidade ao longo do ciclo da cultura. Pragas e doenças foram controladas preventivamente.

Nos dois experimentos foram realizadas as mesmas avaliações e nas mesmas datas. Aos trinta e sessenta dias após a emergência (DAE) da soja fez-se a avaliação da altura da soja e do milho, em 10 plantas aleatórias por unidade experimental. A altura da soja foi determinada a partir da superfície do solo até o ápice do último trifólio expandido. O milho foi medido da superfície do solo até o ápice da última folha completamente expandida, com a base da bainha sem se tocar. Quando o milho era touceira, a altura considerada foi a média de cada touceira.

A massa seca (MS) da parte aérea da soja foi quantificada no estágio R5.3 (grãos com desenvolvimento de 26 a 50%) da soja.

Para tal colheu-se a parte aérea de dez plantas de soja que, posteriormente, foram secas em estufa a 60 °C até peso constante. Com o valor obtido na pesagem dessas plantas foi estimada a MS parte aérea da soja por metro quadrado, através do uso da equação matemática regra de três simples, visto que, a amostra coletada equivaleu a 0,33 m².

Os grãos foram colhidos numa área amostral de cinco metros de comprimento das três linhas centrais das parcelas, perfazendo área de 7,5 m². Após a colheita, o material foi trilhado, pesado e determinada a umidade dos grãos. Após a correção da umidade para 13%, estimou-se o rendimento de grãos por hectare.

A contagem do número de grãos por planta deu-se em dez plantas por parcela, coletadas aleatoriamente no mesmo dia da colheita. O peso de mil grãos (PMG) foi estimado a partir da pesagem e secagem de 250 grãos coletados aleatoriamente do total colhido. Após foi determinada a umidade dos grãos corrigindo para 13%, e após multiplicou-se o valor obtido por quatro a fim de se obter o PMG.

Aos dados de rendimento foram calculadas as perdas percentuais em relação aos tratamentos mantidos livres de plantas de milho, de acordo com a equação: Perda (%) = [(Ra-Rb)/Ra]*100, onde: Ra = rendimento sem milho e Rb = rendimento na presença de milho.

Aos dados percentuais de perdas foi ajustado o modelo de regressão não linear da hipérbole retangular proposto por Cousens (1985): $Pr = (i*P)/[1+((i/a)*X)]$, em que: Pr = perdas de rendimento (%); P = população de plantas de milho; i = % de perda de rendimento

por unidade de milho quando sua densidade se aproxima de zero; a = % de perda de rendimento quando a densidade de milho tende ao infinito.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e o efeito das populações foi avaliado por análise de regressão, testando-se os modelos de ajuste linear, quadrático e logarítmico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura média de planta de soja variou com o aumento da população de plantas individuais do milho voluntário aos 30 e 60 DAE (Figura 1). A altura da soja aumentou 6,2% aos 30 DAE e 33,9% aos 60 DAE, em função do aumento de 0 para 12 plantas m^{-2} de milho (Figura 1).

Aos 30 DAE a variação foi menor em função do pouco tempo de convivência entre as plantas. Já aos 60 DAE, o tempo de convivência entre as plantas foi maior, o que resultou na maior diferença na altura da soja, que cresceu mais nas maiores populações de plantas individuais do milho (Figura 1).

A altura média de planta de soja em competição com touceiras de milho voluntário variou com o aumento da população aos 30 e 60 DAE (Figura 2). Quando o milho foi originado de touceiras o acréscimo na altura da soja foi de 9,3% aos 30 DAE e 45,4% aos 60 DAE em função do aumento de 0 para 12 touceiras m^{-2} . Aos 60 DAE a altura média de planta de soja foi maior pelo tempo de convivência entre as plantas, em relação a soja aos 30 DAE que conviveu menos tempo com o milho (Figura 2).

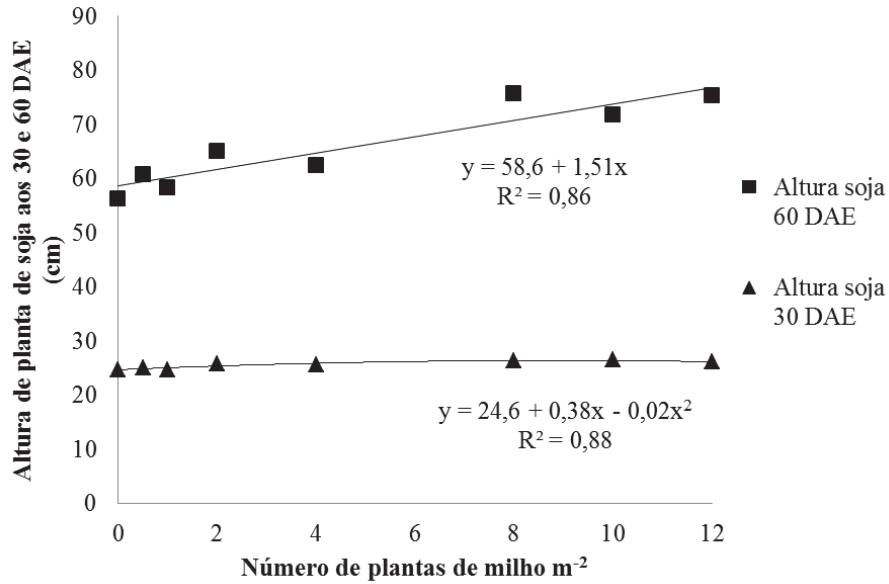


Figura 1 – Altura média de planta de soja aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) em função da competição com populações de milho voluntário RR[®] F₂ originado de plantas individuais. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

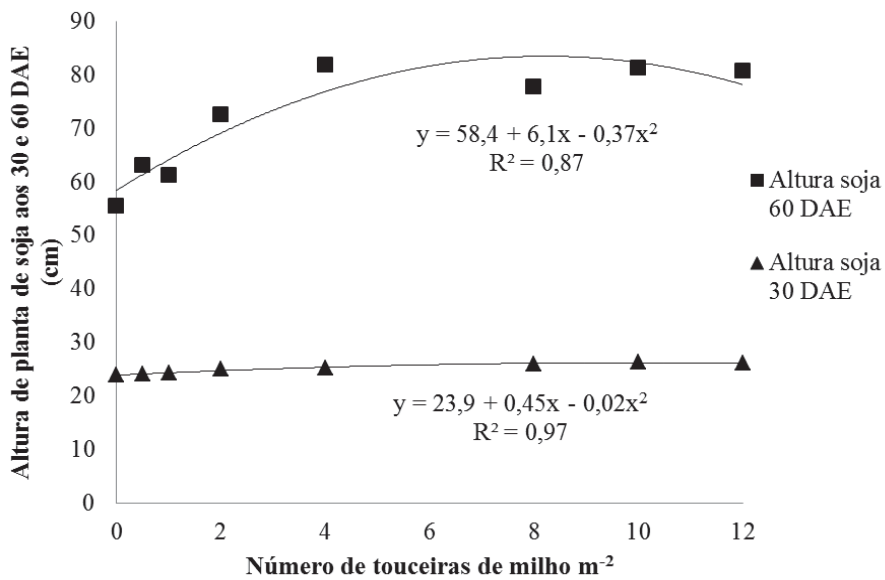


Figura 2 - Altura média de planta de soja aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) em função da competição com populações de milho voluntário RR[®] F₂ originado de touceiras. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

Quando aumentou o tempo em que as plantas conviveram, para maximizar a captação de luz a soja investiu mais recursos em crescimento da parte aérea quando a interferência foi mais intensa (Figuras 1 e 2). Aos 60 DAE, a partir de 8 plantas ou touceiras m^{-2} , houve estabilização no crescimento da soja, sendo a partir desta população que ocorreu a limitação dos recursos do ambiente, dificultando seu crescimento.

Para altura de plantas individuais de milho aos 30 e 60 DAE a variação foi pequena em função do aumento da população (Figura 3). Com o aumento da população de 0,5 para 12 m^{-2} aos 30 e 60 DAE, a altura média de planta individual de milho variou de -0,7% e 6%, respectivamente (Figura 3). Aos 30 DAE, o resultado deu-se pelo curto período em que as plantas estavam em convivência, interferindo pouco na altura (Figura 3).

Como o aumento na altura de plantas individuais de milho aos 60 DAE não foi expressiva, este resultado comprova que as plantas sofreram com a competição intra e interespecífica em função do aumento na população, ou atingiram a sua máxima altura (Figura 3).

A altura de touceiras de milho variou com o aumento da população. Com o aumento de 0,5 para 12 touceiras m^{-2} , a altura média de touceira de milho reduziu em 5,7% e 3,8% aos 30 e 60 DAE, respectivamente (Figura 4). Este resultado é devido a elevada competição intraespecífica entre as touceiras do milho na maior população, limitando o acesso a recursos do ambiente e limitando o crescimento.

A altura do milho aos 30 DAE aumentou até a população de 4 plantas ou touceiras m^{-2} . A partir de 8 plantas ou touceiras m^{-2} , a altura do milho reduziu (Figuras 3 e 4). Aos 60 DAE plantas individuais de milho tiveram acréscimo em sua altura, enquanto que touceiras tiveram redução em função do aumento da população (Figuras 3 e 4).

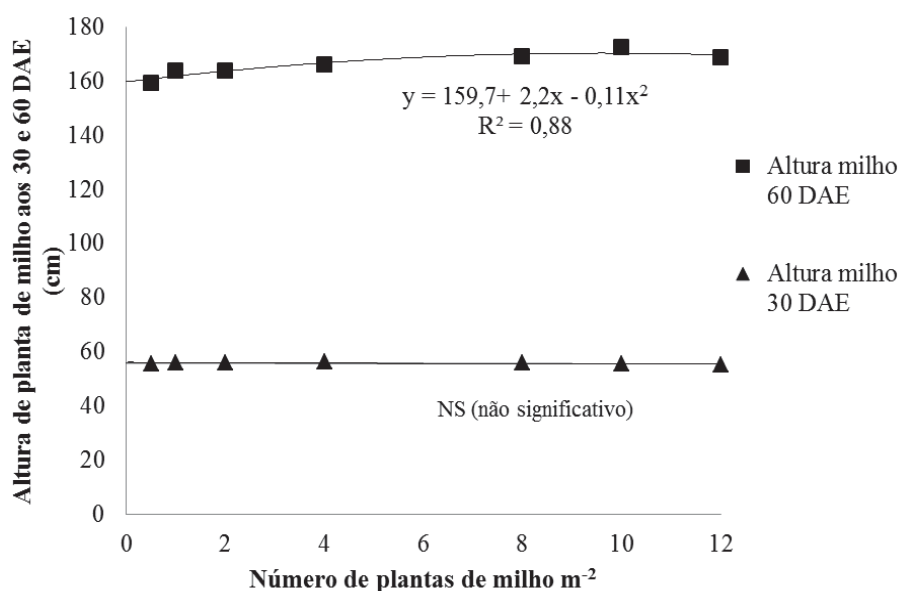


Figura 3 - Altura média de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂ aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) em função da população. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

Segundo Radosevich et al. (1997) à medida que aumenta a densidade e ocorre o desenvolvimento das plantas daninhas, intensifica-se a competição inter e intraespecífica, de modo que as plantas daninhas mais altas e desenvolvidas tornam-se dominantes.

A altura das plantas é uma importante característica competitiva das plantas de soja (NOGUCHI & NAKAYAMA, 1978).

Segundo Durigan et al. (1983), a população e o porte das plantas daninhas são fatores que afetam a altura da soja. Em conformidade com os autores, os resultados do presente trabalho reforçam que a altura da soja foi influenciada pela competição com populações do milho (Figuras 1 e 2). Ao analisar a altura média das plantas individuais de milho em relação a soja, nota-se nas datas avaliadas que o milho tem altura muito superior a soja, sendo 118% aos 30 DAE e 153% aos 60 DAE. Em função de a soja ter sido estimulada a crescer mais em competição com touceiras, as diferenças na altura foram menores, sendo 126,2% aos 30 DAE e 116,5% aos 60 DAE (Figuras 1 a 4).

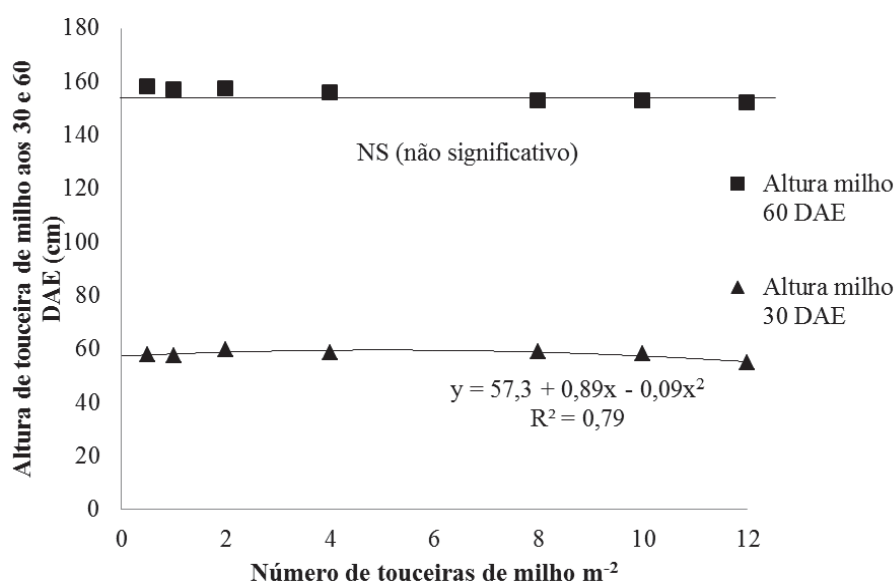


Figura 4 - Altura média de touceira de milho voluntário RR[®] F₂ aos 30 e 60 dias após a emergência (DAE) em função da população. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

A altura costuma conferir maior habilidade competitiva para a soja e correlaciona-se positivamente com o rendimento de grãos, pois tem relação com a maior quantidade de massa seca produzida, visto que a fitomassa produzida representa reserva potencial da planta para investir nas estruturas reprodutivas e em grãos (DYBING, 1994). No entanto, a maior altura das plantas de milho (Figuras 3 e 4) garantiram vantagem na captação da luz, sombreando a soja (Figuras 1 e 2).

De acordo com Balare & Casal (2000), alterações na qualidade e intensidade da luz afetam o desenvolvimento das plantas cultivadas. Plantas daninhas refletem luz em determinado comprimento de onda que estimula o crescimento da cultura na busca do máximo da radiação disponível (RADOSEVICH et al., 1997).

A massa seca (MS) da parte aérea da soja no estágio R 5.3 reduziu de forma quadrática com o aumento da população de plantas individuais de milho (Figura 5). O milho voluntário interferiu negativamente no acúmulo de MS da parte aérea da soja mesmo em população inferior a uma planta m^{-2} (Figura 5). Com a população de 0,5 e 12 plantas individuais m^{-2} , a redução na MS foi de 23,3% e 71,2%, respectivamente (Figura 5).

A massa seca da parte aérea da soja no estágio R 5.3 reduziu de forma quadrática com o aumento da população de touceiras de milho (Figura 6). As touceiras do milho voluntário interferiram negativamente no acúmulo de MS da parte aérea da soja mesmo em população inferior a uma planta m^{-2} (Figura 6). Com a população de 0,5 e 12 plantas individuais m^{-2} , a redução na MS foi de 36,5% e 85,5%, respectivamente (Figura 6).

Pelo fato de cada touceira de milho apresentar em média 7 plantas, este maior número de plantas por área intensificou a competição intra e interespecífica em relação a plantas individuais. A competição com populações de 2 e 12 plantas individuais m^{-2} reduziu o acúmulo de MS da soja em 33,4% e 71,2%, respectivamente, enquanto que competindo com touceiras reduziu em 61,3% e 85,5% (Figuras 5 e 6).

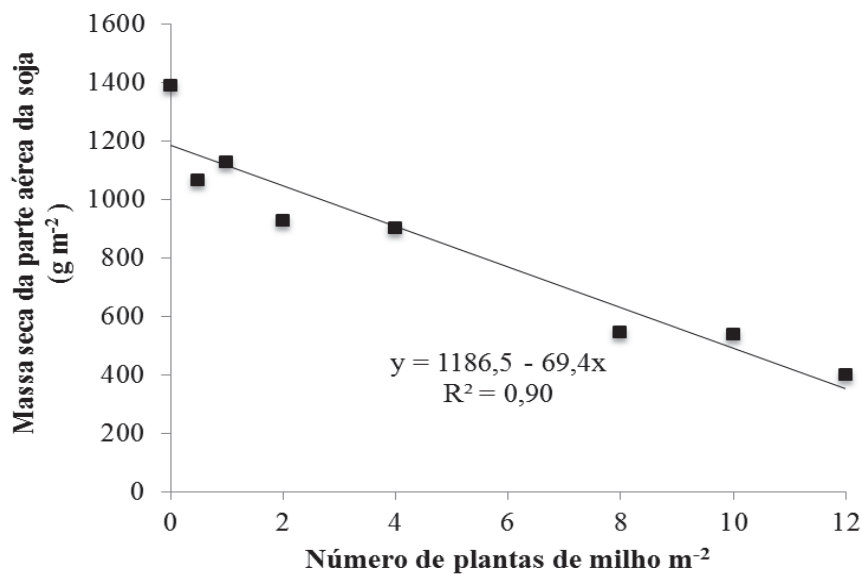


Figura 5: Massa seca (MS) da parte aérea da soja m^{-2} no estádio R5.3 em função da população de milho voluntário RR[®] F₂ originado de plantas individuais. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

A partir de 4 touceiras e 8 plantas individuais m^{-2} as perdas na MS da soja se estabilizaram, indicando a intensa competição intraespecífica entre o milho por recursos do ambiente (Figuras 5 e 6).

A porcentagem de perdas na MS varia de acordo com a quantidade de recursos do ambiente disponíveis às plantas que estão

crescendo em convivência, e também com a capacidade competitiva da planta daninha em relação à soja (RIZZARDI et al., 2004).

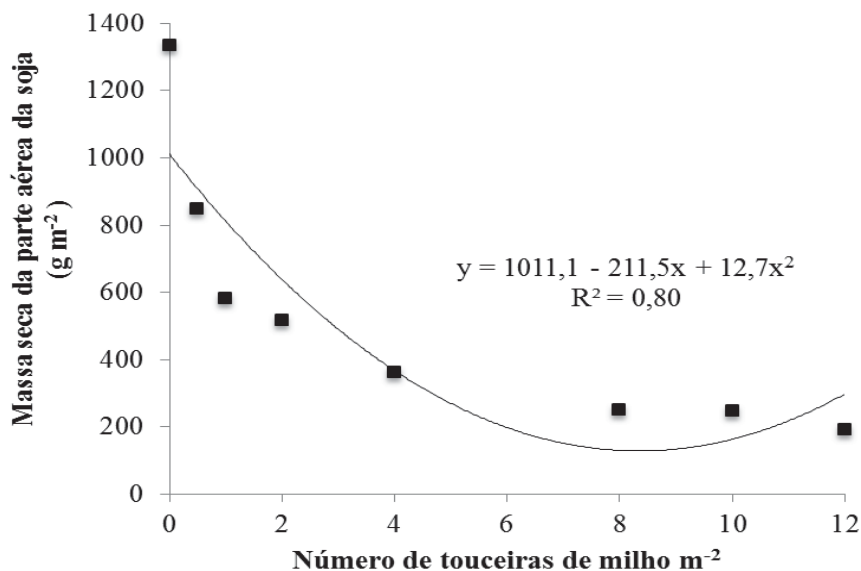


Figura 6: Massa seca (MS) da parte aérea da soja m⁻² no estágio R5.3 em função da população de milho voluntário RR[®] F₂ originado touceiras. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

A partir dos resultados das Figuras 5 e 6, é possível verificar que a capacidade competitiva do milho é superior a da soja, podendo ser observada esta diferença até mesmo em população inferior a 1 planta ou touceira m⁻². No entanto, fica claro que onde o milho foi originado de touceiras as perdas foram mais intensas.

