

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

**HABILIDADE COMPETITIVA DE SOJA E MILHO**  
**COM ESPÉCIES DANINHAS POÁCEAS**

**ALANA CRISTINA DORNELES WANDSCHEER**

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, março de 2012.

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

**HABILIDADE COMPETITIVA DE SOJA E MILHO  
COM ESPÉCIES DANINHAS POÁCEAS**

**ALANA CRISTINA DORNELES WANDSCHEER**

**Orientador: Prof. Dr. Mauro Antonio 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, março de 2012.



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

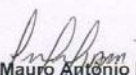
“Habilidade competitiva de espécies daninhas poáceas com soja e milho”

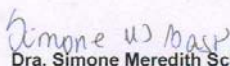
Elaborada por

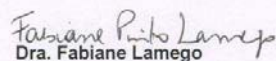
ALANA CRISTINA DORNELES WANDSCHEER

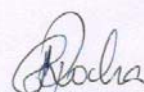
Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em  
Agronomia – Área de Produção Vegetal

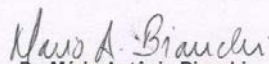
Aprovada em: 05/03/2012  
Pela Comissão Examinadora

  
Dr. Mauro Antonio Rizzardi  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientador

  
Dra. Simone Meredith Scheffer Basso  
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

  
Dra. Fabiane Lamego  
UFSM

  
Dr. Hélio Carlos Rocha  
Diretor FAMV

  
Dr. Mário Antônio Bianchi  
Unicruz

CIP – Catalogação na Publicação

---

W245h Wandscheer, Alana Cristina Dorneles  
Habilidade competitiva de soja e milho com  
espécies daninhas poáceas / Alana Cristina Dorneles  
Wandscheer. – 2012.  
210 f. : il. ; 25 cm.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antonio Rizzardi.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) –  
Universidade de Passo Fundo, 2012.

1. Milho. 2. Soja. 3. Ervas daninhas. 4. Produtividade  
agrícola. I. Rizzardi, Mauro Antonio, orientador. II. Título.

CDU: 632.51

*“A maior vitória na competição é derivada da satisfação interna de saber que você fez o seu melhor e que você obteve o máximo daquilo que você deu.”*

Howard Cosell

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Alana Cristina Dorneles Wandscheer, filha de Kurt Alceu Wandscheer e Eva Denilde Dorneles, nasceu aos vinte e oito dias do mês de novembro de 1987, no município de Seberi, estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Formada em Ciências Biológicas – Licenciatura Plena, pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, *Campus* de Frederico Westphalen, em setembro de 2009.

Ingressou no curso de mestrado em Agronomia – área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade de Passo Fundo – UPF, em março de 2010, sob orientação do Prof. Dr. Mauro Antonio Rizzardi.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que com amor de Pai me acompanha todos os dias, ajudando-me a superar as dificuldades, dando-me forças para lutar por meus objetivos e sonhos.

Aos meus pais Eva e Kurt, meu irmão Diego e minha avó Natalia, obrigada pelo apoio e carinho nesta caminhada e em todos os outros momentos da minha vida, pois sei que posso sempre contar com vocês.

Ao noivo Mauri, quem com certeza fez toda a diferença em minha vida, que me dá forças nos momentos de desânimo, obrigada por todo amor e incentivo, pela compreensão nos momentos de ausência, pela ajuda na execução dos trabalhos de campo, enfim... pela presença constante!

À Universidade de Passo Fundo e a Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, pela oportunidade e estrutura necessária à realização da pesquisa.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao orientador, Prof. Dr. Mauro Rizzardi, por ter compartilhado este tempo comigo, auxiliando-me em meu crescimento pessoal e profissional.

Ao doutorando Marcos André Nohatto, da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, pelo auxílio nos cálculos e nas estatísticas deste trabalho.

À Dra. Simone Basso, da Universidade de Passo Fundo – UPF, pelo auxílio na identificação botânica.

Aos professores do curso de mestrado em Agronomia da UPF, pelo conhecimento proporcionado nestes dois anos.

Aos amigos e funcionários do Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária da UPF - CEPAGRO, especialmente ao Vanderli e Claudio, pela amizade e auxílio na execução dos trabalhos de campo, pelo conhecimento compartilhado neste tempo. Meu muito obrigada!

Agradeço também aos amigos e professores do curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (CESNORS, *campus* de Frederico Westphalen), com os quais tive a alegria de conviver por vários meses. Agradeço especialmente ao Dr. Fabiano Fortes e Dr. Magda Zanon, pelo auxílio nas estatísticas, e aos demais professores do curso, pela amizade e apoio nos meses em que trabalhamos juntos.

Aos amigos Muriel Reichert e Vanessa Zanella que colaboraram na execução deste trabalho, especialmente nas coletas de campo, obrigada pela amizade e carinho e por toda ajuda e incentivo!

Às amigas Liege e Roberta, pela amizade e apoio em todos os momentos. Aos amigos Aloisio, Raciéli e Regis, que compartilharam deste momento ao meu lado, dando-me apoio e força quando eu mais precisava.

Enfim, obrigada a todos que, de uma forma ou outra, foram importantes para que eu pudesse chegar até aqui. Com certeza vocês são parte fundamental dessa conquista!



## SUMÁRIO

|                                       | Página |
|---------------------------------------|--------|
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....         | x      |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....         | xiv    |
| <b>RESUMO</b> .....                   | 21     |
| <b>ABSTRACT</b> .....                 | 22     |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....             | 24     |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | 28     |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....               | 54     |
| <b>RESUMO</b> .....                   | 54     |
| <b>ABSTRACT</b> .....                 | 55     |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....             | 56     |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....     | 59     |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> ..... | 64     |
| <b>4 CONCLUSÕES</b> .....             | 93     |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....              | 94     |
| <b>RESUMO</b> .....                   | 94     |
| <b>ABSTRACT</b> .....                 | 95     |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....             | 97     |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....     | 99     |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> ..... | 103    |
| <b>4 CONCLUSÕES</b> .....             | 127    |
| <b>CAPÍTULO III</b> .....             | 128    |
| <b>RESUMO</b> .....                   | 128    |
| <b>ABSTRACT</b> .....                 | 129    |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....             | 131    |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....     | 135    |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> ..... | 140    |
| <b>4 CONCLUSÕES</b> .....             | 157    |
| <b>CAPÍTULO IV</b> .....              | 158    |
| <b>RESUMO</b> .....                   | 158    |
| <b>ABSTRACT</b> .....                 | 159    |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....             | 161    |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....     | 164    |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> ..... | 169    |
| <b>4 CONCLUSÕES</b> .....             | 197    |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....     | 198    |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....              | 199    |