A perda no rendimento de grãos da soja variou em função da competição com populações de plantas individuais de milho voluntário (Figura 7). Foram verificadas perdas no rendimento de grãos da soja na ordem de 22,2%, 36,5% e 53,9% em populações de 0,5, 1 e 2 plantas individuais m⁻², respectivamente. Perdas superiores a

80% foram observadas a partir da população de 8 plantas individuais m^{-2} , se estabilizando a partir desta população.

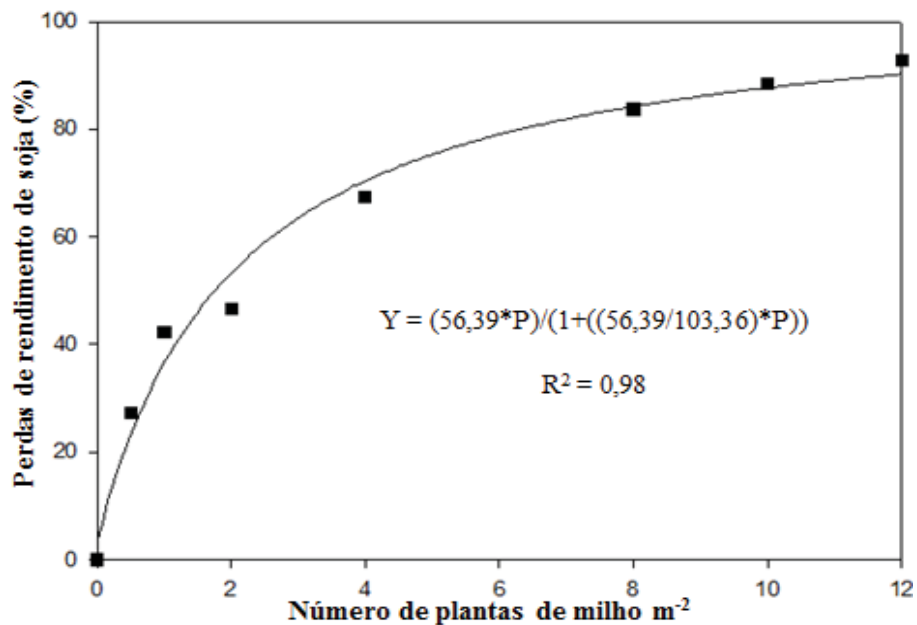


Figura 7 - Perdas percentuais no rendimento de grãos da soja em função da interferência de populações de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

A perda no rendimento de grãos da soja variou em função da competição com touceiras de milho voluntário (Figura 8). População de 0,5 touceiras m^{-2} reduziu o rendimento de grãos da soja em 46,4% (Figura 8). Touceiras de milho em populações de 1 e 2 m^{-2} , reduziram o rendimento da soja de 64,5% e 80,3%, respectivamente (Figura 8). A partir de 4 touceiras de milho m^{-2} as perdas no rendimento de grãos da soja foram superiores a 90% (Figura 8).

A partir de 8 touceiras m^{-2} , a soja não produziu grãos (Figura 8). Milho originado de touceiras causou maiores perdas no rendimento por apresentarem maior número de plantas em um mesmo

estádio e, dessa forma com maior competitividade pelos recursos do ambiente (Figura 8).

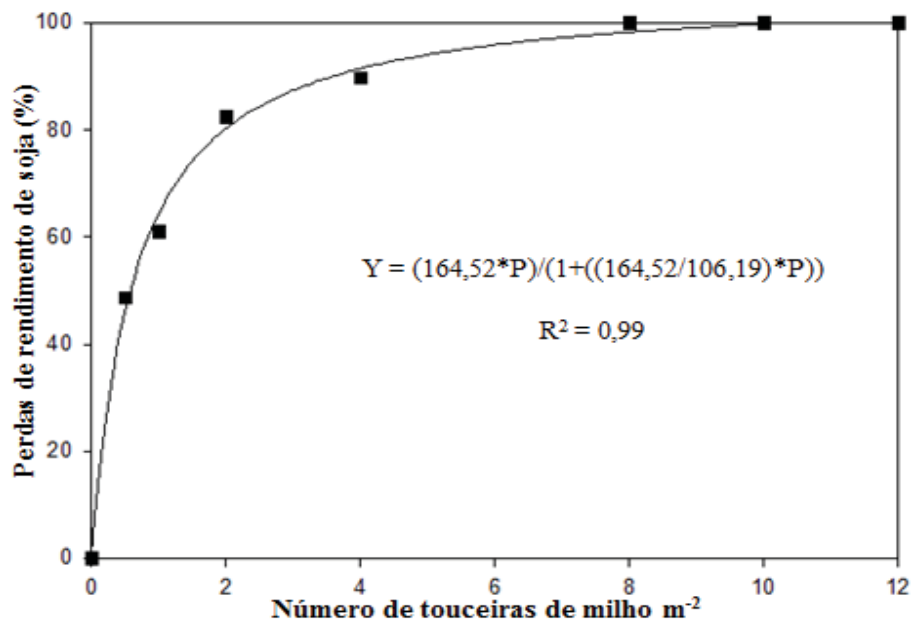


Figura 8 - Perdas percentuais no rendimento de grãos da soja em função da interferência de populações de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

Conforme a população de plantas é aumentada, o potencial de fornecimento de recursos pelo ambiente se torna limitante, isto é, o rendimento passa a se tornar independente da densidade de plantas a partir de determinado nível de infestação (RADOSEVICH et al., 1997). A partir das populações de 8 plantas e 4 touceiras m⁻² houve tendência a estabilização nos efeitos da competição no rendimento de grãos da soja (Figuras 7 e 8). A estabilização deveu-se provavelmente pela limitação no fornecimento de recursos do ambiente em função da elevada competição inter e intraespecífica.

O incremento na população de plantas voluntárias de milho aumentou as perdas no rendimento de grãos da soja, no entanto, as perdas ocorridas não foram lineares tendendo a ser funções hiperbólicas. A perda não linear ocorre pelo fato de cada planta adicionada, principalmente em populações elevadas, apresentar menor impacto relativo no rendimento da cultura que cada planta adicionada em populações relativamente baixas. Provavelmente este tipo de relação entre população e rendimento da cultura é devido a disponibilidade limitada de recursos do ambiente (RADOSEVICH et al., 1997).

De acordo com Gazziero et al. (2005), as perdas na soja devido a competição com plantas daninhas quando não manejadas adequadamente podem chegar a 80%. O milho voluntário competindo com a soja demonstrou ter potencial de causar perdas significativas na soja se não for bem manejado (Figuras 7 e 8). Populações de 8 plantas individuais e 2 touceiras m^{-2} causam perdas superiores a 80% no rendimento de grãos da soja, comprovando a importância em manejar o milho mesmo em baixas populações (Figuras 7 e 8).

A competição com plantas daninhas afeta diversos componentes de rendimento da cultura da soja, reduzindo a quantidade e qualidade da produção (SILVA et al., 2008).

O número médio de grãos por planta reduziu com o aumento da população de plantas individuais de milho (Figura 9). Nas populações de 0,5 e 1 planta m^{-2} , o número médio de grãos por planta reduziu em 20% e 51,6%, respectivamente. Comparando a população de 12 plantas m^{-2} com o tratamento sem milho, a diferença no número de grãos foi de 229,8%.

A competição com plantas individuais de milho reduziu o número médio de grãos por planta de soja até a população de 8 m⁻². A partir da população de 8 m⁻² as perdas foram menos intensas (Figura 9). A competição intraespecífica do milho devido a elevada população e a limitação em fornecimento de recursos pelo ambiente é o que pode explicar a estabilização das perdas no número médio de grãos por planta da soja.

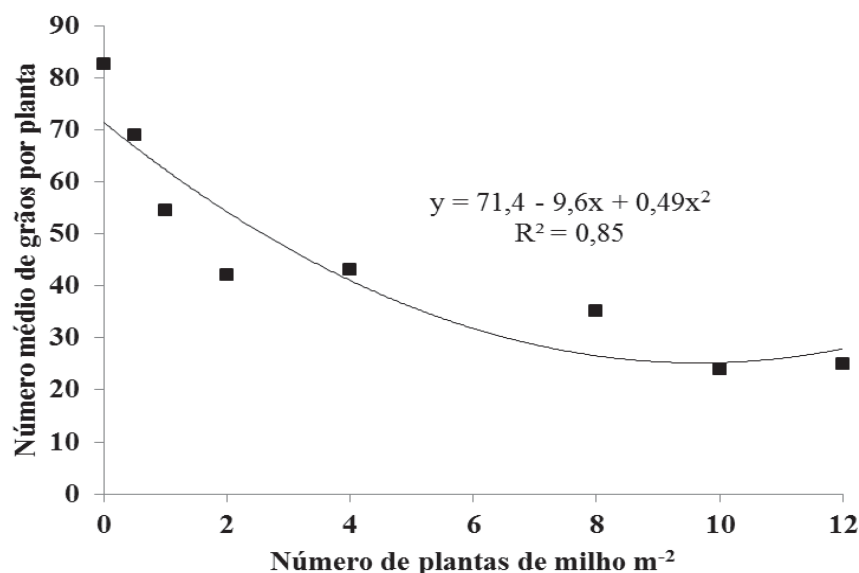


Figura 9: Número médio de grãos por planta de soja em função da população de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

O número médio de grãos por planta diminuiu em função da competição com populações de touceiras de milho, com redução de 40,6% e 206,6% no número de grãos nas populações de 0,5 e 4 e touceiras m⁻², respectivamente (Figura 10).

A competição por recursos do ambiente exercida por touceiras foi tão intensa chegando ao ponto de suprimir a soja, que

não obteve recursos suficientes do ambiente para produzir grãos a partir da população de 8 m⁻² (Figuras 8 e 10). Por esse motivo, os valores expressos são zero (Figura 10).

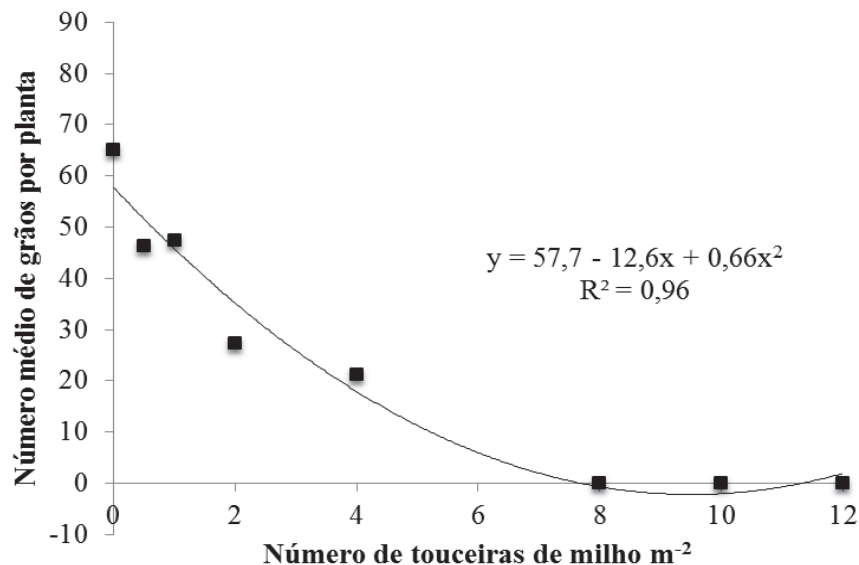


Figura 10: Número médio de grãos por planta de soja em função da população de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

Efeitos da competição de plantas daninhas sobre as culturas comprometem o desenvolvimento de estruturas reprodutivas e, conseqüentemente, afetam os componentes da produtividade de grãos (LAMEGO et al., 2005). Dentre estes, em soja, o número de legumes é o mais responsivo a alterações causadas pelo estresse da competição entre espécies concorrentes, enquanto o número de grãos por legume e o peso do grão possuem maior controle genético individual, mostrando pequena amplitude de variação por causa do ambiente (BOARD et al., 1995).

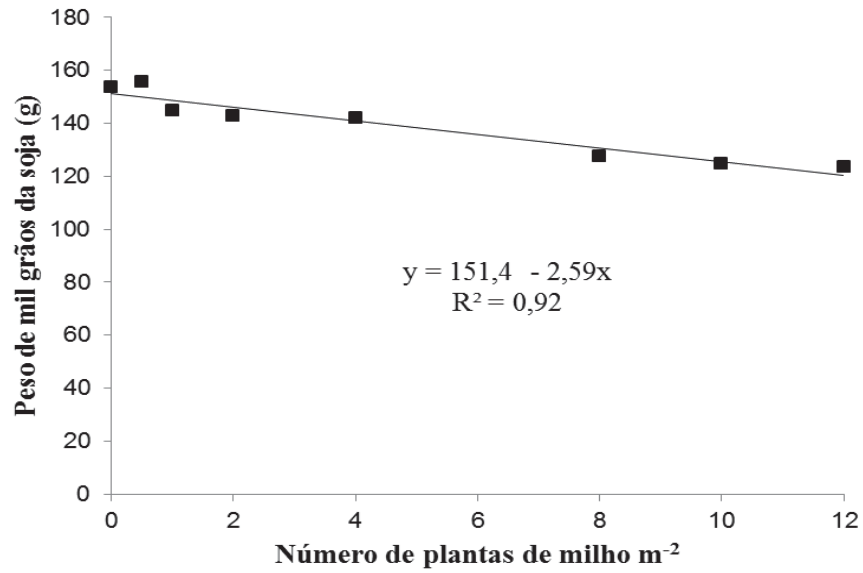


Figura 11: Peso de mil grãos (PMG) da soja em função da população de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

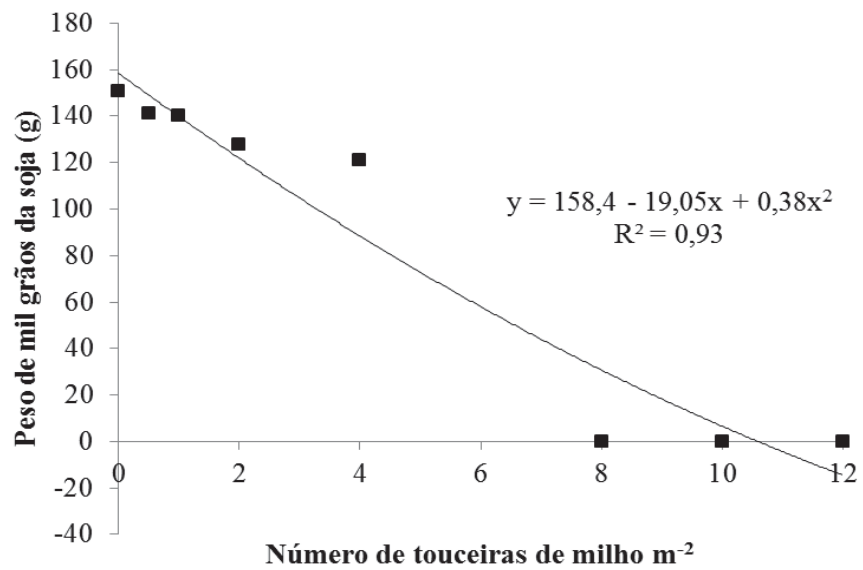


Figura 12: Peso de mil grãos (PMG) da soja em função da população de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

O peso de mil grãos (PMG) diminuiu com o aumento da competição com populações de plantas individuais do milho (Figura 11). Com 1 planta m^{-2} , a redução foi de 6,1%. A redução máxima observada no PMG foi de 24,3%, com a população de 12 plantas m^{-2} .

Para touceiras o peso de mil grãos (PMG) também reduziu com o aumento na população do milho. Com 1 touceira m^{-2} , a redução foi de 7,5%, sendo a máxima observada com a população de 4 touceiras m^{-2} (Figura 12). A partir dessa população não houve produção de grãos suficiente para ser determinado o PMG de forma representativa (Figura 12). O peso do grão possui maior controle genético individual, mostrando pequena amplitude de variação por causa do ambiente (BOARD et al., 1995).

CONCLUSÕES

A competição do milho voluntário RR[®] F₂ com a soja interfere negativamente nos componentes do rendimento e reduz significativamente o rendimento de grãos da soja.

Mesmo em baixas populações de plantas e touceiras de milho voluntário RR[®] F₂ como 0,5 e 1 m^{-2} , a competição causa expressivas perdas no rendimento de grãos da soja, justificando a adoção de medidas para seu controle.

CAPÍTULO II

IMPACTO DA ORIGEM E DA EMERGÊNCIA RELATIVA DO MILHO VOLUNTÁRIO NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA

RESUMO – Transgenias que conferem resistência ao herbicida glifosato, inseridos nas culturas da soja e do milho, alteraram o manejo de plantas daninhas, concentrando o controle no uso de um único herbicida. O cultivo do milho RR[®] sucedido pela soja RR[®] aumentou a ocorrência de plantas voluntárias de milho interferindo na cultura da soja. Objetivou-se avaliar o impacto de origens do milho voluntário RR[®] F₂ e da sua emergência relativa nos componentes do rendimento e no rendimento de grãos da soja RR[®]. No experimento utilizou-se plantas individuais e touceiras de milho voluntário RR[®] F₂. Também foram estudadas três épocas relativas de emergência do milho em relação a soja: 10 dias antes, mesmo dia e 10 dias após. O rendimento de grãos da soja diminuiu nas três épocas relativas de emergência, porém em intensidades distintas. Quanto mais cedo o milho voluntário emergiu, maiores foram as perdas no rendimento de grãos da soja. Perdas mais intensas no rendimento de grãos da soja foram observadas quando o milho foi originado de touceiras.

Palavras-chave: sucessão milho/soja, perdas na colheita, plantas individuais, touceiras.

**IMPACT OF ORIGIN AND EMERGENCY TIME OF
VOLUNTEER CORN IN RR[®] SOYBEAN YIELD**

ABSTRACT - Transgenias that confer resistance to the herbicide glyphosate, inserted into the soybean and corn, altered weed management, concentrating control in the use of a single herbicide. The corn crop RR[®] succeeded by RR[®] soybean increased the occurrence of volunteer corn plants interfering in soybeans. The objective this study was to evaluate the impact of origins of volunteer corn RR[®] F₂ and their relative emergency time in yield components and grain yield of RR[®] soybean. In the experiment it was used individual plants and clumps from volunteer corn RR[®] F₂. Were also studied three seasons for emergency of volunteer corn compared to soybeans: 10 days before, the same day and 10 days after. The yield of soybeans decreased in three emergency concerning times, but in different intensities. The sooner the volunteer corn emerged, were major losses in yield of soybeans. More intense losses in yield of soybeans were observed when corn originated from clumps.

Key words: succession corn/soybean, crop losses, individual plants, clumps.

INTRODUÇÃO

Em ecossistemas agrícolas, a cultura e as plantas daninhas possuem demandas similares por água, nutrientes e CO₂. Na maioria das vezes, um ou mais desses fatores de crescimento estão disponíveis em quantidades insuficientes até mesmo para o próprio desenvolvimento da cultura, o que, estabelece a competição. A presença de plantas daninhas em lavouras afeta significativamente o desenvolvimento das culturas e reduz o rendimento de grãos (RADOSEVICH et al., 1997).

O grau de interferência depende da época e do tempo em que a cultura e as plantas daninhas permanecem juntas, das condições edafoclimáticas e do manejo utilizado (SILVA et al., 2009). Além dos fatores descritos por Silva et al. (2009), é possível que a época relativa de emergência, a origem e população de plantas voluntárias do milho interfiram no rendimento de grãos da soja (MARQUARDT et al., 2012).

No início do ciclo de desenvolvimento, a cultura e as plantas daninhas convivem por um determinado período sem que estas venham a afetar o rendimento da cultura (SILVA et al., 2009). Dessa forma, plantas com potencial de estabelecimento rápido, serão mais competitivas obtendo acesso preferencial aos recursos do ambiente (LAMEGO et al., 2004). A habilidade competitiva de uma planta refere-se a sua capacidade de suprimir o crescimento de outra ou não alterar seu crescimento sob competição, evitando a supressão (GOLDBERG & LANDA, 1991).

Além da população, diferentes épocas relativas de emergência das plantas afetam significativamente a habilidade competitiva das espécies envolvidas, ou seja, as primeiras plântulas a emergirem provavelmente apresentarão maior crescimento porque adquirem vantagem de acesso aos recursos do ambiente (O'DONOVAN et al., 1985). As plantas daninhas que emergem mais tarde do que a cultura, em geral exercem menor impacto sobre o rendimento, pois grande parte da interferência somente ocorre após a definição dos componentes do rendimento da cultura (VANDEVENDER et al., 1997).

Kropf & Lotz (1992) demonstraram que diferenças na população de plantas daninhas representaram 13% da variação constatada, enquanto diferenças entre épocas de emergência da cultura e das infestantes explicaram 96% da variação verificada na perda de rendimento de beterraba açucareira. O'Donovan et al. (1985), observaram que para cada dia que a aveia silvestre emergiu antes da cevada ou do trigo, a perda de rendimento aumentou em 3%. Assim, população de plantas daninhas e as épocas relativas de emergência entre a cultura e as plantas daninhas definem as relações de competição entre elas (SILVA et al., 2009).

Transgenias que conferem resistência ao herbicida glifosato inseridas nas culturas da soja e do milho alteraram a forma de manejar plantas daninhas. Dessa forma o glifosato passou a ter predominância dentro do sistema produtivo. Cultivo em sucessão soja RR[®] após milho RR[®] favoreceu para a maior ocorrência de plantas voluntárias de milho com reflexos negativos na cultura da soja. Nesta situação o milho é considerado planta daninha.

As perdas na colheita do milho ocorrem na forma de grãos individuais, espigas inteiras ou pedaços de espigas com vários grãos de milho no mesmo ponto, originando as plantas individuais e as touceiras de milho RR[®] F₂, respectivamente (BECKETT & STOLLER, 1988).

Plantas voluntárias de milho RR[®] competem com a cultura da soja por recursos do ambiente, crescem mais rapidamente em relação à soja e causam o sombreamento da soja ao longo do ciclo de desenvolvimento (BERNARDS et al., 2010). A competição exercida pelo milho voluntário interfere nos componentes de rendimento e reduz o rendimento de grãos da soja, contribuindo para o aumento do custo de produção pela necessidade da adoção de herbicidas específicos para seu manejo (MARQUARDT et al., 2012). Além disso, dificulta a colheita e contamina os grãos da soja (DEEN et al., 2006), servindo de hospedeiro para pragas e patógenos (NEPOMUCENO et al., 2007).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de origens e épocas relativas de emergência do milho voluntário RR[®] F₂, no rendimento de grãos e nos componentes do rendimento da soja RR[®].

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo, no Centro de Pesquisa e Extensão Agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, na safra 2013/2014.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial, no qual o fator 1

consistiu de duas origens do milho voluntário RR[®] F₂: planta individual e touceira; e o fator 2 de três épocas de emergência do milho em relação a soja: 10 dias antes (-10), junto (0) e 10 dias após (10).

O Experimento foi implantado no sistema de semeadura direta, em área com restos culturais de aveia-preta e azevém previamente controlados com os herbicidas cletodim 76,2 g i.a. ha⁻¹ e glifosato 720 g e.a. ha⁻¹. A soja foi adubada com 5,6 kg ha⁻¹ de N, 78,4 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50,4 kg ha⁻¹ de K₂O. As sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, e tratadas com inseticidas e fungicidas.

O híbrido de milho AG 8088 PRO₂[®] foi colhido na safra 2012/2013, que, após armazenamento na forma de espigas, deu origem a população F₂ utilizada no experimento.

As sementes individuais e touceiras do milho voluntário foram distribuídas aleatoriamente e após enterradas manualmente a aproximadamente 3,5 cm de profundidade em parcelas de 17,5 m² (3,5 x 5 m). A população de milho utilizada foi de 9 plantas individuais ou touceiras m⁻². Cada touceira constituiu-se de parte de uma espiga contendo em média 7 plantas. As datas de semeadura e emergência do milho foram as seguintes: a) Época -10: semeadura 16 de novembro de 2013, emergindo dia 22 de novembro de 2013; b) Época 0: semeadura 26 de novembro de 2013, emergindo dia 02 de dezembro de 2013; c) Época +10: semeadura 06 de dezembro de 2013, emergindo dia 12 de dezembro de 2013.

Imediatamente após a semeadura do milho no dia 26 de novembro de 2013, a soja cultivar BMX Turbo RR[®] foi semeada

mecanicamente objetivando população de 300.000 plantas ha⁻¹, distribuídas em espaçamento entrelinhas de 50 cm. A soja emergiu no dia 02 de dezembro de 2013.

Para evitar a interferência de outras plantas daninhas, foram realizadas pulverizações com o herbicida glifosato, na dose de 720 g e.a. ha⁻¹, de acordo com a necessidade ao longo do ciclo da cultura. Pragas e doenças foram controladas preventivamente.

Aos 30 e 62 dias após a emergência (DAE) da soja fez-se a avaliação da altura da soja e do milho em 10 plantas aleatórias por unidade experimental. A altura da soja foi determinada a partir da superfície do solo até o ápice do último trifólio expandido. O milho foi medido da superfície do solo até o ápice da última folha completamente expandida, com a base da bainha sem se tocar. Quando o milho era touceira, a altura considerada foi a média de cada touceira.

O índice de área foliar (IAF) foi avaliado no estágio R₂ da soja (florescimento pleno). Foram coletadas dez plantas de soja por parcela. No laboratório foram destacadas as folhas sem o pecíolo e em seguida foi determinada a área foliar com auxílio do planímetro eletrônico e, posteriormente foi calculado IAF da soja.

A massa seca (MS) da parte aérea da soja foi quantificada no estágio R₂ (florescimento pleno) da soja. Para tal colheu-se a parte aérea de dez plantas de soja que posteriormente foram secas em estufa a 60 °C até peso constante. Com o valor obtido na pesagem das dez plantas foi estimada a MS da soja da parte aérea da soja m⁻² por regra de três simples, visto que, a amostra coletada equivale a 0,33 m².

A contagem do número de legumes e grãos por planta deu-se em dez plantas por parcela, coletadas aleatoriamente no mesmo dia da colheita.

Os grãos foram colhidos através da colheita de cinco metros de comprimento das três linhas centrais das parcelas, perfazendo área de 7,5 m². Após a colheita o material foi trilhado, pesado e determinada a umidade dos grãos. Após a correção da umidade para 13%, estimou-se o rendimento de grãos por hectare.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e sendo significativos, foram comparados pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura da soja, aos 30 dias após a emergência (DAE), variou em função da competição com as origens e com as épocas relativas de emergência do milho, mas sem interação entre os fatores (Tabela 1).

A soja que esteve em competição com touceiras de milho teve a maior altura média em relação a plantas individuais. A maior intensidade de dano deu-se em função de as touceiras terem maior número de plantas por área, estimulando o maior crescimento das plantas de soja em busca de luz.

Dentre as épocas relativas de emergência do milho, as maiores alturas da soja foram observadas quando o milho emergiu dez dias antes e junto com a soja (Tabela 1). Nessas condições, a soja

emergiu sob intensa competição com o milho, sendo estimulada a crescer em busca de recursos.

Tabela 1 – Altura de planta de soja (cm) aos 30 dias após a emergência (DAE) em função da competição com origens de milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja			Média
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após	
Plantas individuais	20,8	20,1	19,5	20,1 b ²
Touceiras	24,5	22,4	19,0	23,4 a
Média	² A 22,6	AB 21,2	B 19,2	
³ CV %	7,8			

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja.

²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); ³CV: coeficiente de variação (%).

A altura da soja, avaliada aos 62 DAE indicou interação de origens e épocas de emergência relativas (Tabela 2). A altura da soja não variou entre as épocas quando a competição ocorreu com plantas individuais de milho; porém quando a mesma ocorreu com touceiras a maior redução na altura de soja foi observada naquela situação em que o milho emergiu dez dias antes da soja (Tabela 2). Nesta época de emergência, a maior redução na altura da soja ocorreu quando o milho foi oriundo de touceiras.

Para a soja em competição com touceiras de milho emergidas dez dias antes os recursos foram limitantes ao ponto de reduzir o crescimento (Tabela 2). A população e altura das plantas daninhas são fatores que afetam na altura da soja (DURIGAN et al.,

1983). Morfologicamente, plantas de uma cultura serão mais altas quanto maior for a competição com as daninhas, desde que a competição interespecífica não limite o crescimento da cultura (CARVALHO et al., 2010).

Tabela 2 – Altura de planta de soja (cm) aos 62 dias após a emergência (DAE) em função da competição com origens de milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja		
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após
Plantas individuais	² A 110 a ²	A 118 a	A 108 a
Touceiras	B 96 b	A 119 a	A 111 a
³ CV %	4,9		

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja.

²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); ³CV: coeficiente de variação (%).

Para a altura média do milho, aos 20 DAE, observou-se somente efeito de épocas de emergência, sem interação dos fatores avaliados (Tabela 3). As maiores alturas do milho foram observadas quando a emergência ocorreu dez dias antes da soja, seguido pelo milho emergido no mesmo dia e dez dias após a soja (Tabela 3). As diferenças na altura média do milho foram devidas ao tempo de desenvolvimento em dias que o milho emergido dez dias antes teve em relação às demais (Tabela 3).

Tabela 3 – Altura de planta de milho (cm) aos 30 dias após a emergência (DAE) em função da competição com origens do milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja			Média
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após	
Plantas individuais	68	46	20	45 ^{ns}
Touceiras	64	38	22	42
Média	² A 66	B 42	C 21	
³ CV %	11,5			

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja. ²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); ³CV: coeficiente de variação (%).

Para a altura do milho, aos 62 DAE, foram observadas diferenças entre épocas de emergência, sem o efeito simples de origem do milho e da interação dos fatores (Tabela 4).

As maiores alturas do milho foram obtidas quando o milho emergiu dez dias antes e no mesmo dia da soja (Tabela 4). As diferenças na altura do milho são devidas ao tempo de emergência, onde, o milho que emergiu primeiro teve acesso prioritário aos recursos do meio e teve maior tempo para seu crescimento.

Dentre as variáveis que aumentam a capacidade competitiva da soja com plantas daninhas está a altura de plantas (BENNETT & SHAW, 2000). Maior habilidade na competição por recursos do meio com plantas daninhas, principalmente no estágio vegetativo, gera vantagens na busca por fotoassimilados e favorece o período reprodutivo das culturas (LAMEGO et al., 2004).

Tabela 4 – Altura de planta de milho (cm) aos 62 dias após a emergência (DAE) em função da competição com origens do milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja			Média
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após	
Plantas individuais	192	192	153	179 ^{ns}
Touceiras	178	175	154	169
Média	² A 185	A 184	B 154	
³ CV %	7,1			

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja.

²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); ³CV: coeficiente de variação (%).

A maior altura do milho em relação a soja nas épocas estudadas, conferiu vantagem competitiva de acesso aos recursos do ambiente, principalmente por luz. Alterações na densidade de fótons e qualidade da luz (R/FR) evidenciam o papel fundamental da luz na modificação morfológica adaptativa estratégica das plantas (BALARE, 2009). O sombreamento das plantas, detectado pela elevada radiação vermelho extremo faz com que elas aloquem maior disponibilidade de recursos para investimento no crescimento da parte aérea, afetando o desenvolvimento do seu sistema radical e, nesse sentido, comprometendo a disputa por recursos do solo (RAJCAN & SWANTON, 2001).

Para o IAF observaram-se diferenças entre origens, épocas e para a interação dos fatores (Tabela 5). Para a soja competindo com plantas individuais de milho não houve diferença do IAF entre as épocas.

Para a soja em competição com touceiras de milho houve diferença entre épocas, sendo a mais prejudicada quando as touceiras emergiram dez dias antes, tendo um IAF 190% e 320% inferior ao milho emergido no mesmo dia e 10 dias após a soja, respectivamente (Tabela 5). As touceiras emergidas 10 dias antes tiveram acesso prioritário aos recursos do ambiente, impedindo a adequada disponibilidade destes a soja, chegando ao ponto de suprimir seu desenvolvimento.

Touceiras de milho emergidas dez dias antes causaram as maiores perdas no IAF da soja em relação a plantas individuais, reduzindo em média 250% o IAF. Apesar de não ter havido diferença estatística no IAF da soja entre as origens quando touceiras emergiram no mesmo dia e dez dias após, o IAF da soja reduziu em 17,2% e 16,7% em relação a plantas individuais, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 – Índice de área foliar (IAF) no estágio R₂ da soja em função da competição com origens do milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja		
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após
Plantas individuais	² A 3,5 a ²	A 3,4 a	A 4,9 a
Touceiras	B 1,0 b	A 2,9 a	A 4,2 a
³ CV %	21		

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja.

²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ³CV: coeficiente de variação (%).

O IAF define a habilidade do dossel em interceptar a radiação fotossinteticamente ativa, sendo fator determinante no acúmulo de massa seca pelas plantas (SILVA et al., 2008).

Para a massa seca da parte aérea da soja as diferenças ocorreram entre origens e épocas de emergência, sem efeitos da interação dos fatores avaliados (Tabela 6). Onde a soja competiu com touceiras, a MS foi em média 59% inferior quando comparado com plantas individuais. Quanto mais cedo o milho emergiu, maiores foram as perdas na MS da soja. Comparando soja em competição com plantas individuais emergidas dez dias após e dez dias antes, a redução foi de 101,3% na MS, enquanto que quando a soja esteve em competição com touceiras a redução foi de 557,6%. Estes valores demonstram a maior capacidade competitiva de touceiras de milho, provavelmente devido ao maior número de plantas por área, chegando ao ponto de suprimir o acúmulo de MS da soja.

A porcentagem de perdas na MS varia de acordo com a quantidade de recursos do ambiente disponíveis às plantas que estão crescendo em convivência, e também com a capacidade competitiva da planta daninha em relação à soja (RIZZARDI et al., 2004).

O milho voluntário tem elevada capacidade competitiva em relação a soja, e ao emergir antes da soja foi mais beneficiado por ter acesso prioritário aos recursos do ambiente, dificultando a disponibilidade destes à soja e chegando ao ponto de suprimir a cultura (Tabela 6).

Tabela 6 – Massa seca da parte aérea da soja (MS) gramas m⁻² no estágio R₂ em função da competição com origens do milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja			Média
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após	
Plantas individuais	152	180	306	213 a ²
Touceiras	33	153	217	134 b
Média	² C 92	B 166	A 262	
³ CV %		31,4		

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja.

²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ³CV: coeficiente de variação (%).

Para o número de legumes por planta houve diferença significativa entre origens e épocas de emergência, não havendo interação dos fatores avaliados (Tabela 7). Soja competindo com touceiras teve a maior redução no número de legumes em relação a soja em competição com plantas individuais. Comparando as perdas médias causadas pela competição de touceiras a plantas individuais, o número de legumes reduziu em 77,8%, comprovando as maiores perdas causadas pela competição exercida por touceiras.

Quando o milho emergiu dez dias antes e no mesmo dia que a soja ocorreram as maiores perdas no número de legumes. Em relação ao milho emergido dez dias antes e dez dias após a soja a variação média foi de 85% no número de legumes por planta. Estes valores demonstram que o milho emergido dez dias antes e no mesmo dia que a soja causa perdas no número de legumes, este que é importante componente do rendimento de grãos da soja. Quando o

milho emergiu dez dias após a soja, a perda no número médio de legumes por planta foi menor pelo fato de a soja ter obtido acesso prioritário aos recursos do ambiente, e dessa forma, sofrendo menores impactos pela competição exercida pelo milho.

Tabela 7 – Número de legumes por planta de soja em função da competição com origens do milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja			Média
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após	
Plantas individuais	15	14	19	16 a ²
Touceiras	5	5	18	9 b
Média	² B 10	B 9,5	A 18,5	
³ CV %		28		

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja.

²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); ³CV: coeficiente de variação (%).

O número de grãos por planta diferiu entre origens e épocas de emergência, não havendo interação entre os fatores (Tabela 8). A competição de touceiras de milho com a soja reduziu mais intensamente o número de grãos por planta em relação a soja em competição com plantas individuais de milho. A redução causada pela competição de touceiras em relação a plantas individuais no número de grãos por planta foi de 100%.

Quando o milho emergiu dez dias antes e no mesmo dia que a soja ocorreram as maiores perdas no número de grãos da soja (Tabela 8). A variação média no número de grãos por planta entre milho emergido dez dias antes e dez dias após foi de 85%. Estes

resultados demonstram que o milho emergido dez dias antes e no mesmo dia que a soja causou perdas no número de grãos da soja. Quando o milho emergiu dez dias após a soja, a perda no número médio de grãos por planta foi menor pelo fato de a soja ter obtido acesso prioritário aos recursos do ambiente, e dessa forma, sofrendo menores impactos pela competição exercida pelo milho.

A competição entre culturas e plantas daninhas comprometem o desenvolvimento de estruturas reprodutivas, e dessa forma, afetam os componentes do rendimento de grãos das culturas (LAMEGO et al., 2004). Em soja, o número de legumes é o mais afetado em função da competição entre espécies, enquanto que o número de grãos por legume e o peso de grãos são mais diretamente ligados à fatores genéticos, variando pouco em função do ambiente (BOARD et al., 1995).

Tabela 8 – Número de grãos por planta de soja em função da competição com origens do milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja			Média
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após	
Plantas individuais	33	31	43	36 a ²
Touceiras	10	10	32	18 b
Média	² B 22	B 21	A 38	
³ CV %	37			

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja.

²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); ³CV: coeficiente de variação (%).

Para rendimento de grãos somente houve efeitos simples dos fatores origem e épocas de emergência (Tabela 9). Na média de

épocas de emergência, quando a soja competiu com plantas individuais de milho produziu em média 83,4% a mais em relação a competição com touceiras. Estes resultados demonstram a elevada capacidade competitiva de touceiras em relação a soja.

Dentre as épocas relativas de emergência, as maiores perdas no rendimento da soja deram-se quando o milho emergiu dez dias antes e no mesmo dia que a soja, não diferindo entre elas (Tabela 9). A soja em competição com milho emergido dez dias antes produziu em média 381,8% a menos em relação a soja em competição com milho emergido dez dias após. Já, a soja emergida no mesmo dia que o milho produziu em média 240,6% a menos em relação a soja em competição com milho emergido dez dias após (Tabela 9).

Estes resultados demonstram que se o milho emergir antes ou junto com a soja, as perdas no rendimento de grãos da soja são significativas, justificando a adoção de medidas de manejo do milho voluntário. Quando o milho emergiu após a soja, as perdas foram inferiores, pois a soja obteve acesso prioritário aos recursos e conseguiu, dessa forma competir e não ser suprimida pelo milho (Tabela 9).

Fatores e características iniciais que ofereçam alguma vantagem no crescimento são determinantes, porque é no período vegetativo que em geral se estabelecem as relações definitivas da competição entre plantas daninhas e culturas. A partir da fase inicial as plantas com habilidade competitiva superior poderão manifestar seu potencial de supressão sobre as demais (LAMEGO et al., 2005). As desvantagens competitivas da soja em relação ao milho mesmo

emergindo após, comprometem o desenvolvimento da cultura e geram perdas expressivas no rendimento de grãos da soja.