## LISTA DE TABELAS

| <b>Tabela</b>     |  | <b>Página</b> |
|-------------------|--|---------------|
| <b>CAPÍTULO I</b> |  |               |
| 1                 | Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de milho associadas com capim-pé-de-galinha. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011..... | 67            |
| 2                 | Índices de competitividade de milho e capim-pé-de-galinha, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 76            |
| 3                 | Resposta do milho à interferência com o capim-pé-de galinha, aos 42 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 79            |
| 4                 | Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de soja associadas com capim-pé-de-galinha. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 84            |
| 5                 | Índices de competitividade de soja e capim-pé-de-galinha, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 90            |
| 6                 | Resposta da soja à interferência com o capim-pé-de-galinha, aos 60 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 92            |

## CAPÍTULO II

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de milho associadas com capim-sudão. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 107 |
| 2 | Índices de competitividade de milho e capim-sudão, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 112 |
| 3 | Resposta do milho à interferência com o capim-sudão, aos 42 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 114 |
| 4 | Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de soja associadas com o capim-sudão. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011..... | 117 |
| 5 | Índices de competitividade de soja e capim-sudão, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 123 |
| 6 | Resposta da soja à interferência com o capim-sudão, aos 60 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 124 |

### CAPÍTULO III

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de milho em convivência com o falso-capim-de-rhodes. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011..... | 144 |
| 2 | Índices de competitividade do milho e do falso-capim-de-rhodes, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 145 |
| 3 | Resposta do milho à interferência com o falso-capim-de-rhodes, aos 42 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 147 |
| 4 | Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de soja em convivência com o falso-capim-de-rhodes. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 151 |
| 5 | Índices de competitividade da soja e do falso-capim-de-rhodes, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 154 |
| 6 | Resposta da soja à interferência do falso-capim-de-rhodes, aos 60 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 156 |

### CAPÍTULO IV

|   |  |
|---|--|
| 1 | Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, quando |
|---|--|

|   |  |     |
|---|--|-----|
|   | em convivência com a cultura do milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 172 |
| 2 | Resposta do capim-sudão à interferência com o capim-pé-de-galinha, aos 42 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 173 |
| 3 | Índices de competitividade do capim-sudão e do capim-pé-de-galinha quando em convivência com a cultura do milho, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 180 |
| 4 | Matéria seca total do milho em convivência com diferentes proporções de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, aos 42 DAE. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 182 |
| 5 | Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, quando em convivência com a cultura da soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011..... | 186 |
| 6 | Índices de competitividade do capim-sudão e do capim-pé-de-galinha quando em convivência com a cultura da soja, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....   | 193 |
| 7 | Resposta do capim-sudão à interferência com o capim-pé-de-galinha, aos 60 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 195 |
| 8 | Matéria seca total de soja em convivência com diferentes proporções de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, aos 60 DAE. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.....  | 196 |

## LISTA DE FIGURAS

| Figura            |   | Página |
|-------------------|---|--------|
| <b>CAPÍTULO I</b> |   |        |
| 1                 | Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da parte aérea de plantas de milho e <i>Eleusine indica</i> , em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....        | 66     |
| 2                 | Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de milho e <i>Eleusine indica</i> , em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....               | 71     |
| 3                 | Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de milho e <i>Eleusine indica</i> , em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... | 73     |
| 4                 | Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de milho e <i>Eleusine indica</i> , em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas   |        |

- tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 75
- 5 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da parte aérea de plantas de soja e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 81
- 6 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca total (raiz + parte aérea) de plantas de soja e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 82
- 7 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de soja e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 83
- 8 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de soja e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 88

## CAPÍTULO II

- |   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da parte aérea de plantas de milho e <i>Sorghum sudanense</i>, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....</p>        | 105 |
| 2 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de milho e <i>Sorghum sudanense</i>, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....</p>               | 108 |
| 3 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de milho e <i>Sorghum sudanense</i>, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....</p> | 110 |
| 4 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de milho e <i>Sorghum sudanense</i>, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....</p>                           | 111 |
| 5 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para</p>   |     |



- matéria seca da parte aérea de plantas de soja e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 116
- 6 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de soja e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 119
- 7 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de soja e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 121
- 8 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de soja e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 122

### CAPÍTULO III

- |   |  |     |
|---|--|-----|
| 1 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de milho e <i>Chloris distichophylla</i>, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....</p> | 142 |
| 2 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de milho e <i>Chloris distichophylla</i>, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....</p>                           | 143 |
| 3 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de soja e <i>Chloris distichophylla</i>, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....</p>   | 150 |
| 4 | <p>Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de soja e <i>Chloris distichophylla</i>, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....</p>                             | 152 |

## CAPÍTULO IV

- 1 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria da parte aérea de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com o milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 171
- 2 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria da raiz de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com o milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 175
- 3 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca total (raiz + parte aérea) de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com o milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... 177
- 4 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com o milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de

|   |   |     |
|---|---|-----|
|   | uma espécie sobre a outra.....  | 179 |
| 5 | Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria da parte aérea de plantas de <i>S. sudanense</i> e <i>E. indica</i> , em função da proporção de plantas e em convivência com a soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do <i>S. sudanense</i> , (■) PR de <i>E. indica</i> e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....                  | 185 |
| 6 | Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de <i>S. sudanense</i> e <i>E. indica</i> , em função da proporção de plantas e em convivência com a soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do <i>S. sudanense</i> , (■) PR de <i>E. indica</i> e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....                    | 188 |
| 7 | Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca total (raiz + parte aérea) de plantas de <i>S. sudanense</i> e <i>E. indica</i> , em função da proporção de plantas e em convivência com a soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do <i>S. sudanense</i> , (■) PR de <i>E. indica</i> e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra..... | 189 |
| 8 | Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de <i>S. sudanense</i> e <i>E. indica</i> , em função da proporção de plantas e em convivência com a soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do <i>S. sudanense</i> , (■) PR de <i>E. indica</i> e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.....                                | 191 |

## HABILIDADE COMPETITIVA DE SOJA E MILHO COM ESPÉCIES DANINHAS POÁCEAS

ALANA CRISTINA DORNELES WANDSCHEER<sup>1</sup>

**RESUMO** - A competição entre plantas é uma das principais interferências dos sistemas agrícolas e respondem por reduções significativas no rendimento de culturas. A presente pesquisa objetivou avaliar a habilidade competitiva de soja e milho em convivência com as espécies daninhas *Eleusine indica*, *Sorghum sudanense* e *Chloris distichophylla*. Realizaram-se oito experimentos em casa-de-vegetação, na Universidade de Passo Fundo – RS, na estação de cultivo 2010/2011. Os tratamentos consistiram de combinações das culturas e das espécies daninhas, respectivamente (8:0, 6:2, 4:4, 2:6 e 0:8) que corresponderam às proporções de 100, 75, 50, 25 e 0%. A análise da competitividade foi realizada através de diagramas aplicados a experimentos substitutivos e índices de competitividade. As variáveis analisadas foram matéria seca da parte aérea, raiz e total; e estatura de plantas. Realizaram-se também experimentos mistos entre as espécies daninhas *Eleusine indica* e *Sorghum sudanense* e as culturas. Neste caso, mantiveram-se quatro plantas de soja ou milho por vaso e variaram-se as proporções das espécies daninhas. As avaliações foram realizadas da mesma forma que nos experimentos isolados, no entanto procedeu-se também à