Tabela 9 – Rendimento de grãos da soja (kg ha^{-1}) em função da competição com origens do milho voluntário emergido em diferentes épocas relativas a soja. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Milho voluntário	Épocas de emergência do milho voluntário em relação a soja			Média
	10 dias antes ¹	Mesmo dia	10 dias após	
Plantas individuais	780	972	2359	1370 a ²
Touceiras	98	271	1871	747 b
Média	² B 439	B 621	A 2115	
³ CV %	27			

¹10 dias antes: emergência do milho dez dias antes da soja; Mesmo dia: emergência do milho junto com a soja; 10 dias após: emergência do milho dez dias após a soja.

²Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$); ³CV: coeficiente de variação (%).

CONCLUSÕES

Milho voluntário RR[®] F₂ emergido dez dias antes e junto com a soja causa as maiores perdas no rendimento de grãos da soja.

As maiores perdas nos componentes do rendimento e no rendimento de grãos da soja são observadas quando a soja está em competição com milho voluntário originado de touceiras.

CAPITULO III

METABOLISMO DE PLANTAS DE SOJA EM COMPETIÇÃO COM POPULAÇÕES DE MILHO VOLUNTÁRIO RR[®] F₂

RESUMO – Com a adoção da tecnologia RR[®] nas culturas da soja e milho em sistemas de cultivos sucessivos milho RR[®]/soja RR[®], estão cada vez mais comuns, plantas voluntárias de milho RR[®] F₂ originadas de perdas na colheita competindo com lavouras de soja. Através da competição exercida pelas plantas daninhas, a soja desencadeia uma série de processos fisiológicos e metabólicos, dentre eles danos oxidativos. Dessa forma, há o acionamento do metabolismo secundário de defesa em resposta aos estresses oxidativos sofridos. O objetivo do trabalho foi verificar alterações em compostos do metabolismo secundário da soja em função da competição de populações de milho voluntário RR[®] F₂ (0; 0,5; 1; 2; 4; 8; 10 e 12 plantas m⁻²), oriundas de sementes e de touceiras. Os resultados demonstraram alteração significativa nos teores de H₂O₂, com redução em função do aumento da população de milho. A atividade das enzimas APX e CAT reduziu com o aumento das populações de milho, enquanto que a atividade da SOD aumentou em função do aumento da população do milho.

Palavras-chave: estresse oxidativo, competição, touceiras.

**METABOLISM OF SOYBEAN PLANTS IN COMPETITION
WITH POPULATIONS OF VOLUNTEER CORN RR[®] F₂**

ABSTRACT – With the adoption of RR[®] technology in soybean and corn in successive crops systems corn RR[®]/soybean RR[®], is common volunteer corn plants RR[®] F₂ originated from crop losses competing with soybean crops. Through competition exerted by weeds, soybean can trigger a series of physiological and metabolic processes, including oxidative damage. Thus, there is the activation of the secondary metabolism of defense in response to oxidative stress suffered. The aim of the study was to evaluate changes in secondary metabolic compounds of soybean due to competition of eight populations of volunteer corn RR[®] F₂ (0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 10 and 12 plants m⁻²), grown from seeds and clumps. Clumps are several plants originate at one point, stemmed spikes and cuts lost in the mechanical harvesting of corn. Two experiments were conducted in the field in Passo Fundo/RS, in the 2013/2014 season. The data demonstrate a reduction in H₂O₂ levels and the activity of CAT and APX enzymes with increased corn populations, whereas SOD activity increased.

Key words: oxidative stress, competition, clumps.

INTRODUÇÃO

O cultivo sucessivo de soja após milho RR[®] favorece a ocorrência de plantas voluntárias de milho resistentes ao glifosato interferindo na soja (MARQUARDT et al., 2013). Também denominadas “tigueras” ou “plantas guachas” as voluntárias de milho originam-se dos grãos perdidos durante a colheita da lavoura de milho. Tais perdas ocorrem na forma de grãos isolados, espigas inteiras e pedaços de espigas contendo vários grãos que originarão as touceiras de milho RR[®] F₂ que, segundo Bernards et al. (2010), são mais competitivos do que uma planta individual. Uma vez emergidas em meio a soja, competem por recursos do ambiente e prejudicam a soja.

A competição entre espécies vegetais ocasiona alterações morfofisiológicas, como por exemplo, a produção de metabólitos secundários na cultura e alteração no crescimento (LAMEGO et al., 2005; AFIFI & SWANTON, 2012).

Fatores bióticos, abióticos ou xenobióticos alteram o metabolismo das plantas (AFIFI & SWANTON, 2012). Dentre as principais mudanças destaca-se o aumento da peroxidação de membranas, que afetam o sistema fotossintético das plantas e inativam os centros de reação dos fotossistemas (TRIPATHY et al., 2007).

A competição causa danos irreversíveis nas membranas celulares das plantas, similar à aplicação de herbicida (YIN et al., 2008). Esses danos são detectados a partir da quantificação do teor de peróxido de hidrogênio (TARHANEN et al., 1999).

O processo da peroxidação lipídica forma hidroperóxidos, sendo após convertidos em produtos secundários como espécies reativas de oxigênio (EROs), radicais livres, aldeídos, alcanos, oxiácidos, ácido jasmônico e metil jasmonatos (VICK & ZIMMERMAN, 1987). As EROs são altamente reativas dentro da célula e causam os maiores danos celulares como alterações no DNA, oxidação de proteínas e peroxidação de lipídios (GILL & TUTEJA, 2010). Além de causar danos celulares, as EROs como o H_2O_2 , também estão envolvidas no processo de regulação estomática (XIAO et al., 2001). O oxigênio e os radicais livres danificam a estrutura da membrana e a sua organização, alterando a função de enzimas e de receptores ligados à membrana (VICK & ZIMMERMAN, 1987).

As plantas possuem sistemas de defesa antioxidantes enzimático e não enzimático para evitar esse processo danoso, permitindo a eliminação de EROs e a proteção contra o dano oxidativo (OLIVEIRA, 2013).

Em resposta aos danos oxidativos, as células das plantas produzem sistemas antioxidantes capazes de remover os radicais livres (AFIFI & SWANTON, 2012). Estes mecanismos de defesa incluem a produção de enzimas eliminadoras de radicais livres como, glutathione-S-transferase (GST), ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e também, a síntese de outras substâncias não enzimáticas como antocianinas (GILL & TUTEJA, 2010). Estas enzimas juntamente com outras do ciclo ascorbato-glutationa, eliminam as EROs (CAVALCANTI et al., 2004).

O nível do estresse oxidativo nas células é determinado pela quantidade de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), superóxido, e

radicais hidroxilas. Assim, o equilíbrio das atividades das enzimas SOD, APX e CAT é fundamental para minimizar os níveis tóxicos de EROs nas células (APEL & HIRT, 2004).

Os metabólitos secundários nem sempre são necessários para que uma planta complete seu ciclo de vida. No entanto, eles desempenham papel importante na interação das plantas com fatores bióticos e abióticos (RAMAKRISHNA & RAVISHANKAR, 2011).

Estudos desenvolvidos investigam a habilidade competitiva a partir de modificações ou adaptações morfológicas como, área foliar, altura e produção de matéria seca da parte aérea (OLIVEIRA, 2013). No entanto, poucos trabalhos avaliam possíveis alterações na fisiologia e metabolismo das plantas em resposta as interferências sofridas por plantas daninhas (OLIVEIRA, 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar possíveis alterações na fisiologia e no metabolismo das plantas de soja em função das interferências sofridas pela presença de plantas voluntárias de milho RR[®] F₂ oriundas de sementes individuais e de touceiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no campo, no Centro de Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, na safra 2013/2014.

Foram realizados dois experimentos lado a lado no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. No Experimento 1, as sementes individuais deram origem a plantas individuais de milho voluntário, enquanto que no Experimento 2 o

milho voluntário foi originado de touceiras. Cada touceira constituiu-se de parte de uma espiga contendo, em média sete plantas. Nos dois experimentos as populações de milho estudadas foram 0; 0,5; 1; 2; 4; 8; 10 e 12 plantas individuais ou touceiras m^{-2} .

Os experimentos foram implantados no sistema de semeadura direta, em área com restos culturais de aveia-preta e azevém previamente controlados com os herbicidas cletodim 76,2 g i.a. ha^{-1} e glifosato 720 g e.a. ha^{-1} . A semeadura do milho e da soja nos dois experimentos foi realizada no dia 07 de janeiro de 2014. A soja foi adubada com 5,6 kg ha^{-1} de N, 78,4 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 50,4 kg ha^{-1} de K_2O . As sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, e tratadas com inseticidas e fungicidas.

O híbrido de milho AG 8088 PRO2[®] foi colhido na safra 2012/2013 e, após armazenamento na forma de espiga originou a população F₂ utilizada no experimento.

As populações do milho voluntário foram distribuídas aleatoriamente e após enterradas manualmente a aproximadamente 3,5 cm de profundidade em parcelas de 17,5 m^2 (3,5 x 5 m). Imediatamente após a semeadura do milho, semeou-se mecanicamente a soja cultivar BMX Turbo RR[®] objetivando população de 300.000 plantas ha^{-1} , distribuídas em espaçamento entrelinhas de 50 cm.

Após a emergência do milho, fez-se o ajuste das populações de acordo com cada tratamento. Para evitar a interferência de outras plantas daninhas, foram realizadas pulverizações com o herbicida glifosato, na dose de 720 g e.a. ha^{-1} , de acordo com a necessidade ao longo do ciclo da cultura. Pragas e doenças foram controladas preventivamente.

Nos dois experimentos foram avaliados na soja o teor do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), e a atividade das enzimas ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT), e superóxido dismutase (SOD).

Aos 20, 35 e 46 dias após a emergência (DAE) da soja, nos estádios V4, V6 e R2, respectivamente, realizou-se a coleta de folhas das plantas da soja nos dois experimentos. Em cada unidade experimental foram coletados aleatoriamente cinco trifólios completamente expandidos da soja a partir do ápice, formando a amostra composta. O material foi identificado e embalado em sacos plásticos e acondicionado em caixa térmica com gelo. No laboratório, as amostras compostas foram armazenadas a $-18^\circ C$ até o momento da quantificação das variáveis.

Os danos celulares nos tecidos foram determinados através do teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), conforme descrito por Sergier et al. (1997), com adaptações.

Para proceder-se essas análises 0,2 g de folhas foi macerado com nitrogênio líquido, homogeneizados em 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v) e centrifugados a 5600 rpm por 25 minutos. Para a quantificação de H_2O_2 , adicionaram-se alíquotas de 0,2 mL do sobrenadante em 0,8 mL de tampão fosfato 10 mM (pH 7,0) e 1 mL de iodeto de potássio 1 M. A solução foi deixada em repouso por 10 minutos em temperatura ambiente, sendo a absorbância lida a 390 nm. A concentração de H_2O_2 foi determinada através de curva padrão e expressa em miliMol por grama de massa fresca ($mM g^{-1}$ de MF).

Para determinar a atividade das enzimas antioxidantes, superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase

(CAT), realizou-se a extração em que 0,2 g de amostra macerada em almofariz de porcelana, na presença de nitrogênio líquido e 0,02 g de polivinilpirrolidona (PVPP). Em seguida adicionou-se 900 μL de tampão fosfato 200 mM (pH 7,8), 18 μL de EDTA 10 mM, 180 μL de ácido ascórbico 200 mM e 702 μL de água ultrapura e centrifugado a 5600 rpm, a 4 °C por 25 minutos. A leitura de absorbância foi realizada com o comprimento de onda de 595nm. Os resultados foram expressos em Unidades Ativas (UA) por miligrama de massa fresca (mg^{-1} MF) por minuto (min^{-1}).

A atividade da CAT foi determinada pelo consumo de H_2O_2 (coeficiente de extinção 39,4 mM cm^{-1}). A mistura de reação continha 1 mL do tampão fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0), 850 μL de água ultrapura, 100 μL de peróxido de hidrogênio 250 mM e 50 μL do extrato. Realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 240 nm, durante 90 segundos, com leituras em intervalos de 7 segundos.

A atividade da APX foi determinada pelo consumo de H_2O_2 (coeficiente de extinção 2,9 mM cm^{-1}). A mistura de reação continha 1 mL de tampão fosfato de potássio 200 mM (pH 7,0), 750 μL de água ultrapura, 100 μL de ácido ascórbico 10 mM, 100 μL de peróxido de hidrogênio 2 mM e 50 μL do extrato. Realizou-se a leitura da absorbância no comprimento de onda de 290 nm, durante 90 segundos, com leituras em intervalos de 7 segundos. Para efeito de cálculo, tanto da atividade da CAT quanto da APX, considerou-se que o decréscimo de uma unidade de absorbância era equivalente a uma unidade ativa (UA). As atividades do extrato total foram determinadas

a partir da quantidade de extrato que reduziu a leitura de absorvância em uma UA, e expressos em UA mg⁻¹ massa fresca minuto⁻¹.

A atividade da SOD foi determinada segundo metodologia adaptada de Peixoto (1999), a partir de Giannopolitis & Ries (1977), e Del Longo et al. (1993). Por esse método, determinou-se a inibição da redução do NBT (ρ -nitro blue tetrazolium) pelo extrato enzimático, evitando-se assim, a formação do cromóforo. Neste ensaio, uma unidade de atividade enzimática (UA) de SOD foi considerada como a quantidade de enzima necessária para inibir 50% da redução do NBT pela SOD contida no extrato enzimático. Para a reação, adicionaram-se em tubo de ensaio 1 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,8), 400 μ L de metionina 70 mM, 20 μ L de EDTA 10 μ M, 390 μ L de água ultrapura, 150 μ L de NBT 1 mM, 20 μ L de riboflavina 0,2 mM e 20 μ L de extrato. Em seguida os tubos foram mantidos em câmara iluminada por lâmpada fluorescente de 15 Watts, por um período de 10 minutos, sendo então, realizada a leitura da absorvância a 560 nm. Para efeito de cálculo, o branco da reação foi considerado tubo que não continha extrato, exposto e não exposto à luz. A atividade foi determinada pelo cálculo da quantidade de extrato que inibiu 50 % da reação de NBT e expressa em UA mg⁻¹ matéria fresca minuto⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e o efeito das populações foi avaliado por análise de regressão, testando-se os modelos de ajuste linear, quadrático e logarítmico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) na soja analisado aos 20 DAE (dias após a emergência) aumentou linearmente em função do aumento da população de plantas individuais de milho. Já aos 35 e 46 DAE, os teores de H_2O_2 reduziram com o aumento da população do milho (Figura 1). Os teores de H_2O_2 reduziram nas três épocas avaliadas na soja em competição com milho voluntário originado de touceiras (Figura 2).

Em geral, houve redução nos teores do H_2O_2 com o aumento da população do milho voluntário de ambas as origens. Chama a atenção o fato de os teores de H_2O_2 terem sido maiores aos 20 DAE em competição com plantas individuais (Figura 1).

Os resultados obtidos para o H_2O_2 permitem algumas interpretações. A primeira é que a competição causada pelo aumento na população do milho voluntário de ambas as origens não provocou estresse oxidativo na soja durante os períodos observados (Figuras 1 e 2). Nesse caso, os fatores que estariam contribuindo para os maiores teores de H_2O_2 na soja sob baixa competição de plantas de milho seriam a radiação e a elevada temperatura, tendo em vista que, quanto maior a população de milho mais a soja foi sombreada. Analisando desse modo, entende-se que as plantas de soja sombreadas, encontravam-se em um microclima ameno entre as plantas, com menor incidência da radiação e menor temperatura, provavelmente reduzindo a produção de H_2O_2 .

Fatores como radiação, calor, estresse hídrico e reações ocasionadas por processos normais das plantas, como a fotossíntese e

respiração, são fontes potenciais da produção de H_2O_2 (MITTLER, 2002), sendo a fotorrespiração a principal fonte de produção do H_2O_2 em células fotossintéticas (BARBOSA et al., 2014). O H_2O_2 atua como um mensageiro do estresse, difundindo os danos oxidativos nas células vegetais (BARBOSA et al., 2014). Como forma de evitar danos oxidativos aos tecidos, mesmo em baixos teores de H_2O_2 há produção de enzimas antioxidantes nas células (OLIVEIRA, 2013). Entretanto, sob condições de crescimento abaixo do normal, a produção de EROs (espécies reativas ao oxigênio) é reduzida (MITTLER, 2002), o que explicaria a redução nos teores de H_2O_2 na soja sob competição com populações de milho (Figuras 1 e 2).

Outra possível hipótese é ter ocorrido estresse oxidativo a partir da competição da soja com populações de milho de ambas as origens. Em função da competição exercida pelo milho na soja, possivelmente houve sinalização para a produção celular de EROs. Entretanto, em resposta a sinalização da ocorrência de estresse, fatores não enzimáticos e enzimáticos, como a produção das enzimas superóxido dismutase (SOD), dentre outras, agiram reduzindo os teores de H_2O_2 , impedindo que o dano oxidativo ocorresse (Figuras 1 e 2).

Fatores enzimáticos e não enzimáticos controlam os níveis de EROs, e possivelmente aumentos nos teores de H_2O_2 resultam na maior atividade de enzimas antioxidantes como a SOD, CAT e APX (DIPIERRO et al., 2005). O aumento na atividade das enzimas SOD, CAT e APX reduzem os teores de H_2O_2 e de outras EROs (OLIVEIRA, 2013). Neste caso, o que explicaria a redução dos teores de H_2O_2 , seria a maior atividade da SOD (Figuras 1 a 4).