---

<sup>1</sup> Bióloga, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

análise da matéria seca total das culturas, por meio da comparação das médias obtidas nas diferentes proporções de plantas daninhas. Em infestações isoladas, observou-se superioridade competitiva do milho em relação à *S. sudanense* e *C. distichophylla* e habilidade competitiva equivalente à *E. indica*. A soja apresentou habilidade competitiva superior às três espécies daninhas. Quando em infestações mistas com a cultura do milho, *E. indica* foi mais competitiva que *S. sudanense*. Entretanto, *S. sudanense* reduziu mais intensamente a matéria seca total do milho em comparação à *E. indica*. Em presença da soja, *S. sudanense* foi mais competitivo que *E. indica*. As maiores reduções na matéria seca total da soja foram verificadas na presença de proporções iguais das duas espécies daninhas.

**Palavras-chave:** competição, *Eleusine indica*, *Sorghum sudanense*, *Chloris distichophylla*.

## **COMPETITIVE ABILITY OF SOYBEAN AND CORN WITH POACEAE WEED SPECIES**

**ABSTRACT** - The competition between plants is a major interference of agricultural systems and account for significant reductions in crop yield. This study aimed to evaluate the competitive ability of soybean and corn in coexistence with weed species *Eleusine indica*, *Sorghum sudanense* and *Chloris distichophylla*. There were eight experiments in green-house, University of Passo Fundo - RS, in the growing season 2010/2011. The treatments consisted of combinations of crops

and weeds, respectively (8:0, 6:2, 4:4, 2:6 and 0:8) that corresponded to the proportions of 100, 75, 50, 25 and 0%. The competitive analysis was accomplished through diagrams applied to replacement series experiment and indexes of competitiveness. The variables analyzed were root and shoot dry weight, total and height of the plants. There were also experiments of mixed weed species *Eleusine indica* and *Sorghum sudanense* and crops. In this case, remained four soybean or corn plants per pot, and varied the proportions of weeds. Evaluations were performed in the same manner as in separate experiments, however it is also carried to the analysis of total dry weight crops, by comparison of measurements obtained in different proportions of weeds. In isolated infestations was observed competitive superiority of corn in relation to *S. sudanense* and *C. distichophylla* and competitive ability equivalent to *E. indica*. Soybean showed superior competitive ability of the three weed species. When in mixed infestations with corn, *E. indica* was more competitive than *S. sudanense*. However, *S. sudanense* more intensely reduced total dry weight of maize compared to *E. indica*. In the presence of soybean, *S. sudanense* was more competitive than *E. indica*. The largest reductions in total dry weight of soybean were observed in the presence of equal proportions of both weed species.

**Key-words:** competition, *Eleusine indica*, *Sorghum sudanense*, *Chloris distichophylla*.

## 1 INTRODUÇÃO

As culturas agrícolas, da mesma forma que outras populações naturais, estão sujeitas a fatores ambientais que influenciam seu crescimento, desenvolvimento e produtividade. Além de fatores climáticos e edáficos, que contribuem para perdas no rendimento das culturas, as plantas silvestres que emergem espontaneamente nos ecossistemas agrícolas são responsáveis por reduções na produtividade biológica das culturas, além de interferir na operacionalização do sistema de produção empregado. Por isso essas plantas são denominadas “plantas daninhas”, sendo na maioria das vezes, alvo de controle (PITELLI, 1985).

A competição é a forma mais conhecida de interferência direta das plantas daninhas nas culturas agrícolas e os recursos mais passíveis de competição são os nutrientes minerais essenciais, a água, luminosidade e espaço físico (PITELLI, 1987). Este processo vem recebendo a atenção do homem há bastante tempo, pois as diferentes espécies vegetais existentes não reagem da mesma maneira aos efeitos competitivos, mas apresentam importante papel na organização dos indivíduos em determinado hábitat (CASTRO & GARCIA, 1996).

Nos últimos anos tem crescido o número de pesquisas a respeito da habilidade competitiva de plantas no ambiente, especialmente o efeito de plantas daninhas sobre culturas agrícolas. Entretanto, ainda há muito que se investigar a respeito deste tema (CASTRO & GARCIA, 1996), sendo que cada espécie possui características diferentes e apresenta potencial competitivo diferenciado de outra espécie. Na maioria das vezes, experimentos em



condições controladas são realizados para investigar a competição entre diferentes espécies (BOOTH et al., 2003).

Segundo Duarte (2010), as culturas de soja e milho respondem por aproximadamente 80% na produção de grãos do Brasil. No entanto, são culturas onde as produtividades são bastante afetadas pela interferência de plantas daninhas. Estudo realizado por Kozlowski (2002) identificou que a interferência ocasionada pelas plantas daninhas reduziu em até 80% o rendimento de grãos de milho. Na cultura da soja, algumas pesquisas evidenciam que espécies daninhas gramíneas são capazes de causar mais danos comparados às espécies dicotiledôneas (FLECK & CANDEMIL, 1995).

No entanto, Bianchi et al. (2006a) destacam que nas áreas agrícolas geralmente a quantidade de indivíduos que corresponde às espécies daninhas é bem maior comparado às espécies cultivadas. Assim, pode-se inferir que estas apresentam habilidade competitiva superior que a cultura, sendo que o efeito é causado mais pela densidade de plantas que pelo real efeito competitivo.

Neste contexto, estudos que visam avaliar os efeitos da interferência das plantas daninhas precisam ser realizados para todas as culturas e regiões, pois somente com o conhecimento preciso do quadro e do potencial de dano, é possível determinar o modo e o momento certo de intervir (DEUBER, 1997).

Como a investigação da competição entre plantas a campo é um tanto difícil, em virtude das interações complexas existentes no Reino Vegetal, experimentos controlados são mais úteis e fornecem uma ideia da real competitividade das espécies no ambiente. Um dos métodos mais utilizados na investigação da habilidade competitiva

entre plantas é o método convencional em série de substituição (FLECK et al., 2008) que possibilita ao pesquisador compreender se a competição é intra ou inter-específica (RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2010). Estes modelos comparam as produtividades das espécies em mistura com as produtividades das espécies em monocultura ou estandes puros, sendo que as proporções das espécies variam entre si e a densidade final é mantida constante (COUSENS, 1991; RADOSEVICH et al., 1997).