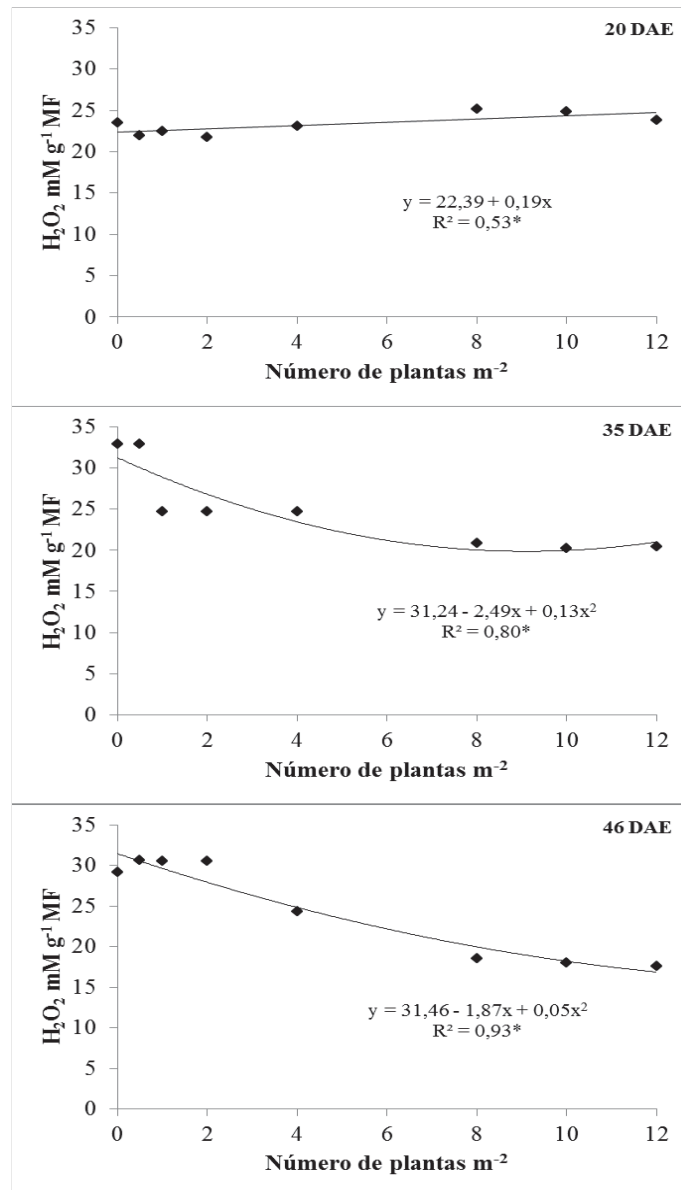


Figura 1 - Teores de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (mM g⁻¹ MF) extraídos de folhas de soja, cultivar BMX Turbo RR[®] em função da competição com 8 populações de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂, analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). *Significativo a 95% de confiabilidade. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

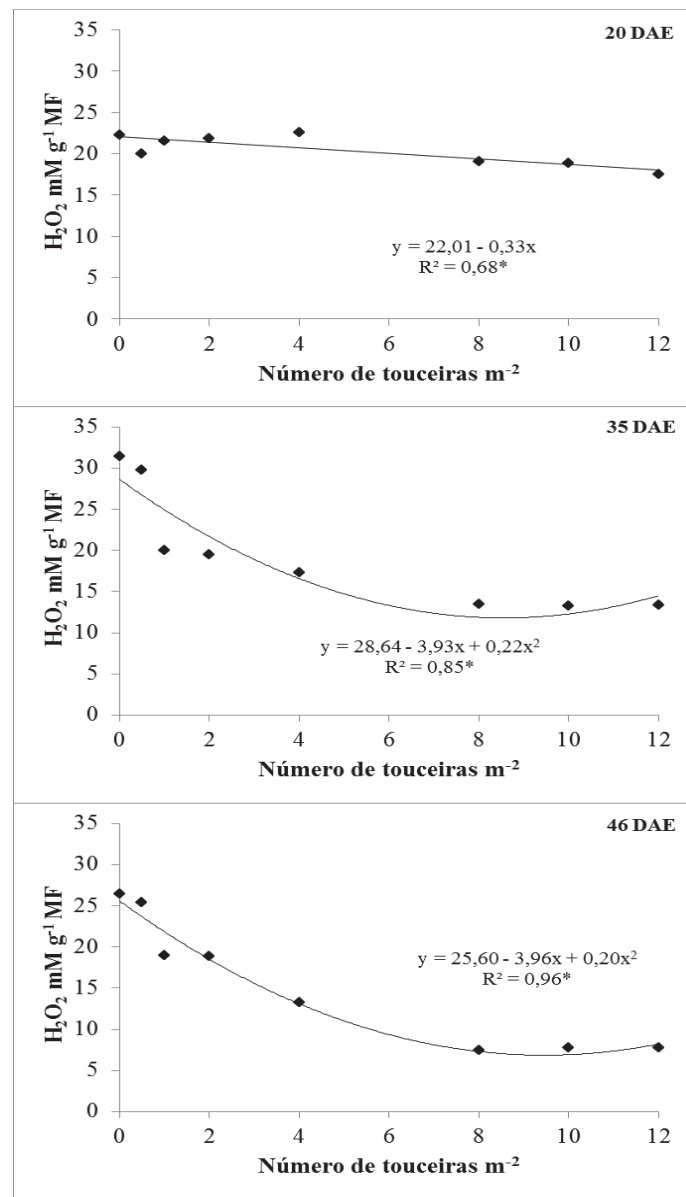


Figura 2 - Teores de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (mM g⁻¹ MF) extraídos de folhas de soja, cultivar BMX Turbo RR[®] em função da competição com 8 populações de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂, analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). *Significativo a 95% de confiabilidade. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

Aos 20 e 35 DAE a atividade da SOD em folhas de soja aumentou em função da maior competição causada pelo acréscimo na população de milho voluntário, originado de plantas individuais e de touceiras. Aos 46 DAE, o aumento nos teores da SOD não foi significativo na soja em competição com ambas origens de milho nas populações estudadas. De forma geral, observou-se aumento na atividade da SOD na soja em competição com populações e origens de milho (Figuras 3 e 4).

A SOD participa da modulação do nível de H_2O_2 em cloroplastos, mitocôndrias, citossol e peroxissomos (MITTLER, 2002), sendo a primeira no processo de desintoxicação, catalisando a dismutação do superóxido (O_2^-) para H_2O_2 e O_2 (GILL & TUTEJA, 2010). O H_2O_2 produzido é convertido em H_2O e O_2 pelas enzimas APX e CAT (WANG et al., 2004). Assim é esperado que quando a atividade da SOD é aumentada, também ocorra aumento da atividade das enzimas CAT e APX que metabolizam o H_2O_2 (OLIVEIRA, 2013), aumento este que não ocorreu no estudo. Além da CAT e APX, o H_2O_2 formado pela ação da SOD pode ser convertido em H_2O e O_2 pela ação de enzimas peroxidases (PODs) (LOCATO et al., 2010), como a peroxirredoxinas (Prx) e a peroxidase da glutathione (GPx) (BARBOSA et al., 2014).

No estudo, é provável ter ocorrido ação de fatores não enzimáticos ou de enzimas não avaliadas capazes de eliminar o H_2O_2 produzido pela ação da SOD, como as peroxidases (PODs). Outra possibilidade é de a ação da SOD sobre o superóxido ter produzido maiores teores de O_2 , e por este motivo, os teores de H_2O_2 não

aumentaram com o aumento da competição de populações do milho voluntário com a soja.

Apesar de ser menos reativo que o radical hidroxila (OH^\bullet), o oxigênio singlete (O_2) é mais reativo que o H_2O_2 e O_2^- , sendo considerado uma molécula altamente tóxica (BARBOSA et al., 2014). O O_2 se difunde por distâncias significativas a partir do seu local de produção, e a peroxidação lipídica nos cloroplastos é quase exclusivamente decorrente da sua ação (TRANTAPHYLIDES & HAVAUX, 2009). A extinção do O_2 ocorre através da transferência da energia de excitação para outras moléculas, e por reações de oxidação com outras moléculas como lipídios, proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos e carboidratos, causando danos as células (TRANTAPHYLIDES & HAVAUX, 2009).

De forma geral, os teores da APX e CAT na soja reduziram em função do aumento da população de milho voluntário de ambas as origens nas épocas avaliadas (Figuras 5 a 8). Como os teores do H_2O_2 na soja também reduziram com o aumento da competição exercida pelo milho, esta pode ser uma possível explicação para a redução na atividade das APX e CAT. Assim, com menor sinalização da ocorrência de estresse oxidativo a partir dos teores de H_2O_2 , a sinalização para a produção das enzimas APX e CAT foi menor, resultando em menor atividade (Figuras 5 a 8).

Outra possível explicação para a redução nos teores das APX e CAT é o fato de estas enzimas não fazerem parte do processo de extinção do O_2 que provavelmente foi gerado a partir da ação da SOD sobre o O_2^- (TRANTAPHYLIDES & HAVAUX, 2009). Dessa forma, não houve maior produção das APX e CAT (Figuras 5 a 8).

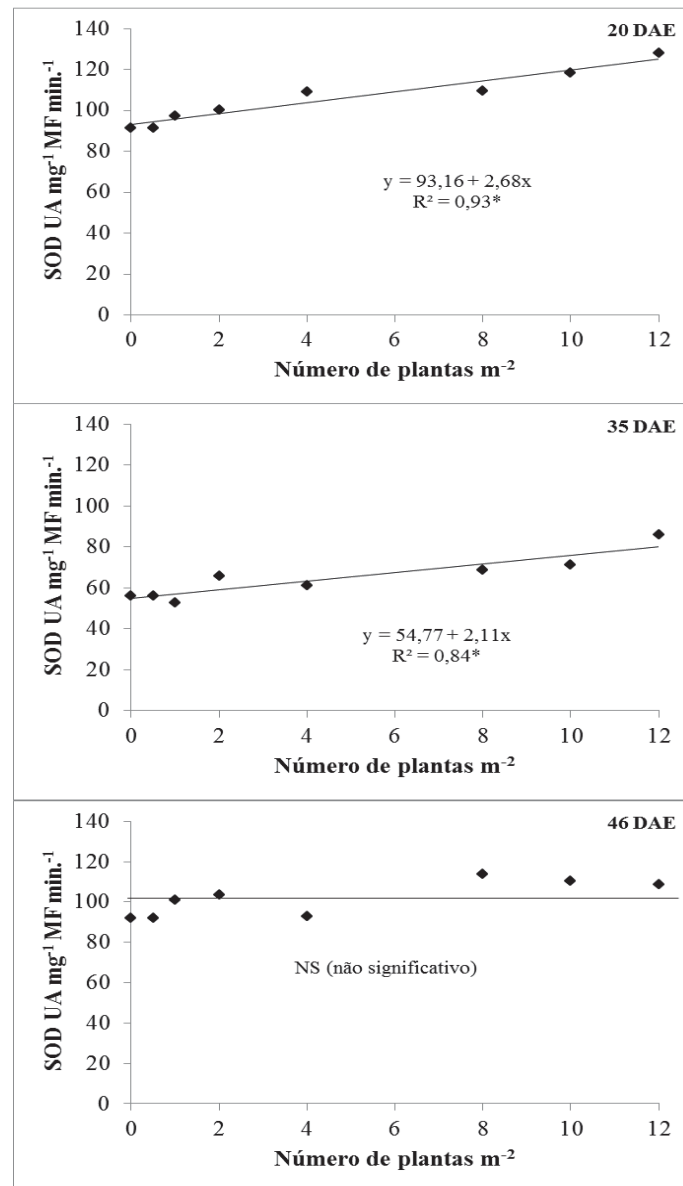


Figura 3 - Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (UA mg⁻¹ MF min.⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR[®] em função da competição com 8 populações de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂, analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). ^{NS}Não significativo. *Significativo a 95% de confiabilidade. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

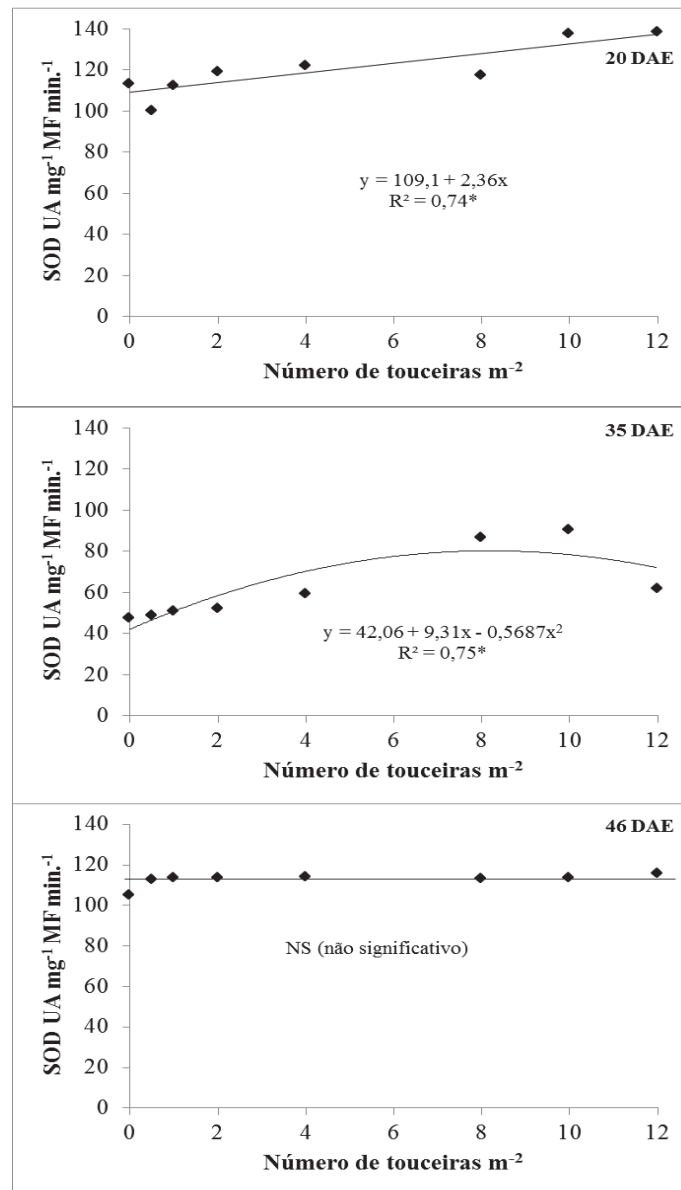


Figura 4 - Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (UA mg⁻¹ MF min.⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR[®] em função da competição com 8 populações de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂, analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). ^{NS}Não significativo. *Significativo a 95% de confiabilidade. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

As APX estão presentes no citosol, mitocôndrias, peroxissomos e cloroplastos (DABROWSKA et al., 2007). Nos cloroplastos e mitocôndrias, a APX reduz o H_2O_2 formado pela ação da SOD a água através da utilização do ascorbato como doador de elétrons (LOCATO et al., 2010). A CAT atua nos glioxissomos e peroxissomos, podendo ser encontrada nas mitocôndrias (BARBOSA et al., 2014). A CAT converte duas moléculas de H_2O_2 em água e oxigênio molecular (DUBEY, 2011).

As enzimas APX e CAT trabalham em conjunto contra o acúmulo excessivo de H_2O_2 , onde a APX realiza a modulação fina da espécie reativa, enquanto a CAT realiza a remoção do excesso (MITTLER, 2002; GILL & TUTEJA, 2010). A APX tem grande afinidade pelo H_2O_2 (LOCATO et al., 2010), maior que a da CAT (GILL & TUTEJA, 2010).

A competição exercida por milho voluntário estimula o metabolismo secundário das plantas de soja pela produção de substâncias antioxidantes. Tendo em vista as condições em que este trabalho foi desenvolvido, novos estudos em condições ambientais controladas ou em diferentes estádios de desenvolvimento são necessários a fim de melhorar a compreensão da ocorrência de estresse oxidativo nas plantas de soja em função da competição com plantas de milho.

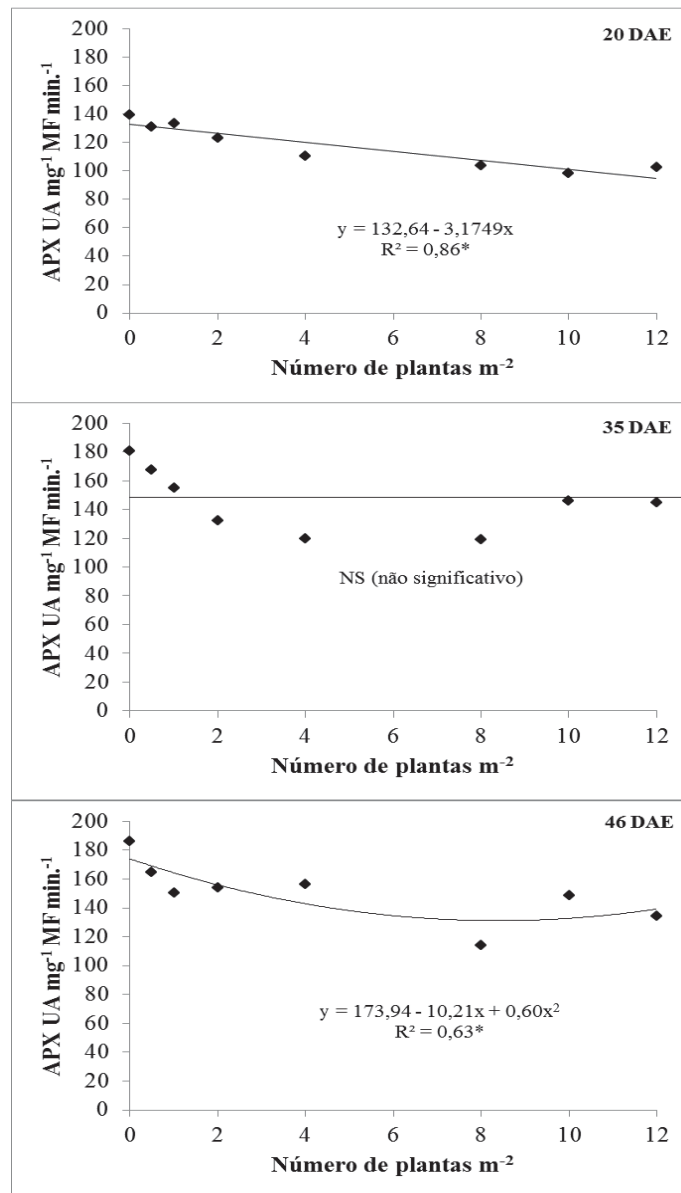


Figura 5 - Atividade da enzima peroxidase do ascorbato (APX) (UA mg⁻¹ MF min.⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR[®] em função da competição com 8 populações de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂, analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). ^{NS}Não significativo. *Significativo a 95% de confiabilidade. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

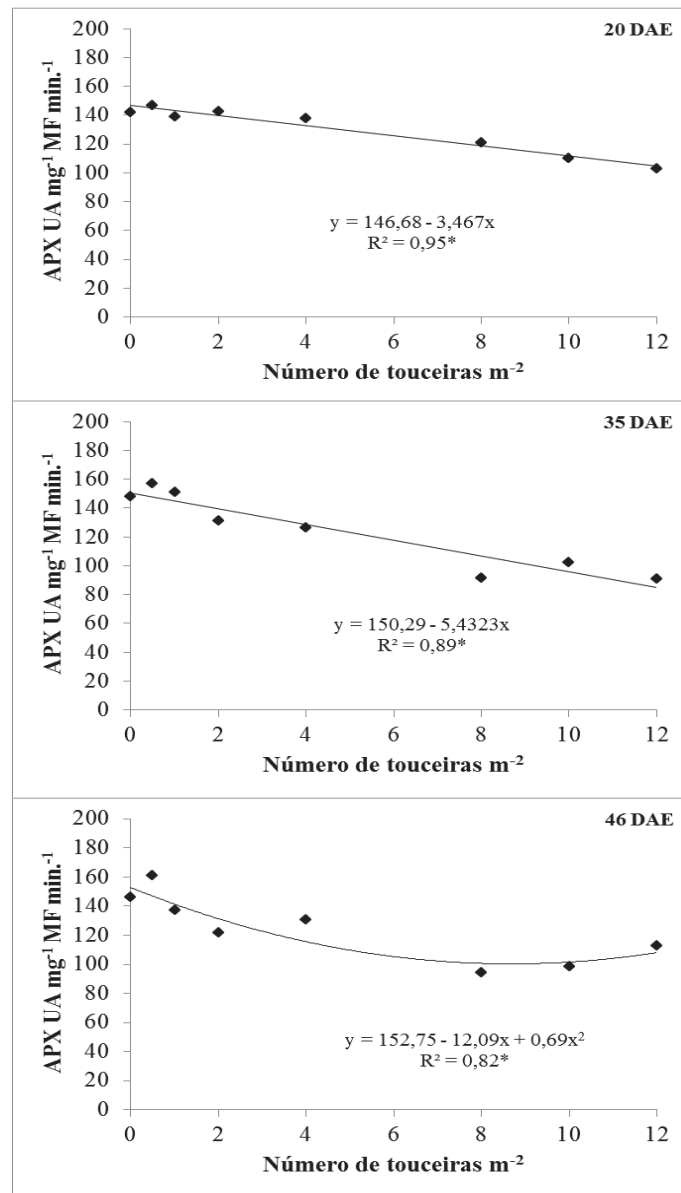


Figura 6 - Atividade da enzima peroxidase do ascorbato (APX) (UA mg⁻¹ MF min.⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR[®] em função da competição com 8 populações de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂, analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). *Significativo a 95% de confiabilidade. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