As culturas de soja e milho são importantes na renda de pequenas, médias e grandes propriedades rurais do estado do Rio Grande do Sul. Dessa forma, conhecer quais espécies daninhas são potenciais riscos para essas culturas torna-se de fundamental importância. Além das espécies daninhas já existentes, outras tem surgido e invadido áreas agrícolas com grande agressividade. Dentre as espécies que se tem visto com certa frequência em algumas regiões agrícolas do estado são o capim-pé-de-galinha [*Eleusine indica* (L.) Gaertn.], o falso-capim-de-rhodes [*Chloris distichophylla* (Lag)] e o capim-sudão [*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf]. Sendo que não há na literatura pesquisas a respeito da habilidade competitiva destas espécies, o objetivo deste trabalho foi contribuir com informações a respeito do potencial competitivo destas plantas e sua eventual capacidade de interferir na produtividade das culturas de soja e milho. A hipótese que se tem neste trabalho é de que, em proporções iguais de plantas daninhas e plantas cultivadas, estas últimas apresentam maior habilidade competitiva, visto que o efeito competitivo das plantas daninhas pode ser devido à densidade mais elevada com que se encontram nas lavouras e não à sua competitividade.

Dessa forma, no Capítulo I são apresentados os resultados obtidos de experimentos de competição de soja e milho com a espécie daninha *E. indica*; no Capítulo II são apresentadas as análises da competitividade de soja e milho com *S. sudanense*; no Capítulo III são apresentados os resultados obtidos de experimentos competitivos de soja e milho em convivência com *C. distichophylla* e, no Capítulo IV são apresentados os resultados de experimentos mistos entre plantas de soja e milho com as espécies daninhas *E. indica* e *S. sudanense* realizados com o intuito de verificar qual das espécies daninhas apresenta maior habilidade competitiva sobre as respectivas culturas, sendo que ambos os experimentos foram feitos através do método em série de substituição.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Nas comunidades vegetais, organismos com nichos ecológicos semelhantes ou não, coexistem e interagem continuamente entre si. Tais interações entre as espécies vegetais ou populações de uma mesma espécie denomina-se interferência. Nos ecossistemas, as interferências que ocorrem entre indivíduos respondem pela história de vida e morfologia dos organismos envolvidos, bem como pela dinâmica e estrutura das comunidades de plantas (RADOSEVICH et al., 1997).

As interações vegetais que ocorrem nos ecossistemas podem ter caráter positivo, negativo ou neutro, dependendo das espécies envolvidas (BOOTH et al., 2003). Define-se competição como uma interação negativa na qual indivíduos ou plantas disputam recursos ambientais que se encontram em suprimento escasso para todos os organismos que coabitam o mesmo espaço, o que leva à redução no crescimento ou sobrevivência da espécie menos adaptada (ZANINE & SANTOS, 2004; FLECK et al., 2009) ou situações em que a qualidade dos recursos é variável e a demanda dependente da qualidade (CASTRO & GARCIA, 1996). O termo é utilizado para descrever o impacto negativo de uma espécie sobre outra, como por exemplo, plantas daninhas sobre culturas agrícolas, ou a dominância de uma planta infestante exótica em ecossistemas naturais (RADOSEVICH et al., 1997).

As culturas agrícolas estão sujeitas a condições ambientais que influenciam seu crescimento, desenvolvimento e produtividade. A presença de plantas silvestres que emergem espontaneamente nos

ecossistemas agrícolas condiciona uma série de fatores bióticos atuantes sobre as plantas cultivadas que irão interferir na produtividade biológica e na operacionalização do sistema de produção utilizado. Dessa forma, essas plantas recebem o conceito de plantas daninhas e normalmente são alvo de controle (PITELLI, 1985).

Dentre as espécies vegetais existentes, as plantas daninhas são consideradas agressivas e indesejáveis economicamente, especialmente em sistemas agrícolas (RADOSEVICH et al., 1997). Estas espécies apresentam características pioneiras e elevada capacidade de produção de diásporos que germinam, de maneira descontínua, em muitos ambientes (PITELLI, 1987). Estas plantas afetam diretamente a vida dos agricultores, independente do tamanho da propriedade, devido à competição com as culturas agrícolas, seja por água, luz, CO<sub>2</sub>, nutrientes ou espaço físico, o que reduz o rendimento de grãos, aumenta os custos de produção e conseqüentemente diminui a renda do produtor (VARGAS et al., 2006). A Sociedade Americana de Ciência das Plantas Daninhas (WSSA) define “planta daninha” como qualquer planta que interfere nas atividades ou bem-estar do homem (RADOSEVICH et al., 1997).

Além de competir por recursos do meio com as plantas cultivadas, a presença de plantas daninhas aumenta os custos de produção e de colheita e a disseminação de doenças e pragas, o que ocasiona prejuízos inclusive à saúde humana (RADOSEVICH et al., 1997). No entanto, a presença destas plantas em algumas áreas pode ser desejável, pois são benéficas no controle da erosão, aumentam a quantidade de orgânica na superfície, regulam a temperatura do solo e

proporcionam ambiente favorável à microfauna e microflora (DEUBER, 1997). Muitas espécies são utilizadas como nutricêuticos e fitodescontaminantes ambientais (CHRISTOFFOLETI, 2001).

As plantas daninhas são amplamente distribuídas no mundo e habitam ambientes agrícolas, florestais e pastagens. Entretanto, representam menos de 0,1% do total de plantas com flores do mundo. Fatores ambientais, biológicos e humanos contribuem para a distribuição das plantas daninhas no planeta, embora os seres humanos sejam os principais contribuintes na evolução contínua destas espécies e na sua dispersão para novas regiões do mundo (RADOSEVICH et al., 1997).

Considera-se que a competição é a forma mais conhecida de interferência direta das plantas daninhas nas culturas agrícolas (PITELLI, 1987) e a mais importante para os ecossistemas naturais (RIZZARDI et al., 2001). Os recursos mais frequentemente competidos pelos organismos envolvidos neste processo são os nutrientes minerais, a luz, a água e o espaço físico, mas o processo competitivo varia conforme a morfologia da planta e sua capacidade de extrair água e nutrientes do solo, também da resposta diferencial à temperatura, luz, dentre outros fatores (PITELLI, 1987; CASTRO & GARCIA, 1996). É importante ressaltar que a competição por CO<sub>2</sub> também pode ocorrer; neste caso em populações muito densas e sob intenso crescimento vegetativo, períodos de elevada luminosidade, baixa movimentação de ar e em condições térmicas e hídricas adequadas (PITELLI, 1985).

Segundo Christoffoleti (2001), as plantas daninhas interferem nas atitudes humanas em ambientes agrícolas e não

agrícolas em razão da adaptabilidade aos nichos deixados pelas culturas. Isto é, quando o ambiente é manipulado pelo homem, principalmente na prática da agricultura, surgem nichos adequados a certas espécies de plantas daninhas, que passam a habitar estes ambientes e causar prejuízos às culturas. Para eliminação dessas plantas, dispõe-se de diferentes alternativas, como métodos culturais, mecânicos e químicos, sendo o último o mais utilizado devido à eficiência que apresenta (FLECK et al., 2009).