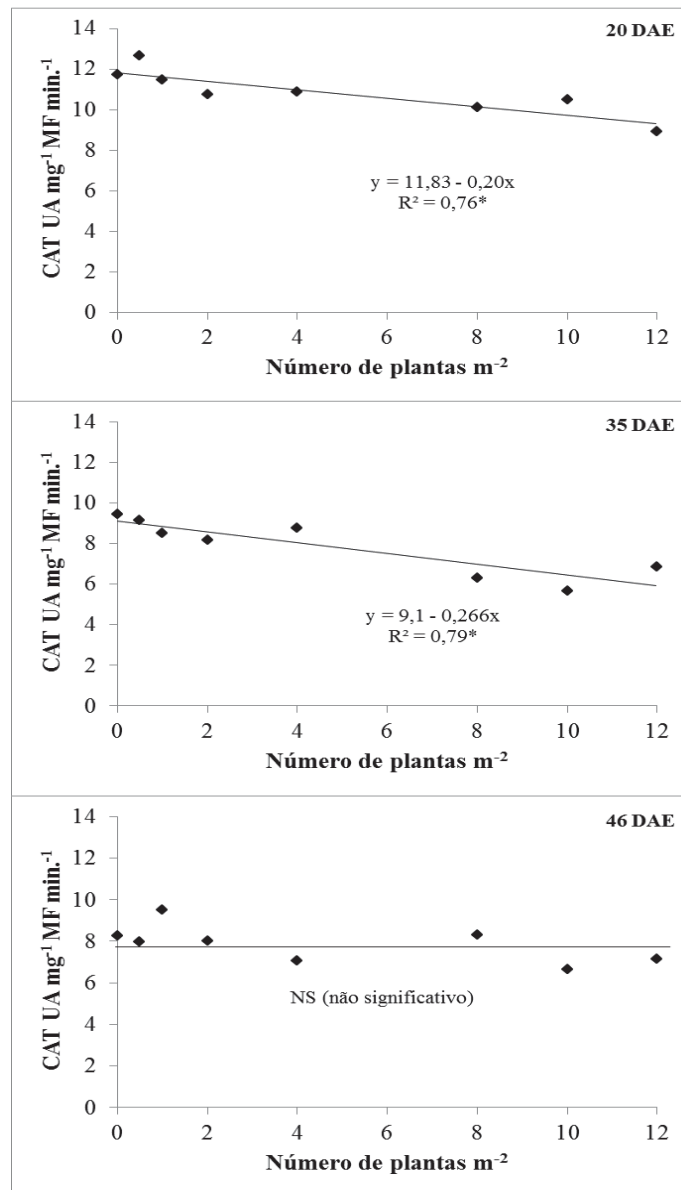


Figura 7 - Atividade da enzima catalase (CAT) (UA mg⁻¹ MF min.⁻¹), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR[®] em função da competição com 8 populações de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂, analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). ^{NS}Não significativo. *Significativo a 95% de confiabilidade. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

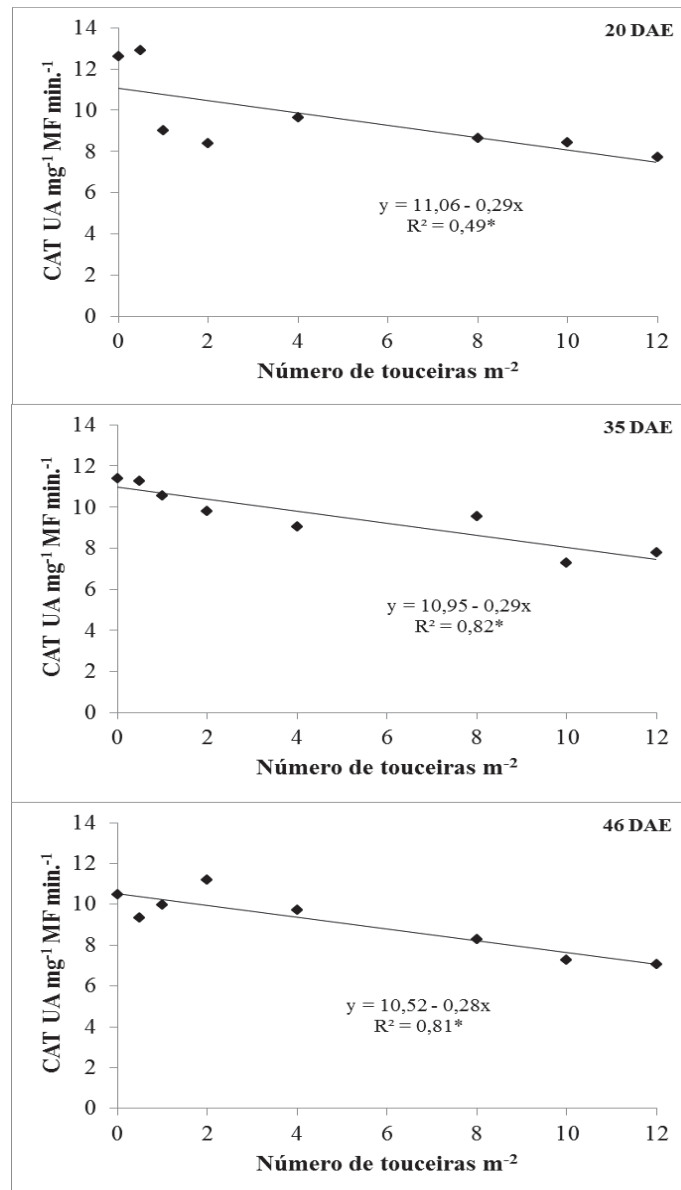


Figura 8 - Atividade da enzima catalase (CAT) ($\text{UA mg}^{-1} \text{MF min.}^{-1}$), extraída de folhas de soja cultivar BMX Turbo RR[®] em função da competição com 8 populações de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂, analisados aos 20, 35 e 46 DAE (dias após emergência). *Significativo a 95% de confiabilidade. Passo Fundo, RS, UPF, 2014.

CONCLUSÕES

A competição com populações de plantas individuais e touceiras de milho voluntário com a soja reduz os teores da ERO H_2O_2 , e das enzimas antioxidantes APX e CAT.

Os teores da SOD aumentam em função da competição com populações de plantas individuais e touceiras de milho voluntário com a soja.

CAPÍTULO IV

CONTROLE DE MILHO VOLUNTÁRIO RR[®] F₂ NA SOJA COM HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES

RESUMO - Plantas voluntárias de milho RR[®] F₂ originadas das perdas na colheita originam plantas individuais ou touceiras de milho, que são potenciais competidoras com a cultura da soja. Herbicidas pré-emergentes utilizados na soja podem ter efeito positivo no controle do milho voluntário, e dessa forma auxiliar no manejo das plantas daninhas e também do milho. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o controle de milho voluntário RR[®] F₂ proporcionado pelos herbicidas clorimuron, diclosulam, clorimuron+sulfometuron metil, imazapic+imazapir, clomazona e piroxasulfone aplicados na pré-emergência da soja. Os resultados demonstram que os herbicidas diclosulam, clorimuron+sulfometuron e imazapic+imazapir foram eficientes no controle de plantas individuais de milho. Para o controle de touceiras semeadas enterradas o herbicida imazapic+imazapir apresentou controle superior a 80%, superando os demais herbicidas. Os herbicidas diclosulam e clorimuron+sulfometuron apresentaram maior controle de plantas individuais semeadas enterradas em relação a touceiras semeadas enterradas. Para o controle de touceiras semeadas em superfície os herbicidas diclosulam e clorimuron+sulfometuron apresentaram o maior controle, no entanto, estes foram inferiores a 50%.

Palavras-chave: touceiras, perdas na colheita, eficiência de controle.

**CONTROL OF PRE-EMERGING HERBICIDES IN
VOLUNTARY CORN RR[®] F₂ IN SOYBEAN RR[®]**

ABSTRACT - Volunteer corn plants RR[®] F₂ originated from crop losses derive individual plants or corn clumps, which are potential competitors with the soybean crop. Pre-emergent herbicides used in soy can have a positive effect on the control of volunteer corn, and thus assist in the management of weeds and also corn. Thus, the aim of this study was to evaluate the volunteer corn control RR[®] F₂ provided by herbicides chlorimuron, diclosulam, chlorimuron+sulfometuron methyl, imazapic+imazapyr, clomazone and piroxasulfone applied pre-emergence soybean. The results demonstrate that the herbicides diclosulam, chlorimuron+sulfometuron and imazapic+imazapyr were efficient in the control of individual corn plants. The herbicide imazapic+imazapyr controlled more than 80% of sown corn clumps buried, surpassing other herbicides. Herbicides diclosulam and chlorimuron+sulfometuron had greater control of individual plants sown buried towards seeded clumps buried. For clumps control plated on the surface diclosulam herbicides and chlorimuron + sulfometuron showed greater control, however, these were lower than 50%.

Key words: clumps, crop losses, control efficiency.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor e um dos principais exportadores do grão. No Brasil a soja é cultivada em cerca de 31,5 milhões de hectares (CONAB, 2015). Cultivada em praticamente todo o território nacional a soja destaca-se por ser a mais importante cultura do país, e a sua cadeia produtiva tem grande relevância no cenário econômico brasileiro.

Após a liberação do evento de transgenia *Roundup Ready*[®] que confere a resistência ao herbicida glifosato na soja no ano de 2005, ocorreram mudanças nos sistemas de manejo de plantas daninhas, como por exemplo, a substituição de combinações de diferentes herbicidas por um único princípio ativo, o glifosato (GAZZIERO, 2005). Em função das vantagens que esta tecnologia proporciona, sua aceitação foi a mais rápida da agricultura mundial (RODRIGUES & ALMEIDA, 2005).

Como a inserção do gene de resistência ao glifosato trouxe benefícios na cultura da soja, este evento também foi introduzido no milho (*Zea mays* L.), sendo liberado o comércio de milho RR[®] no Brasil em 2008 (CTNBio, 2008). A tecnologia RR[®] trouxe benefícios para o sistema produtivo do milho, porém, sua aceitação não foi a mesma da soja. Um dos motivos da baixa adesão relativa desta tecnologia no milho por parte dos agricultores, é o fato de ainda haver disponíveis opções de herbicidas eficientes para o manejo das plantas daninhas no milho.

Outro fator que contribui para a baixa adesão ao milho RR[®], é a possibilidade de originar plantas voluntárias resistentes ao glifosato em cultivos subsequentes.

As plantas voluntárias de milho surgem a partir dos grãos perdidos durante a colheita. Estas perdas ocorrem na forma de grãos individuais, que originam plantas individuais, e na forma de espigas inteiras ou pedaços de espigas contendo vários grãos, que originarão as touceiras de milho RR[®] F₂.

Plantas voluntárias de milho RR[®] F₂ se tornaram problema na soja (MARQUARDT et al., 2012). Estas plantas competem por recursos do ambiente, e conseqüentemente causam perdas no rendimento de grãos da soja (MARQUARDT et al., 2012).

O milho voluntário é competitivo com a soja e causa perdas significativas com populações inferiores a uma planta por metro quadrado, podendo chegar a até 76,2% de perdas no rendimento de grãos na população de 16 plantas m⁻² (RIZZARDI et al., 2012).

As plantas voluntárias de milho RR[®] emergidas em lavouras de soja não são controladas pelo herbicida glifosato. Dessa forma, para o seu controle em pós-emergência faz-se necessária a utilização de herbicidas específicos, como os inibidores da enzima acetil co-enzima A carboxilase (ACCase), que controlam basicamente gramíneas.

Com a necessidade do uso de herbicidas específicos em pós emergência, o custo de produção da soja é aumentado (DEEN et al., 2006). De acordo com Gazziero et al. (2005) o custo do controle das plantas daninhas na soja varia de 15 a 40% dos insumos utilizados.

Em função da origem da perda dos grãos de milho, há diferentes fluxos germinativos das plantas voluntárias na cultura da soja, e dependendo do estágio de desenvolvimento do milho e do produto utilizado, a eficiência de uma única aplicação é reduzida (BERNARDS et al., 2013).

Herbicidas pré-emergentes que controlem plantas voluntárias de milho, podem ser utilizados como alternativa ao uso dos herbicidas pós-emergentes. A ação dos pré-emergentes controla as voluntárias do milho precocemente e reduz o impacto negativo da competição na produtividade da soja.

Herbicidas pré-emergentes utilizados no manejo de plantas daninhas na soja, principalmente clorimurrom e diclosulam, tem efeitos positivos no controle do milho voluntário (EMBRAPA, 2012). Por terem período residual de controle, estes herbicidas são mais uma ferramenta a auxiliar no controle dos diferentes fluxos de emergência do milho voluntário, sendo alternativa ou complemento aos herbicidas pós-emergentes.

Tendo em vista os custos de controle e as perdas causadas pelo milho voluntário RR[®] F₂ na soja, seu controle é de fundamental importância para elevados rendimentos. Entretanto, é necessário conhecer a eficiência de alguns herbicidas pré-emergentes comumente utilizados na soja, visto que estes, podem ser alternativas no controle ou supressão do milho voluntário.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o controle de milho voluntário RR[®] F₂ proporcionado pelos herbicidas clorimurrom, diclosulam, clorimurrom+sulfometurrom metil,

imazapic+imazapir, clomazona e piroxasulfone aplicados na pré-emergência da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Os Experimentos foram conduzidos no campo, no Centro de Pesquisa e Extensão Agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, na safra 2013/2014. Foram realizados 4 experimentos em duas épocas diferentes.

Os Experimentos 1 e 2 foram implantados no dia 12/12/2013. O primeiro com touceiras de milho semeadas em superfície para simular condição de campo, e no segundo as touceiras foram enterradas. Entende-se por touceiras pedaços da ráquis contendo, cerca de sete plantas cada. Os experimentos 3 e 4 foram implantados no dia 23/01/2014. No Experimento 3 utilizou-se touceiras de milho enterradas, enquanto que no Experimento 4, o milho foi originado de sementes individuais enterradas. O delineamento experimental utilizado nos quatro experimentos foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

Os propágulos de milho foram distribuídos manualmente de forma aleatória para atingir 7 plantas individuais ou touceiras m^{-2} . Na testemunha do Experimento 1, com touceiras de milho voluntário distribuídas em superfície, aos quarenta dias após a aplicação (40 DAA) havia, em média, 0,9 touceiras m^{-2} . Neste mesmo Experimento, o controle dos herbicidas foi determinado em relação à emergência de touceiras na testemunha.

A soja cultivar BMX Turbo RR[®], por possuir tolerância aos herbicidas do grupo das sulfoniluréias (STS), foi utilizada em todos os experimentos. Assim, foi possível minimizar os efeitos de possível fitotoxicidade causada pelos herbicidas em estudo.

Em todos experimentos, imediatamente após a semeadura do milho, fez-se a semeadura da soja a 3,5 cm de profundidade de forma mecanizada, visando obter 300.000 plantas ha⁻¹, em espaçamento entrelinhas de 50 cm. O tamanho das parcelas foi de 17,5 m² (3,5 x 5 m).

Foram mantidos um tratamento livre de milho voluntário e outro com milho voluntário, ambos sem aplicação de herbicidas pré-emergentes.

Tabela 1 – Herbicidas e doses utilizados nos experimentos. Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas	Nome comercial	Formulação	Empresa	p.c. g ou mL ha ⁻¹	i.a. g ha ⁻¹
Clorimuron	Classic	250 WG	DuPont	100	25
Diclosulam	Spider	840 WG	Dow AgroSciences	30	25,2
Clorimuron+Sulfometuron	Ligate	187+187 WG	DuPont	100	18,7+18,7
Imazapic+Imazapir	SoyVance Pré	525+175 WG	Basf	150	78,7+26,25
Clomazona	Gamit	360 CS	FMC	1000	360
Piroxasulfona	Pyroxasulfone	850 WG	K-I Chemical U.S.A.	140	119
Testemunha com milho	-	-	-	-	-
Testemunha sem milho	-	-	-	-	-

*A todos herbicidas foi adicionado óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

Os experimentos foram implantados no sistema de semeadura direta, em áreas com restos culturais de aveia-preta e

azevém previamente dessecados. A soja foi adubada com $5,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $78,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 e $50,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O . As sementes de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, bem como, tratadas com inseticidas e fungicidas.

O híbrido de milho AG 8088 PRO₂[®] usado como milho voluntário, foi colhido na safra 2012/2013 e, após armazenamento na forma de espigas que originaram a população F₂.

Após a semeadura e no mesmo dia fez-se a aplicação dos herbicidas com pulverizador costal pressurizado com CO₂, com barra de 3 metros de largura utilizando pontas de jatos planos simples (11002) espaçadas em 0,5 m, com volume de calda de 150 L ha^{-1} e pressão de 220 kpa.

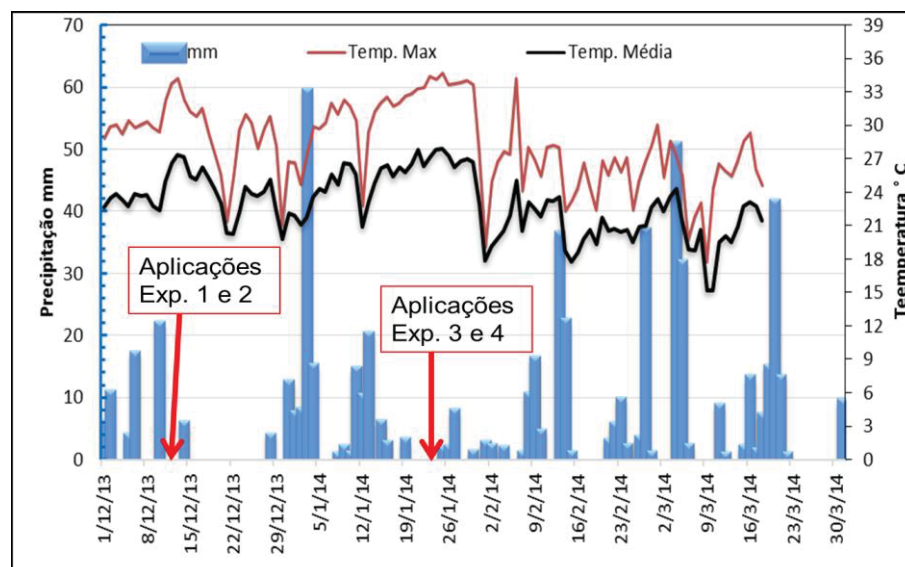


Figura 1 – Informações climáticas para Passo Fundo, RS, no período compreendido entre 01 de dezembro de 2013 a 30 de março de 2014. Fonte: SOMAR meteorologia.

A emergência da soja deu-se nos dias 20/12/2013 e 30/01/2014 nos Experimentos 1 e 2, e 3 e 4, respectivamente. Em função de as touceiras terem sido semeadas em superfície e da falta de umidade (Figura 1), não foi possível estabelecer data específica da emergência do milho no Experimento 1, que ocorreu de forma escalonada. A emergência das touceiras de milho do Experimento 2 deu-se no dia 18/12/2013. Nos experimentos 3 e 4 a emergência do milho deu-se no dia 29/01/2014.

Para evitar a interferência de outras plantas daninhas, foram realizadas pulverizações com o herbicida glifosato na dose de 720 g e.a. ha⁻¹ (Roundup®) de acordo com a necessidade durante o ciclo da cultura, inclusive nos tratamentos onde não foram aplicados herbicidas pré-emergentes. Pragas e doenças foram controladas preventivamente.

O controle do milho voluntário foi avaliado aos 10, 20, 36 e 61 dias após a aplicação (DAA) nos Experimentos 1 e 2, e aos 16, 26, 37 e 58 DAA nos Experimentos 3 e 4. A avaliação foi realizada visualmente atribuindo-se notas de 0 a 100, onde: 0 = sem controle, 100 = morte das plantas de milho, sendo este visual comparado à testemunha com milho sem herbicidas pré-emergentes.

Por ocasião da colheita da soja, foi avaliado o rendimento de grãos, sendo colhidos cinco metros de comprimento das três linhas centrais de cada parcela (1,5 x 5 m = 7,5 m²). Após a colheita o material foi trilhado, pesado e determinada a umidade dos grãos e, na sequência calculado o rendimento de grãos por hectare.

As variáveis resposta avaliadas foram submetidas a análise de variância, e quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o controle de touceiras de milho semeadas em superfície no Experimento 1 o controle verificado dentre os herbicidas estudados aos 10 e 20 dias após a aplicação (DAA) foi insignificante. Provavelmente até esta data as condições ambientais como baixa umidade no solo (Figura 1) ou a tardia germinação do milho foram as responsáveis pelo baixo controle (Tabela 2). Aos 36 e 61 DAA os herbicidas diclosulam e clorimuirom+sulfometurom apresentaram o maior controle, porém, foi inferior a 50% (Tabela 2).

Tabela 2 – Controle percentual de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂ semeadas em superfície aos 10, 20, 36 e 61 DAA (Experimento 1). Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas*	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)			
		10 DAA ¹	20 DAA	36 DAA	61 DAA
Clorimuirom	25	1 b ²	1 b ²	0 c ²	0 c ²
Diclosulam	25,2	1 b	1 b	40 b	44 b
Clorimuirom+Sulfometurom metil	18,7+18,7	1 b	1 b	50 b	37 b
Imazapic+Imazapir	78,7+26,2	1 b	1 b	9 c	5 c
Clomazona	360	1 b	1 b	0 c	0 c
Piroxasulfona	119	1 b	1 b	0 c	0 c
Testemunha com milho voluntário	-	0 c	0 c	0 c	0 c
Testemunha sem milho	-	100 a	100 a	100 a	100 a
Média		12,5	12,5	24,8	23,3
³ CV (%)		0,2	0,2	23,7	19

¹DAA: dias após a aplicação; ²Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ³CV: coeficiente de variação (%); * Adicionou-se óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

No Experimento 2 quando as touceiras foram enterradas, a eficiência dos herbicidas foi parecida ao Experimento 1 onde as touceiras foram semeadas em superfície (Tabelas 2 e 3). Aos 10 e 20 DAA praticamente não houve controle das touceiras semeadas enterradas (Tabela 3).

Aos 36 e 61 DAA os herbicidas diclosulam e clorimurum+sulfometurum apresentaram os maiores controles, no entanto permanecendo inferior a 50% (Tabela 3). Nos Experimentos 1 e 2 o herbicida imazapic+imazapir apresentou controle numericamente superior aos herbicidas clorimuron, clomazona e piroxasulfone, porém, não diferiram estatisticamente.

Tabela 3 – Controle percentual de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂ semeadas enterradas aos 10, 20, 36 e 61 DAA (Experimento 2). Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas*	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)			
		10 DAA ¹	20 DAA	36 DAA	61 DAA
Clorimurum	25	4 bcd ²	1 b ²	0 c ²	0 c ²
Diclosulam	25,2	3 cd	1 b	40 b	32 b
Clorimurum+Sulfometurum metil	18,7+18,7	7 b	1 b	50 b	40 b
Imazapic+Imazapir	78,7+26,2	5 bc	1 b	9 c	9 c
Clomazona	360	3 bcd	1 b	0 c	0 c
Piroxasulfona	119	3 cd	1 b	0 c	0 c
Testemunha com milho voluntário	-	0 d	0 c	0 c	0 c
Testemunha sem milho	-	100 a	100 a	100 a	100 a
Média		15,5	12,5	24,8	23,0
³ CV (%)		11,7	0,2	23,7	20,2

¹DAA: dias após a aplicação; ²Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ³CV: coeficiente de variação (%); *Adicionou-se óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

Logo após a aplicação dos herbicidas nos Experimentos 1 e 2, faltou chuva por cerca de 12 dias (Figura 1). A falta de umidade neste período provavelmente reduziu e atrasou a emergência das touceiras distribuídas em superfície, visto que, foi observado emergência de cerca de 13% das touceiras na testemunha com milho em superfície. A reduzida emergência das touceiras semeadas em superfície em função da baixa umidade dificultou a avaliação da eficiência dos herbicidas (Tabelas 2 e 3).

Com a baixa umidade no solo a absorção dos herbicidas foi limitada por um período, estando estes expostos durante este período a fatores que causam sua degradação, como luz, temperatura, oxigênio, adsorção por argilas e matéria orgânica, reduzindo sua eficiência. Para que herbicidas pré-emergentes ofereçam um bom controle, é necessária a presença de umidade no solo, sendo essencial também para desencadear o processo germinativo das sementes do milho e como consequência, a absorção dos herbicidas.

Ao final de dezembro de 2013 ocorreram chuvas consideráveis (Figura 1). A partir de então observou-se que a ação dos herbicidas foi intensificada, principalmente dos herbicidas diclosulam e clorimurrom+sulfometurrom metil, e em menor intensidade o herbicida imazapic+imazapir avaliados aos 36 e 61 DAA (Tabelas 2 e 3).

Nos Experimentos 1 e 2 a partir da presença de umidade, juntamente com a água foram absorvidos os herbicidas que ainda não haviam sido degradados pela ação do ambiente, proporcionando ainda algum controle das touceiras do milho.

Mesmo com as interferências discutidas anteriormente, o rendimento de grãos da soja variou com os tratamentos. No Experimento 1 onde as touceiras foram semeadas em superfície o rendimento de grãos da soja foi maior com os herbicidas diclosulam, clorimuirom+sulfometurom, imazapic+imazapir e clomazona, não diferindo da testemunha sem milho (Tabela 4).

Tabela 4 – Rendimento de grãos de soja em função dos herbicidas aplicados no controle de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂ semeadas em superfície (Experimento 1). Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas *	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Rendimento de grãos de soja (kg ha ⁻¹)
Clorimuirom	25	2059 cd ¹
Diclosulam	25,2	2663 a
Clorimuirom+Sulfometurom metil	18,7+18,7	2673 a
Imazapic+Imazapir	78,7+26,2	2306 abcd
Clomazona	360	2392 abc
Piroxasulfona	119	2224 bcd
Testemunha com milho voluntário	-	1925 d
Testemunha sem milho	-	2601 ab
Média		2355,3
² CV (%)		7,4

¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ²CV: coeficiente de variação (%); * Adicionou-se óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

No Experimento 2 o tratamento sem milho apresentou o maior rendimento de grãos, seguido pelos herbicidas clorimuirom+sulfometurom, diclosulam e imazapic+imazapir, diferindo estatisticamente entre eles nessa ordem (Tabela 5). As diferenças no rendimento de grãos dos herbicidas

clorimurrom+sulfometurrom, diclosulam e imazapic+imazapir em relação a testemunha sem milho foi de 83%, 276% e 574%, respectivamente (Tabela 5). O rendimento de grãos observado nos herbicidas clorimurrom, clomazona e piroxasulfone não diferiram da testemunha com milho (Tabela 5). A diferença observada no rendimento da soja foi devida a reduzida eficiência de controle dos herbicidas e também a elevada capacidade competitiva do milho que mesmo em baixa população causa perdas expressivas (Tabela 5).

Tabela 5 – Rendimento de grãos de soja em função dos herbicidas aplicados no controle de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂ semeadas enterradas (Experimento 2). Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas *	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Rendimento de grãos de soja (kg ha ⁻¹)
Clorimurrom	25	193 e ¹
Diclosulam	25,2	692 c
Clorimurrom+Sulfometurrom metil	18,7+18,7	1421 b
Imazapic+Imazapir	78,7+26,2	386 d
Clomazona	360	147 e
Piroxasulfona	119	116 e
Testemunha com milho voluntário	-	82 e
Testemunha sem milho	-	2601 a
Média		705
² CV (%)		10,1

¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ²CV: coeficiente de variação (%); * Adicionou-se óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

No Experimento 3, onde o milho semeado foram touceiras enterradas, os herbicidas que foram mais eficientes no controle do milho nas quatro épocas de avaliação foram o imazapic+imazapir,

seguido por clorimuirom+sulfometurom e diclosulam (Tabela 6). O controle médio das touceiras nas quatro épocas de avaliação proporcionado pelos herbicidas imazapic+imazapir, clorimuirom+sulfometurom e diclosulam foi de 84,3%, 68,3%, 47,3%, respectivamente (Tabela 6).

No controle das touceiras destacou-se o herbicida imazapic+imazapir, com controle superior ou igual a 80% em todas avaliações (Tabela 6). O herbicida clorimuirom+sulfometurom na primeira avaliação apresentou controle de 55%, aumentando para acima de 70% nas avaliações seguintes (Tabela 6). Em todas as avaliações o herbicida diclosulam apresentou resultado similar, em torno dos 50% de controle de touceiras (Tabela 6).

Tabela 6 – Controle percentual de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂ enterradas aos 16, 26, 37 e 58 DAA (Experimento 3). Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas *	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)			
		16 DAA ¹	26 DAA	37 DAA	58 DAA
Clorimuirom	25	15 c ²	15 d ²	19 e ²	16 e ²
Diclosulam	25,2	52 b	51 c	46 d	40 d
Clorimuirom+Sulfometurom metil	18,7+18,7	55 b	70 b	74 c	74 c
Imazapic+Imazapir	78,7+26,2	90 a	82 b	80 b	85 b
Clomazona	360	20 c	17 d	9 f	10 e
Piroxasulfona	119	0 d	5 de	0 g	0 f
Testemunha com milho voluntário	-	0 d	0 e	0 g	0 f
Testemunha sem milho	-	100 a	100 a	100 a	100 a
Média		41,6	42,6	40,9	40,6
³ CV (%)		11,6	12,6	6,3	7,4

¹DAA: dias após a aplicação; ²Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ³CV: coeficiente de variação (%); * Adicionou-se óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

No Experimento 4, no qual as sementes enterradas de milho deram origem a plantas individuais, a aplicação dos herbicidas imazapic+imazapir, clorimuirom+sulfometurom e diclosulam resultou em controle médio de 96,5%, 95,5% e 87%, respectivamente (Tabela 7). Estes herbicidas proporcionaram elevado controle para as plantas individuais de milho. Este resultado foi devido ao menor número de plantas por área quando em comparação a touceiras, e a quantidade de ativo aplicada foi suficiente para proporcionar o excelente resultado em controle (Tabela 7).

Para o controle das plantas individuais de milho, a aplicação dos herbicidas clorimuirom, clomazona e piroxasulfone resultou em controle médio de 47%, 36,3% e 9%, sendo inferior aos herbicidas imazapic+imazapir, clorimuirom+sulfometurom e diclosulam (Tabela 7).

Tabela 7 – Controle percentual de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂ semeadas enterradas aos 16, 26, 37 e 58 DAA (Experimento 4). Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas*	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Controle (%)			
		16 DAA ¹	26 DAA	37 DAA	58 DAA
Clorimuirom	25	72 b ²	59 c ²	32 c ²	25 c ²
Diclosulam	25,2	90 a	86 b	85 b	87 b
Clorimuirom+Sulfometurom metil	18,7+18,7	98 a	94 ab	95 a	95 ab
Imazapic+Imazapir	78,7+26,2	98 a	96 ab	96 a	96 ab
Clomazona	360	55 c	40 d	25 c	25 c
Piroxasulfona	119	17 d	0 e	12 d	7 d
Testemunha com milho voluntário	-	0 e	0 e	0 e	0 d
Testemunha sem milho	-	100 a	100 a	100 a	100 a
Média		66,3	59,4	55,9	54,5
³ CV (%)		6,7	7,2	7	7,1

¹DAA: dias após a aplicação; ²Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ³CV: coeficiente de variação (%); * Adicionou-se óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

O baixo rendimento de grãos observado mesmo na testemunha sem milho, nos Experimentos 3 e 4, foi devido à época tardia de semeadura da soja. Outro fator que influenciou no baixo rendimento de grãos da soja foi a dificuldade imposta pela barreira física do milho, impedindo a penetração de fungicidas no dossel da soja, dificultando o controle da ferrugem da soja.

No Experimento 3, no qual o milho foi oriundo de touceiras enterradas, o rendimento de grãos variou em função dos tratamentos (Tabela 8). O maior rendimento foi observado na testemunha livre de milho, seguido pelos herbicidas imazapic+imazapir, clorimuirom+sulfometurom e diclosulam, diferindo estatisticamente nesta ordem (Tabela 8).

Tabela 8 – Rendimento de grãos de soja em função dos herbicidas aplicados no controle de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂ semeadas enterradas (Experimento 3). Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas *	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Rendimento de grãos de soja (kg ha ⁻¹)
Clorimuirom	25	75 e ¹
Diclosulam	25,2	239 d
Clorimuirom+Sulfometurom metil	18,7+18,7	399 c
Imazapic+Imazapir	78,7+26,2	557 b
Clomazona	360	76 e
Piroxasulfona	119	56 e
Testemunha com milho voluntário	-	0 e
Testemunha sem milho	-	1397 a
Média		350
² CV (%)		16,7

¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); ²CV: coeficiente de variação (%); * Adicionou-se óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

No Experimento 4, os melhores rendimentos de grãos da soja foram obtidos na testemunha sem milho, seguido por clorimuirom+sulfometurom e diclosulam não diferindo entre si. A diferença em relação a testemunha sem milho no rendimento de grãos entre os tratamentos clorimuirom+sulfometurom, diclosulam e foi de 26,6% e 33,9%, respectivamente.

Apesar de o herbicida imazapic+imazapir ter proporcionado o melhor controle de touceiras de milho, o rendimento de grãos da soja neste tratamento não acompanhou o controle. É provável que o herbicida tenha causado fitotoxicidade na soja, e conseqüentemente, perda no rendimento de grãos da soja (Tabela 9).

Tabela 9 – Rendimento de grãos de soja em função dos herbicidas aplicados no controle de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂ (Experimento 4). Passo Fundo, RS, UPF, 2014

Herbicidas*	Doses (g i.a. ha ⁻¹)	Rendimento de grãos de soja (kg ha ⁻¹)
Clorimuirom	25	468 d ¹
Diclosulam	25,2	1019 b
Clorimuirom+Sulfometurom metil	18,7+18,7	1077 b
Imazapic+Imazapir	78,7+26,2	675 c
Clomazona	360	279 e
Piroxasulfona	119	149 f
Testemunha com milho voluntário	-	226 ef
Testemunha sem milho	-	1364 a
Média		657
² CV (%)		7,6

¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (P≤0,05); CV: coeficiente de variação (%); * Adicionou-se óleo mineral Nimbus na dose de 0,5 L ha⁻¹.

A utilização de herbicidas pré-emergentes como clorimuirom+sulfometurom, diclosulam, imazapic+imazapir na cultura da soja, além de controlar outras plantas daninhas, auxiliam no controle do milho voluntário. O controle proporcionado pela ação destes herbicidas no milho voluntário, melhora a eficiência de controle da aplicação de herbicidas graminicidas específicos em pós-emergência. Herbicidas pré-emergentes também irão contribuir para a redução na ocorrência de fluxos de emergência de milho na cultura da soja.

CONCLUSÕES

Os herbicidas clorimuirom+sulfometurom, diclosulam e imazapic+imazapir são eficientes no controle de plantas individuais de milho voluntário RR[®] F₂ em competição com a soja.

Os herbicidas clorimuirom+sulfometurom e imazapic+imazapir são eficientes no controle de touceiras de milho voluntário RR[®] F₂ em competição com a soja cultivar BMX Turbo RR.

Os herbicidas clorimuirom, piroxasulfone e clomazona não são eficientes para o controle de plantas e touceiras de milho voluntário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período da condução dos experimentos a campo, foi possível observar os elevados danos que a competição do milho voluntário causa na soja. O crescimento e desenvolvimento do milho foi muito superior ao da soja, sombreando intensamente e competindo por água e nutrientes. Os danos causados por touceiras foram superiores aos causados por plantas individuais. O raio de interferência de touceiras na soja parece ser maior em relação a plantas individuais. Por ter elevado número de plantas em um mesmo ponto, as touceiras crescem menos do que plantas individuais, e além da competição por água e nutrientes o sombreamento causado por touceiras é maior. A densidade da massa foliar de plantas individuais de milho é menor que de touceiras, permitindo maior penetração de luz no dossel.

Além dos danos causados pela competição, a presença de milho voluntário na lavoura de soja dificulta os tratamentos culturais. A massa foliar do milho dificulta a penetração de produtos fitossanitários no dossel da soja, formando o “efeito guarda-chuva”. Em anos em que há grande pressão de doenças, como foi o caso, com elevada pressão de ferrugem da soja, por dificuldades no seu controle em função da presença do milho, a severidade da doença foi maior em relação a soja mantida livre de milho.

Análises enzimáticas para verificar a resposta das plantas aos estresses, são ferramentas importantes para o melhor entendimento dos processos fisiológicos das plantas e do processo de

perdas de rendimento de grãos. Há carências de estudos científicos na interação dos fatores analisados neste trabalho. Provavelmente a elevada variabilidade dos resultados é devido aos experimentos terem sido realizados a campo. Talvez experimentos realizados em condições controladas possam reduzir a variabilidade dos resultados.

A utilização de herbicidas pré-emergentes na cultura da soja mostra-se como uma ferramenta que também pode auxiliar no controle do milho voluntário. Estes herbicidas irão contribuir com a redução da emergência de novos fluxos de emergência de milho na cultura da soja, reduzindo a pressão sobre os herbicidas gramínicos aplicados em pós-emergência.

REFERÊNCIAS

- AFIFI, M.; SWANTON, C. J. Maize seed and stem roots differ in response to neighbouring weeds. *Weed Research*, v. 51, p. 442-450, 2011.
- AFIFI, M.; SWANTON, C. Early physiological mechanisms of weed competition. *Weed Science*, v. 60, p. 542-551, 2012.
- ANDERSEN, R. N. Control of volunteer corn and giant foxtail in soybeans. *Weed Science*, v. 24, n. 3, p. 253-256, 1976.
- ANDERSEN, R. N.; GEADELMANN, J. L. The effect of parentage on the control of volunteer corn (*Zea mays*) in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, v. 30, n. 2, p. 127-131, 1982.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, v.55, n.1, p.373-399, 2004.
- BALARE, C. L.; CASAL, J. J. Light signals perceived by crop and weed plants. *Field Crops Research*, v. 67, n. 2, p. 149-160, 2000.
- BALARÉ, C. L. Illuminated behavior: phytochrome as a key regulator of light forging and plant anti-herbivore defence. *Plant Cell Environment*, v. 32, p. 713-725, 2009.
- BARBOSA, M. R. et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. *Ciência Rural*, v.44, n.3, p.453-460, 2014.
- BECKETT, T. H.; STOLLER E. W. Volunteer corn (*Zea mays*) in soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, v. 36, n. 2, p.159-166, 1988.
- BENNETT, A. C.; SHAW, D. R. Effect of *Glycine max* cultivars and weed control on weed seed characteristics. *Weed Science*, v. 48, n. 4, p. 431-435, 2000.
- BERNARDS, M.; SANDELL, L.; WRIGHT, B. Volunteer corn in soybeans. *University of Nebraska Lincoln*, 2010. Disponível em:<<http://weedsience.unl.edu/pdfarticles/vcorn2010.pdf>> Acesso em 05 jul. 2013.

BESSEAU, S.; HOFFMAN, L.; GEOFFROY, P.; LAPIERRE, C.; POLLET, B.; LEGRAND, M. Flavonoid accumulation in *Arabidopsis* repressed in lignin synthesis affects auxin transport and plant growth. *Plant Cell*, v. 19, p. 148-162, 2007.

BOARD, J. E.; WIER, A. T.; BOETHEL, D. J. Source strength influence on soybean formation during early and late reproductive development. *Crop Science*, v. 35, n. 4, p. 1104-1110, 1995.

CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; ZAGO, M. S. Perdas na colheita mecanizada de soja no Triângulo Mineiro. *Revista Nucleus*, v. 3, p. 57-60, 2005.

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

CAVALCANTI, F. R.; OLIVEIRA, J. T. A.; MARTINS-MIRANDA, A. S.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. *New Phytologist*, v. 163, n. 3, p. 563-571, 2004.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA – CTNBio, 2008. *Parecer técnico nº 1596/2008 – liberação comercial de milho geneticamente modificado tolerante ao glifosato, milho Roundup Ready 2, evento NK603 – Processo no 01200.002293/2004-16*. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/12340.html>>. Acesso em: 02 jul. 2013.

CONAB, 2015. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos (safra 2014/15)* Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 16 fev. 2015.