O aumento da capacidade competitiva das plantas é atribuído basicamente à emergência precoce, elevado vigor de plântulas, rapidez de expansão foliar, formação de dossel denso, elevada altura de planta, ciclo de desenvolvimento longo e crescimento rápido do sistema radicular, dentre outros fatores (ZANINE & SANTOS, 2004). Também o porte e a arquitetura da planta, a velocidade de germinação e estabelecimento da plântula, a velocidade de crescimento, a susceptibilidade às intempéries climáticas e a capacidade de produção de aleloquímicos são características interessantes na determinação da competitividade de uma espécie (PITELLI, 1985).

Outros fatores como densidade populacional, época de emergência de uma espécie em relação à outra, características da planta e as espécies concorrentes podem interferir no processo competitivo (RIZZARDI et al., 2003; BIANCHI et al., 2006a). Em geral, quanto maior a densidade da comunidade infestante, maior a quantidade de indivíduos que disputam os mesmos recursos do meio, e maior a competição sofrida pela cultura (PITELLI, 1985). No entanto, para Jakelaitis et al. (2006), o momento da emergência de

plantas daninhas em relação à cultura influencia mais no potencial competitivo do que a própria densidade de indivíduos.

As diferentes espécies de plantas cultivadas variam em suas capacidades de suportar a competição imposta pelas plantas daninhas. O milho, o girassol e a soja, por exemplo, são mais competitivos que culturas de baixo porte e reduzido poder de interceptação da luz solar, como é o caso do feijão, cebola, alho e da cenoura. Em altas densidades, o valor de cada indivíduo como elemento competitivo fica diminuído e o potencial de crescimento da comunidade é controlado pelo recurso que está em menor quantidade no ambiente (PITELLI, 1985). A identificação de características de planta que confirmam maior habilidade competitiva é importante na redução do uso de herbicidas, tendo em vista o potencial de criação de cultivares com elevada capacidade competitiva (FLECK et al., 2009).

Na interação de duas espécies, se obtém mais sucesso quando as mesmas apresentam estádios de crescimento diferentes, em que os períodos de maior demanda pelos recursos não coincidam (JAKELAITIS et al., 2006). A diferença no tamanho das espécies é um dos atributos que melhor se correlaciona com o coeficiente de competição, dessa forma, a planta será competitivamente superior se tiver capacidade em capturar os recursos do meio com maior rapidez do que as plantas vizinhas. O crescimento das plantas em altura depende principalmente do suprimento de energia fornecida por órgãos de reserva, bem como da capacidade fotossintética que apresenta e da morfologia individual da planta (DIAS-FILHO, 2006).

Também, a ocupação dos espaços do solo pelas raízes tem elevada importância na competição, pois pode haver diferenças



competitivas entre plantas de diferentes espécies, caso as habilidades competitivas dos sistemas radiculares sejam diferentes. O ideal é que em associações de espécies diferentes de plantas, se opte pelo arranjo espacial que minimize a competição por luz, bem como a utilização de plantas com sistemas radiculares diferenciados, que explorem áreas distintas do solo (ZANINE & SANTOS, 2004), já que o tamanho das raízes geralmente é reduzido quando a planta cresce sob competição com plantas vizinhas (RIZZARDI et al., 2001).

Nos ecossistemas agrícolas, as plantas daninhas apresentam maior vantagem competitiva comparado às plantas cultivadas. Isto porque o melhoramento genético das culturas agrícolas objetivou aumentar o rendimento econômico destas e com isso decresceu o potencial competitivo das culturas (PITELLI, 1985; VARGAS et al., 2006). Em algumas situações, no entanto, a cultura apresenta potencial competitivo maior, que é mascarado pela elevada densidade de infestação de plantas daninhas na lavoura. Este fato pode levar a inferir que possuem habilidade competitiva superior à cultura, o que na realidade é um efeito da densidade (BIANCHI et al., 2006a).

A distribuição das plantas daninhas na área cultivada é outro importante aspecto que influencia o grau de competição entre a cultura e a comunidade infestante, sendo que plantas bem espaçadas desenvolvem mais intensamente seus potenciais competitivos individuais (PITELLI, 1987). Geralmente, na medida em que se diminui o espaçamento entre as plantas cultivadas, o sombreamento do solo ocorre de maneira mais rápida e intensa, o que aumenta a eficiência no controle das plantas daninhas na área (PITELLI, 1985).

Mecanismos de dormência exibidos por plantas daninhas também favorecem o potencial competitivo no ambiente. Segundo Martins et al. (2010), a germinação é um processo fundamental na dinâmica populacional de plantas daninhas, e garantir a sobrevivência por meio da dormência é uma característica importante destas espécies.

A dormência pode ser conceituada como a ausência de germinação de sementes viáveis sob condições desfavoráveis, sendo um mecanismo que contribui para a perpetuação de espécies interferentes em ambientes agrícolas (VIVIAN et al., 2008).

No solo, as sementes vivas das plantas daninhas podem ser encontradas dormentes e não dormentes. As sementes não dormentes podem germinar imediatamente, assim que as condições ambientais forem favoráveis, ou entrar em estado de dormência, quando as condições são inadequadas para a germinação. Algumas sementes, no entanto, já são produzidas dormentes, não germinando mesmo que as condições ambientais forem adequadas. Estas fazem parte do banco de sementes do solo enquanto as não dormentes estão presentes no banco sob forma transitória (DIAS-FILHO, 2006).

Pitelli (1985) ressalta que em espécies infestantes de sistemas agrícolas, frequentemente perturbados pela ação humana, assumem grande importância a taxa e a eficiência reprodutiva da espécie, de modo que em cada distúrbio do local ou mobilização do solo, as plantas produzem diásporos que lhes asseguram nova colonização. Nesta situação, a competição pela sobrevivência das espécies infestantes, determinada pela produção de sementes ou

propágulos com diversificados mecanismos de dormência e condições de dispersão, torna-se relativamente importante.

Assim, o entendimento da forma como as plantas detectam, respondem e se adaptam aos estímulos do ambiente é importante para melhor exploração agrícola dos genótipos hoje existentes (ZANINE & SANTOS, 2004).

A interferência causada pelas plantas daninhas nas culturas agrícolas é ocasionada por fatores do ambiente, que direta ou indiretamente afetam o crescimento, desenvolvimento e produtividade das lavouras (MARTINS, 1994). A infestação de plantas daninhas durante o desenvolvimento inicial da cultura da soja, por exemplo, representa importante problema para as lavouras agrícolas, pois resulta em perdas significativas no rendimento de grãos, dependendo da composição específica da comunidade infestante e da habilidade competitiva das espécies em convivência (DIAS et al., 2010). Neste sentido, uma característica importante da soja e que contribui no seu processo competitivo é a grande plasticidade e adaptabilidade às condições ambientais e de manejo a que é submetida (LAMEGO et al., 2005).