CONLEY, S. P.; SANTINI, J. B. *Crop management practices in Indiana soybean production systems*. Crop Management. 2007, doi:10.1094/CM-2007-0104-01-RS. [artigo científico]. Disponível em: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2007/practices/>. Acesso em: jan. 2014.

COSTA, N. V.; ZOBIOLE, L. H. S.; SCARIOT, C. A.; PEREIRA, G. R.; MORATELLI, G. Glyphosate tolerant volunteer corn control at two development stages. *Planta Daninha*, v. 32, n. 4, p. 675-682, 2014.

DABROWSKA, G.; KATA, A.; GOC, A.; SZECHYŃSKAHEBDA, M.; SKRZYPEK, E. Characteristics of the plant ascorbate peroxidase family. *Acta Biologica Cracoviensia*, v.49, n.1, p.7-17, 2007.

DAVIS, V. M.; MARQUARDT, P. T.; JOHNSON, W. J. Volunteer corn in northern Indiana soybean correlates to glyphosate-resistant corn adoption. *Crop Management*, v. 7, n. 1, p. 1-2, 2008.

DEEN, W.; HAMILL, A.; SHROPSHIRE, C.; SOLTANI, N.; SIKKEMA, P. Control of volunteer glyphosate-resistant corn (*Zea mays*) in glyphosate-resistant soybean. *Weed Technology*, v. 20, n. 1, p. 261-266, 2006.

DEL LONGO, O. T.; GONZÁLEZ, C. A.; PASTORI, G. M.; TRIPPI, V. S. Antioxidant defenses under hyperoxygenic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. *Plant and Cell Physiology*, v. 34, n. 7, p. 1023-1028, 1993.

DIPIERRO, N. et al. Changes in the ascorbate system in the response of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) roots to aluminum stress. *Journal of Plant Physiology*, v.162, n.1, p.536-539, 2005.

DUBEY, R. S. Metal toxicity, oxidative stress and antioxidative defense system in plants. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfield: Science Publishers, 2011. p.178-203.

DURIGAN, J. C.; VICTORIA FILHO, C.; MATUO, T.; PITELLI, R. A. Períodos de matocompetição na cultura da soja cultivares Santa Rosa e IAC-2. II – Efeitos sobre características morfológicas das plantas e constituição química dos grãos. *Planta Daninha*, v. 1, n. 2, p. 101-114, 1983.

DYBING, C. D. Soybean flower production as related to plant growth and seed yield. *Crop Science*, v. 34, n. 2, p. 489-497, 1994.

EMBRAPA, *Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014*. Passo Fundo, 2012. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads>. Acesso em: março de 2015.

EDWARDS, G. E.; FRANCESCHI, V. R.; VOZNESENSKAYA, E. V. Single-cell C₄ photosynthesis versus the dual-cell (Kranz) paradigm. *Annual Reviews Plant Biology*, v. 55, p. 173–196, 2004.

GAZZIERO, D. L. P. As plantas daninhas e soja resistente ao glyphosate no Brasil. In: SEMINARIO-TALLER DE CULTIVO E MALEZAS RESISTENTES A HERBICIDAS, Colonia del Sacramento. Ponencias. La Estanzuela: INIA, 2005. CD-ROM.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutase. *Plant Physiology*, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stresses tolerance in crop plants. *Plant Physiology. Biochemistry*, v. 48, p. 909-930, 2010.

GOLDBERG, D. E.; LANDA, K. Competitive effect and response: hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. *Journal of Ecology*, v. 79, n. 4, p. 1013-1030, 1991.

INZE, D.; VAN MONTAGU, M. Oxidative stress in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 6, n. 2, p. 153-158, 1995.

KIRKMAN, H. N.; GALIANO, S.; GAETANI, G. F. The function of catalase-bound NADPH. *Journal Biology Chemical*, v. 262, n. 1, p. 660-666, 1987.

KOSLOWSKI, L. A.; RONZELLI J. P.; PURISSIMO, C.; DAROS, E.; KOEHLER, H. S. Interferência das plantas daninhas na cultura do feijoeiro comum em Sistema de semeadura direta. *Planta daninha*, v. 20, n. 2, p. 213-220, 2002.

KROPFF, M. J.; LOTZ, L. A. P. Optimization of weed management systems the role of ecological models of interplant competition. *Weed Technology*, v. 6, n. 2, p. 462-470, 1992.

LAMEGO F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; SCHAEGLER C. E. Tolerância a 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.

LAMEGO F. P.; FLECK, N. G.; BIANCHI, M. A.; VIDAL, R. A. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. *Planta daninha*, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

LOCATO, V.; PINTO M. C. de; PARADISO, A.; GARA, L. Reactive oxygen species and ascorbate glutathione interplay in signaling and stress responses. In: GUPTA, S.D. *Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants*. Enfield: Science Publishers, 2010. p. 45-64.

MARQUARDT, P.; KRUPKE, C.; JOHNSON, W. G. Competition of transgenic volunteer corn with soybean and the effect on western corn rootworm emergence. *Weed Science*, v. 60, n. 2, p. 193-198, 2012.

MARQUARDT, P. T.; TERRY, M. R.; JOHNSON, W. G. The impact of volunteer corn on crop yields and insect resistance management strategies. *Agronomy*, v. 3, p. 488-496, 2013.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, v. 7, n. 1, p. 405-410, 2002.

MIZUNO, M.; KAMEI, M.; TSUCHIDA, H. Ascorbate peroxidase and catalase cooperate for protection against hydrogen peroxide generated in potato tuber during low-temperature storage. *Biochemistry Molecular Biology International*, v. 44, n. 4, p. 717-725, 1998.

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.

NOGUCHI, K.; NAKAYAMA, K. Studies on competition between upland crops and weeds. III-Effect of shade on growth of weeds. *Jap. Journal of Crop. Science*, v. 47, n. 1, p. 56-62, 1978.

OLIVEIRA, C. *Mudanças morfofisiológicas e metabólicas em biótipos de azevém, resistente ou suscetível a glyphosate em competição com soja*. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Faculdade Elizeu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

O'DONOVAN, J. T.; REMY, A. de S.; O'SULLIVAN, A.; DEW, D.; SHARMA, A. K. Influence of the relative time of emergence of wild oat (*Avena fatua*) on yield loss of barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*, v. 33, n. 4, p. 498-503, 1985.

PADGITT, M. D.; NEWTON, D.; PENN, R.; SANDRETTO, C. *Production practices for major crops in U.S. agriculture, 1990-1997*. Washington: Department of Agriculture, Economic Research Service, 2000. (Statistical Bulletin 969).

PEIXOTO, P. H. P. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PITELLI, R. A. A interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informações Agropecuárias*, v. 11, n. 129, p. 19-27, 1985.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. *Weed ecology. Implications for management*. 2. ed. New York: John Wiley, 1997. 589p.

RAMAKRISHNA, A.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior*, v. 6, n. 11, p.1720-1731, 2011.

RAJCAN, I.; SWANTON, C. L. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crop Research*, v. 71, n. 2, p. 139-150, 2001.

RIZZARDI, M. A.; ROMAN, E. S.; BOROWSKI, D. Z.; MARCON, R. Interferência de populações de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea ramosissima* isoladas ou em misturas sobre a cultura da soja. *Planta Daninha*, v. 22, n. 1, p. 29-34, 2004.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G. Métodos de qualificação da cobertura foliar da infestação de plantas daninhas e da cultura da soja. *Ciência Rural*, v. 34, p. 13-18, 2004.

RIZZARDI, M. A.; LANGE, M. S.; KOENIG, M. A.; COSTA, L. O. *Nível de dano de milho resistente ao glifosato em soja RR*. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 27., 2012, Campo Grande-MS/Biologia das plantas daninhas.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. *Guia de herbicidas*. 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 591p.

SAGE, R. F. The evolution of C₄ photosynthesis. *New Phytologisty*, v. 161, p. 341-370, 2004.

SANTOS, O. S.; MANARA, W.; MANARA, N. T. F.; RAUPP, R. O.; RIBEIRO, N. D.; TSUKANO, M. M. K. Comparação entre gerações F₁ e F₂ de híbridos comerciais de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 28, n. 1, p. 75-79, 1993.

SERGIER, I.; ALEXIEVA, V.; KARANOV, E. Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogenous protective systems and stress markers in plant. *Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences*, v. 51, n. 3, p. 121-124, 1997.

SHAW, W. C. Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Science*, v. 30, n. 1, 2-12, 1982.

SILVA, A. F.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, F. A.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. Densidades de plantas daninhas e épocas de controle sobre os componentes de produção da soja. *Planta Daninha*, v. 26, n. 1, p. 65-71, 2008.

SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; GALON, L.; COELHO, A. T. C. P.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A. Interferência de plantas daninhas em diferentes densidades no crescimento da soja. *Planta daninha*, v. 27, n. 1, p. 75-84, 2009.

SOMASHEKARAIHAH, S. V.; PADMAJI, K.; PRASAD, A. R. K. Phytotoxicity of cadmium ions on germinating seeding of mung bean (*Phaseolus vulgaris*): involvement of lipid peroxidation in chlorophyll degradation. *Physiologia Plantarum*, v. 85, n. 1, p. 85-89, 1992.

TABILE, R. A.; De TOLEDO, A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W. Perdas na colheita de milho em função da rotação do cilindro trilhador e umidade dos grãos. *ScientiaAgraria*, v. 9, n. 4, p. 505-510, 2008.

TARHANEN, S.; METSARINNE, S.; HOLOPAINEN, T.; OKSANEN, J. Membrane permeability response of lichen *Bryoria fuscescens* to wet deposited heavy metals and acid rain. *Environmental Pollution*, v. 104, n. 1, p. 121-129, 1999.

TIAN, X. R.; LEI, Y. B. Physiological responses of wheat seedlings to drought and UV-B radiation. Effect of exogenous sodium nitroprusside application. *Russian Journal of Plant Physiology*, v.54, n. 5, p. 676-682, 2007.

TRIANANTAPHYLIDES C.; HAVAUX, M. Singlet oxygen in plants: production, detoxification and signaling. *Trends in Plant Science*, v.14, n.4, p.219-229, 2009.

TRIPATHY, B. C.; MOHAPATRA, A.; GUPTA, I. Impairment of the photosynthetic apparatus by oxidase stress induced by photosensitization reaction of protoporphyrin IX. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1767, n. 6, p. 860-868, 2007.

USDA-NASS. *U. S. Department of agriculture-national agricultural statistics service. Soybean objective yield survey data, 1992-2006*. Washington: U. S. Department of Agriculture-national Agricultural Statistics Service, 2007, p. 1-8.

VANDEVENDER, K. W.; COSTELLO, T. A.; SMITH JR., R. J. Model of rice (*Oryza sativa*) yield reduction as a function of weed interference. *Weed Science*, v. 45, n. 2, p. 218-224, 1997.

VICK, B. A.; ZIMMERMAN, D. C. Oxidative systems for modification of fatty acids: the lipoxygenase pathway. In: STUMPF, P. K. (Eds.). *The biochemistry of plants, lipids: structure and function*. New York: Academic Press, 1987. p. 54-89.

WANG, S. H.; YANG, Z. M.; LU, B.; LI, S. Q.; LU, Y. P. Copper induced stress and antioxidative responses in roots of *Brassica juncea* L. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, v. 45, n. 1, p. 203-212, 2004.

WINKEL-SHIRLEY, B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Current Opinion in Plant Biology*, v. 5, n. 3, p. 218-223, 2002.

XIAO, Z.; MIAO, Y. C.; AN, G. Y.; ZHOU, Y.; SHANGGUAN, Z. P.; GAO, J. F.; SONG, C. P. K⁺ channels inhibited by hydrogen peroxide mediate abscisic acid signaling in *Vicia* guard cells. *Cell Research*, v. 1, n. 11, p. 195-202, 2001.

YELVERTON, F. H.; COBLE, H. D. Narrow row spacing and canopy formation reduces weed resurgence in soybeans (*Glycine max*). *Weed Technology*, v. 5, p. 169-174, 1991.

YIN, X. L.; JIANG, L.; SONG, N. H.; YANG, H. Toxic reactivity of wheat (*Triticum aestivum*) plants to herbicide isoproturon. *Journal of Agronomy and Food Chemistry*, v. 56, n. 12, p. 4825-4831, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Resumo da análise de variância referente ao capítulo I (Cepagro/UPF: Passo Fundo, 2013/2014)

QUADRADOS MÉDIOS											
Causas de variação	GL	Figura 1		Figura 2		Figura 3		Figura 4		Figura 4	
		30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE
Regressão	1	2,76*	350,37*	6,08*	506,96*	0,32 ^{ns}	72,86*	3,74 ^{ns}	27,91*		
Resíduo	30	0,167	9,46	0,12	41,98	0,06	6,32	1,84	1,36		
Total	31										
Coefficiente de Variação (%)		3,1	9,61	4,56	6,33	2,36	3,1	4,84	3,66		

QUADRADOS MÉDIOS																	
Causas de variação	GL	Figura 5		Figura 6		Figura 7		Figura 8		Figura 9		Figura 10		Figura 11		Figura 12	
		30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE	30 DAE	60 DAE
Regressão	1	477285,09*	654946,5*	6302,64*	5067,07*	1251,72*	3779,76*	1030,05*	32665,5*								
Resíduo	30	3854,36	65425,9	204,98	591,51	56,83	111,75	14,17	431,72								
Total	31																
Coefficiente de Variação (%)		18,1	38,8	10,8	6,05	20,8	38,1	8,77	6,38								

* Valores significativos ao nível de 95% de confiabilidade

APÊNDICE 2 - Resumo da análise de variância referente ao capítulo II (Cepagro/UPF. Passo Fundo, 2013/2014)

Causas de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS								
		Tabela 1	Tabela 2	Tabela 3	Tabela 4	Tabela 5	Tabela 6	Tabela 7	Tabela 8	Tabela 9
Blocos	3	0,261	152,79	88,884	263,56	0,4731	1683,85	3,778	60,729	51496,9
Origens	1	19,983*	61,760 ^{ns}	69,36 ^{ns}	559,70 ^{ns}	8,82**	37004,9**	256,1**	1996,55**	2334322**
Épocas	2	22,905**	476,67**	4079,04**	2454,86**	10,815**	57817,7**	180,21**	740,75**	6765682,3**
Origens X Épocas	2	9,128 ^{ns}	171,21*	54,215 ^{ns}	188,79 ^{ns}	2,339*	4382,91 ^{ns}	46,357 ^{ns}	78,555 ^{ns}	27765,4 ^{ns}
Resíduo	15	2,692	29,608	24,837	154,87	0,491	2958,04	13,237	97,167	81123,9
Total	23									
Coefficiente de Variação (%)		7,79	4,92	11,49	7,14	21,07	21,07	28,51	36,94	26,9

* Valores significativos ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

** Valores significativos ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

^{ns} não significativo.

APÊNDICE 3 - Resumo da análise de variância referente ao capítulo III (Cepagro/UPF: Passo Fundo, 2013/2014)

QUADRADOS MÉDIOS													
Causas de variação	GL	Figura 1		Figura 2		Figura 3		Figura 2		Figura 3		Figura 3	
		20 DAE	35 DAE	46 DAE	20 DAE	35 DAE	46 DAE	20 DAE	35 DAE	46 DAE	20 DAE	35 DAE	46 DAE
Regressão	1	24,49*	517,22*	946,14*	66,71*	1013,76*	1472,0*	1547,01*	2792,39 ^{ns}	1556,79*			
Resíduo	30	2,48	10,74	5,13	4,00	17,5	11,48	41,49	2672,97	257,6			
Total	31												
Coefficiente de Variação (%)		6,24	7,62	7,47	9,4	9,54	11,51	55,14	35,1	35,95			

QUADRADOS MÉDIOS													
Causas de variação	GL	Figura 4		Figura 5		Figura 6		Figura 5		Figura 6		Figura 6	
		20 DAE	35 DAE	46 DAE	20 DAE	35 DAE	46 DAE	20 DAE	35 DAE	46 DAE	20 DAE	35 DAE	46 DAE
Regressão	1	7378,8*	18115,5*	10093,04*	26,76*	43,42*	8,97 ^{ns}	54,61*	52,43*	50,92*			
Resíduo	30	610,18	1564,01	1178,67	2,2	7,93	4,93	7,75	9,31	6,15			
Total	31												
Coefficiente de Variação (%)		17,03	35,31	23,29	12,76	37,4	29,93	26,42	24,58	29,62			

* Significativo ao nível de 95% de confiabilidade

^{ns} não significativo.

APÊNDICE 3 - Resumo da análise de variância referente ao capítulo III (Cepagro/UPF. Passo Fundo, 2013/2014)
 ...continuação

Causas de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		Figura 7 20 DAE	Figura 7 35 DAE	Figura 7 46 DAE	Figura 8 20 DAE	Figura 8 35 DAE	Figura 8 46 DAE
Regressão	1	3526,57*	3419,54*	794,37 ^{ns}	3443,17*	4647,58*	90,56 ^{ns}
Resíduo	30	411,98	241,91	334,72	205,29	486,82	127,89
Total	31						
Coefficiente de Variação (%)		21,1	23	18,12	10,87	35,68	10,1

* Significativo ao nível de 95% de confiabilidade

^{ns} não significativo.

APÊNDICE 4 - Resumo da análise de variância referente ao capítulo IV (Cepagro/UPF. Passo Fundo, 2013/2014)

QUADRADOS MÉDIOS											
Causas de variação	GL	Tabela 2		Tabela 2		Tabela 3		Tabela 3		Tabela 3	
		10 DAE	20 DAE	36 DAE	61 DAE	10 DAE	20 DAE	36 DAE	61 DAE	20 DAE	36 DAE
Blocos	3	0,015	0,015	46,61	15,36	4,69	0,015	46,61	0,015	46,61	50,78
Herbicidas	7	4919,37**	4919,37**	5279,35**	5148,1**	4676,95**	4919,37**	5279,35**	4919,37**	5279,35**	4929,35**
Resíduo	21	0,00071	0,00071	34,7	18,93	3,29	0,00071	34,7	0,00071	34,7	21,01
Total	31										
Coefficiente de Variação (%)		0,2	0,2	23,71	18,69	11,68	0,2	23,71	0,2	23,71	20,24

QUADRADOS MÉDIOS											
Causas de variação	GL	Tabela 4		Tabela 5		Tabela 6		Tabela 6		Tabela 7	
		10 DAE	20 DAE	36 DAE	61 DAE	16 DAE	26 DAE	37 DAE	58 DAE	16 DAE	26 DAE
Blocos	3	9547,53	2216,91	30,208	21,614	11,458	0,00	11,791	0,00	11,791	40,75
Herbicidas	7	314271,99**	3152988,9**	6106,69**	5904,35**	6285,26**	6528,57**	6067,91**	6528,57**	6067,91**	7051,78**
Resíduo	21	30417,86	5148,21	23,065	28,757	6,696	8,92	19,815	8,92	19,815	18,6
Total	31										
Coefficiente de Variação (%)		7,4	10,18	11,56	12,57	6,32	7,36	6,71	7,36	6,71	7,27

* Valores significativos ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

** Valores significativos ao nível de 1% pelo teste de Tukey.

APÊNDICE 4 - Resumo da análise de variância referente ao capítulo IV (Cepagro/UPF. Passo Fundo, 2013/2014)...continuação

Causas de variação	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		Tabela 7 37 DAE	Tabela 7 58 DAE	Tabela 7 58 DAE	Tabela 8	Tabela 9		
Blocos	3	11,583	13,708	1897,39	3933,02			
Herbicidas	7	7153,64**	7704,69**	865253,84**	816948,45**			
Resíduo	21	15,583	15,136	3431,19	2493,79			
Total	31							
Coefficiente de Variação (%)		7,07	7,13	16,74	7,6			

* Valores significativos ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

** Valores significativos ao nível de 1% pelo teste de Tukey.