Voll et al. (2005) enfatizam que o controle das plantas daninhas até o estágio V4 da soja, ou seja, o 4º nó do estágio de crescimento, resulta em reduzida perda de produção, enquanto os estágios de florescimento (R1) e enchimento de grão (R5) são considerados críticos, com maior interferência e perdas de produtividade. Moraes et al. (2009) apontam que o período crítico de competição para a cultura da soja vai de três a seis semanas após a

emergência da cultura, o que varia conforme o cultivar, o tipo de solo, a espécie e a infestação das plantas daninhas.

Nepomuceno et al. (2007) compararam os efeitos da interferência de plantas daninhas sobre a soja nos sistemas de semeadura direta e convencional e concluíram que a interferência das plantas daninhas durante todo o ciclo da cultura reduziu, em média, 46% no sistema de semeadura direta e 32% no sistema convencional a produtividade de grãos de soja.

Em experimentos de competição entre soja e *Brachiaria plantaginea*, a planta daninha mostrou grande competitividade (DIAS et al., 2010). Segundo Kissmann (1997), a infestação de 1 planta m<sup>-2</sup> de capim-marmelada pode reduzir o rendimento de soja em até 50%. Ao contrário, o trigo mostrou maior habilidade competitiva em relação ao azevém e menor competitividade em relação ao nabo forrageiro (RIGOLI et al., 2008), mas o azevém foi mais competitivo na associação com diferentes cultivares de cevada (GALON et al., 2011). Já entre azevém e nabo forrageiro, o nabo é mais competitivo (DAL MAGRO et al., 2010).

Na cultura do milho, por exemplo, estima-se que as perdas em função da competição com plantas daninhas chegam a 85% no sistema de plantio convencional e 100% no sistema plantio direto, dependendo das condições ambientais e da população de plantas daninhas (CARVALHO et al., 2011a). Dentre as plantas daninhas que competem com a cultura, prevalecem as monocotiledôneas, as quais reduzem a produtividade em até 50% (VIDAL et al., 1999). Em estudos de competição, plantas daninhas de dezoito espécies

reduziram a área foliar, matéria seca da parte aérea, sistema radicular e rendimento de grãos de milho (SILVA et al., 2011).

No Brasil observa-se a ocorrência de espécies daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas em lavouras de milho. Porém, as espécies mais encontradas são caruru, balãozinho, picão-preto, leiteira, corda-de-viola, nabiça, poaia-branca, trapoeraba, guanxuma, papuã, timbete, colchão, capim arroz, capim-pé-de-galinha e colonião (KARAM et al., 2010). Atualmente espécies como o falso-capim-de-rhodes e o capim-sudão estão sendo encontradas em algumas lavouras na região Sul do Brasil, especialmente em condições de clima quente.

As espécies monocotiledôneas, como as gramíneas, em geral causam maiores danos ao rendimento do milho comparado às espécies dicotiledôneas. Entretanto, a composição das plantas infestantes vem sendo alterada continuamente em função da dinâmica populacional, de práticas culturais ineficientes e da utilização inadequada de herbicidas, o que aumenta os custos de produção e os impactos ambientais (KARAM et al., 2010).

Karam et al. (2006) apontam a existência de práticas de manejo que são úteis na prevenção da infestação da lavoura por plantas daninhas. Dentre elas a utilização de rotação de culturas, a semeadura de plantas de cobertura e adubação verde, além da dessecação das plantas infestantes por produtos herbicidas.

De acordo com Dias-Filho (2006), a competição é resultante da reação de uma planta sobre os fatores ambientais físicos, bem como o efeito desses recursos alterados nos competidores. Dessa forma, a competição apenas existirá se os recursos disponíveis no ambiente não estiverem excedendo as necessidades das plantas. Para

que ocorra competição também é necessário que haja sobreposição de nichos dos indivíduos envolvidos, de forma que eles utilizem os mesmos recursos (CASTRO & GARCIA, 1996; MALUF, 1999). Esta competição pode ser intra ou inter-específica e uma mais representativa que a outra (FLECK et al., 2009). Além disso, o resultado do processo competitivo pode estar relacionado ao tamanho dos indivíduos envolvidos e à densidade populacional (BOOTH et al., 2003).

A maioria dos trabalhos científicos sobre competição procuram apenas quantificar a interferência que as plantas daninhas ocasionam sobre as plantas cultivadas, sem se preocupar com a compreensão do processo competitivo. Muitos estudos, dessa forma, apenas determinam o período crítico de competição, sem determinar os efeitos da densidade e da proporção de plantas em uma mistura de espécies, a importância da competição intra e inter-específica e a diferenciação de nicho ecológico (CHRISTOFFOLETI & VICTORIA FILHO, 1996).

A estrutura e a produtividade das comunidades vegetais podem ser profundamente influenciadas pelas relações competitivas, e o resultado dependente da taxa de crescimento inicial de cada espécie envolvida (NISENSOHN et al., 2011). Segundo Zanine & Santos (2004), o entendimento da competição entre as espécies de plantas é fundamental para os sistemas agropecuários, especialmente onde são feitas associações de plantas com diferentes características e habilidades competitivas.

As relações competitivas podem também influenciar profundamente a composição botânica de uma área. Em pastagens,

por exemplo, os princípios da competição e da sucessão vegetal são relevantes para manter uma composição de espécies ideais na pastagem, livre de plantas indesejáveis e que permita a obtenção de altos níveis de produtividade. Conseqüentemente, o processo de degradação de pastagens está intimamente relacionado com os padrões de competição e sucessão vegetal na área (DIAS-FILHO, 2006).

O termo interferência engloba os conceitos de competição e alelopatia (RIZZARDI et al., 2001). No entanto, deve-se ter o cuidado para não confundir estes dois processos, visto que na competição há redução ou remoção de um recurso necessário a ambas as plantas, enquanto que na alelopatia há adição de um fator ao meio, isto é, compostos químicos que são produzidos pelas plantas e liberados no ambiente de diversas formas, a fim de protegê-las contra o ataque de fitopatógenos e pragas ou a invasão de outras plantas (FERREIRA & AQUILA, 2000). No ambiente é difícil estabelecer se a interferência exercida por uma espécie é devido à competição ou alelopatia, pois os efeitos verificados sobre as plantas podem ser semelhantes (SOUZA et al., 2003).

A competição entre plantas inicia a partir do momento em que a disponibilidade de um determinado recurso é inferior às necessidades conjuntas das plantas. Nos ecossistemas, o espaço físico é o único recurso ambiental pelo qual as plantas competem em conjunto, no entanto, também ocorre a competição por outros fatores como água, luz, nutrientes, apesar da quantidade de recursos requerida por cada espécie ser variada (DIAS-FILHO, 2006). Neste contexto, evitar a competição é uma estratégia que propicia vantagem para uma

espécie sem que haja prejuízo da outra, ou que propicia vantagem às duas espécies (BIANCHI et al., 2006a).

O processo competitivo entre plantas responde pelo declínio da produtividade de muitas espécies, bem como a perda de populações desejáveis e a invasão de plantas daninhas, mas também pode responder por aumentos na produtividade e estabilidade de culturas. Entretanto, a natureza do processo competitivo não está totalmente esclarecida (DIAS-FILHO, 2006). O que se sabe é que a habilidade competitiva de uma espécie está estritamente relacionada à capacidade de utilização dos recursos do meio ao qual se encontra (RIZZARDI et al., 2001). Para Berger et al. (2008), a competição é um processo chave em comunidades ou populações de plantas e, dessa forma, para prever-se as respostas dos sistemas ecológicos, é necessário uma compreensão abrangente e mecanística da competição entre plantas.

Avaliações precisas das interações competitivas entre espécies de plantas requerem, dessa forma, modelos apropriados e métodos para análise de dados. A densidade de plantas, a proporção de uma espécie sobre a outra e as interações intra e inter-específicas são fatores-chave na competição entre plantas (ROUSH et al., 1989).

Pesquisas relacionadas com a habilidade competitiva de diferentes culturas agrícolas com plantas daninhas estão ganhando destaque nos últimos anos, principalmente porque a adoção de genótipos competitivos constitui-se em prática cultural promissora, que pode reduzir custos e impactos ambientais. Em geral, plantas que apresentam elevada velocidade de emergência e crescimento inicial possuem prioridade na utilização dos recursos do ambiente e assim



levam vantagem na utilização destes recursos (ZANINE & SANTOS, 2004).

O que ocorre é que uma cultura ao ser implantada em determinado agroecossistema, encontra no solo elevada quantidade de sementes que vão emergir espontaneamente durante o ciclo de vida da planta cultivada. O enriquecimento de sementes ou diásporos produzidos pelas plantas daninhas no período entressafra também é relevante, pois irá constituir o potencial de infestação da lavoura no próximo ano agrícola. Dessa forma, é benéfica a alteração do balanço da interferência a favor da cultura, visando manter a produtividade da lavoura e reduzir a capacidade reprodutiva das plantas daninhas (PITELLI, 1985).

No entanto, quando o processo competitivo entre cultura e plantas daninhas não pode ser evitado e é estabelecido, as plantas cultivadas respondem de duas maneiras, isto é, mantendo o rendimento em situação de competição ou suprimindo o crescimento das plantas daninhas (BUSSAN et al., 1997; LAMEGO et al., 2004; CARVALHO et al., 2011a). Em sistemas agrícolas, o efeito supressivo deve preponderar com relação à tolerância das culturas, de forma a reduzir a matéria seca e a produção de sementes das plantas daninhas (FLECK et al., 2006).

Em populações naturais mistas, observou-se que os genótipos que sobrevivem mais são aqueles que possuem grande habilidade competitiva e não necessariamente aqueles que possuem elevada capacidade reprodutiva e boas características agronômicas (CASTRO & GARCIA, 1996).

O grau de interferência que a planta daninha exerce sobre a cultura pode ser medido em relação à produção da planta cultivada e definido com a redução percentual da produção econômica da cultura provocada pela ação das plantas infestantes. Neste sentido, considera-se como 100% a produção da cultura que é mantida no limpo, sem a interferência das plantas daninhas (PITELLI, 1985).

Há fatores que contribuem para o aumento da capacidade competitiva das espécies, dentre eles os relacionados com o tamanho da planta, a matéria seca radicular e as características foliares. Também a plasticidade da espécie em responder a variações na disponibilidade de recursos no ambiente, isto é, rápidos ajustes morfológicos em resposta à falta desses recursos facilitam a captura de água, luz, nutrientes e espaço pela planta, tornando-a mais competitiva (DIAS-FILHO, 2006).

Em geral, espécies daninhas possuem maior variabilidade genética, o que lhes garante adaptação ao ambiente competitivo, comparado às espécies selecionadas pelo homem (BIANCHI et al., 2006a; RIGOLI et al., 2008). Essa habilidade ainda é pouco elucidada, apresentando muitas vezes respostas divergentes (CARVALHO et al., 2011a).

Outro exemplo do processo competitivo no ambiente é onde a vegetação está sujeita à desfolha. Neste caso, os competidores mais eficientes são aqueles capazes de responder à desfolha com rápido fechamento do dossel, por meio de rebrote, substituindo as folhas danificadas ou formação de novos ramos (DIAS-FILHO, 2006).

A competição pode estabelecer-se acima ou abaixo da superfície do solo. Acima da superfície do solo, a competição é

basicamente por luz e abaixo da superfície do solo a competição inclui recursos como água e pelo menos vinte minerais essenciais que diferem em peso molecular, valência, estado de oxidação e mobilidade no solo, sendo, na maior parte das vezes, mais acentuada que a competição acima do solo e a principal forma de competição em solos áridos e com baixa densidade de plantas (CASPER & JACKSON, 1997; ZANINE & SANTOS, 2004). Segundo Rizzardi et al. (2001), quando elementos essenciais estão em falta ou quando ocorre competição de plantas por um determinado elemento, a fixação e absorção de outro elemento pode ser afetada.

A competição abaixo da superfície do solo ocorre quando plantas causam reduções no crescimento, sobrevivência ou fecundação de plantas vizinhas, por reduzir os recursos disponíveis no solo, podendo ser mais severa que a competição acima do solo (CASPER & JACKSON, 1997). No entanto, Castro & Garcia (1996) consideram a competição por luz tão importante quanto a competição abaixo da superfície do solo, em relação ao estabelecimento das espécies no ambiente. Segundo os autores, na consorciação entre espécies, a modificação da qualidade e da intensidade da luz imposta pela cultura de porte mais elevado é fator de seleção das espécies botânicas capazes de se desenvolverem sob tal condição. Dessa forma, um dos grandes desafios atuais é o desenvolvimento de técnicas de consorciação em que se obtenha aumento da interação positiva entre as culturas, minimizando os efeitos da competição.

Em áreas pouco alteradas, ou seja, com baixo nível de intervenção humana, o clima, a temperatura e a precipitação pluvial, além das características químicas e físicas do solo, são os principais

fatores determinantes da competição entre plantas. Já em áreas cultivadas onde a intervenção humana é frequente, as práticas de manejo são os principais fatores que influenciam a competição e, dessa forma, as plantas que serão capazes de sobreviver e se desenvolver sob as condições de crescimento criadas (DIAS-FILHO, 2006).

Importante ressaltar que nas relações de competição entre plantas, espécies introduzidas são mais competitivas que espécies nativas, isto é, em ambientes que não são os de origem, as plantas tendem a ser mais vigorosas e mais altas, produzindo mais sementes que em seu ambiente nativo. Isto ocorre geralmente porque as espécies introduzidas ou exóticas encontram na área invadida ambiente livre de inimigos naturais, o que lhes proporciona maior vigor e capacidade em competir pelos recursos do meio. Sendo assim, acredita-se que o sucesso de muitas espécies invasoras exóticas no Brasil pode ser parcialmente explicado por esta teoria (BLOSSEY & NÖTZOLD, 1995; DIAS-FILHO, 2006).

Alguns trabalhos avaliaram a habilidade competitiva de espécies em ambientes nativos e introduzidos. Há uma hipótese que prevê que plantas introduzidas estão longe dos seus inimigos naturais e, portanto, a energia que gastariam na defesa contra estes organismos podem realocar em recursos que as possibilitem superioridade competitiva (VILÀ et al., 2003).

A habilidade competitiva das espécies pode ser maximizada pelo aumento do crescimento vegetativo ou esforços reprodutivos, dependendo de qual fator é mais importante para o

sucesso no estabelecimento da espécie no novo ambiente (BLOSSEY & NÖTZOLD, 1995).

A competição ocorre naturalmente em uma comunidade de plantas que coexistem em determinada área, e tende a aumentar quanto mais semelhantes forem as exigências ambientais e o hábito vegetativo dos organismos envolvidos. Neste contexto, pode-se inferir que as espécies gramíneas possuem maior probabilidade de causar danos competitivos à cultura do milho do que outras espécies dicotiledôneas, sendo que apresentam sistema radicular semelhante a este (VARGAS et al., 2006). Além disso, quanto maior for a população de plantas da comunidade infestante, maior será a quantidade de indivíduos a disputar os recursos do meio e mais intensa será a competição com a cultura (FLECK et al., 2009).

A natureza complexa da competição entre plantas tem sido investigada, na maioria das vezes, apenas na forma de estudos experimentais e sob condições controladas. No campo há complexidade de fatores bióticos e abióticos que se inter-relacionam (ZANINE & SANTOS, 2004).

Para estudar os efeitos competitivos entre espécies, modelos para análise da competição foram desenvolvidos em diferentes níveis de complexidade (KROPFF, 1988). A observação a campo dos efeitos competitivos pode ser difícil em virtude dos fatores bióticos e abióticos que estão envolvidos, e assim, observações experimentais que objetivam avaliar os efeitos da competição entre plantas são mais fáceis e permitem inferir sobre a habilidade competitiva das espécies (BOOTH et al., 2003). Para MCGilchrist & Trenbath (1971), muitos experimentos foram realizados a fim de

comparar o rendimento de espécies convivendo em misturas e quando crescem sob estandes puros. Geralmente, quando crescem em misturas, as plantas dominantes, isto é, com maior habilidade competitiva, mostram maior matéria seca total em comparação a monoculturas de mesma densidade.

Os métodos desenvolvidos para estudar a competição entre plantas permitem não apenas quantificar as perdas ocasionadas pelas plantas daninhas, mas também analisar a competitividade entre as espécies (PASSINI, 2001) e consideram a densidade de plantas, proporção de espécies e arranjo espacial em vários níveis, abrangendo quatro tipos principais: aditivo, sistemático, superfície de resposta e série substitutiva (RADOSEVICH et al., 1997). Em cada modelo experimental, a resposta de uma espécie é utilizada para descrever a influência de outra na associação, através da análise de parâmetros como produtividade, taxa de germinação, mortalidade de plantas (RIGOLI et al., 2008) ou para estimar outros tipos de interações, como o rendimento total ou individual de indivíduos, o crescimento e desenvolvimento de raízes ou a capacidade de sobrevivência das espécies (RADOSEVICH et al., 1997).

Vários índices podem ser usados para avaliar a habilidade competitiva de plantas. Os mesmos relacionam a produção de matéria seca de cada espécie crescendo em monocultura com a matéria seca das espécies em mistura. As relações mútuas das duas espécies em referência à demanda de recursos podem ser expressas pela produtividade relativa total ou rendimento relativo total (RRT) (MALUF, 1999), que avalia o grau em que as espécies se complementam na utilização dos recursos do ambiente.

Em experimentos aditivos, a cultura é mantida numa disposição de plantas constante, enquanto que a espécie daninha é inserida em densidade variável, simulando um ambiente cuja cultura está sujeita a diferentes níveis de infestação. Este tipo de experimento é utilizado preferencialmente para estimativas de decisão de controle de plantas daninhas sobre culturas. A espécie cuja densidade é mantida constante age como indicadora comparativa da agressividade e competitividade de outra espécie (CASTRO & GARCIA, 1996; VOLL et al., 2002). Há também variações do experimento aditivo, isto é, o chamado convencional, parcelas pareadas, área de influência e microparcels (PASSINI, 2001).

Experimentos aditivos receberam algumas críticas dos pesquisadores em virtude dos resultados obtidos dependerem da densidade da cultura, também porque confunde os efeitos da densidade total e proporção de duas espécies; além de não permitir a separação dos efeitos da competição intra e inter-específica. No entanto, este modelo é considerado aceitável em relação aos interesses agrônômicos e dentro dos objetivos para o qual é utilizado, pode ser facilmente interpretado (COUSENS, 1991).

Para estudos de competição intra-específica pode-se usar o delineamento sistemático, que consiste na manutenção do arranjo espacial das plantas sob estudo, mas variando o número de plantas por unidade de área, dentro da parcela (PASSINI, 2001).

Combinações de uma série de densidades de cada espécie podem ser incluídas no modelo em superfície de resposta. Por superfícies de resposta adequadas aos dados, parâmetros que medem a competição inter e intra-específica podem ser estimados. Vários

modelos foram usados para descrever a densidade de superfície de resposta, dentre eles as séries aditivas e fatoriais. As aditivas são combinações de várias séries de substituição com uma densidade total, ou seja, descrevem uma porção triangular de combinações de densidades. Nos modelos fatoriais ou aditivos completos é possível combinar todas as densidades de cada espécie, fornecendo maior cobertura de superfície de resposta (COUSENS, 1991).

Alguns estudos de competição entre plantas utilizam outros métodos ou modelos matemáticos que estimam a interferência das plantas daninhas sobre as culturas. Dentre estes está o modelo da hipérbole retangular, que é utilizado quando os parâmetros a serem avaliados não são lineares e tendem a ser funções sigmóides e hiperbólicas, como por exemplo, a interferência de populações e época de emergência de arroz-vermelho sobre arroz irrigado, verificado por Agostinetto et al. (2004a), onde o modelo de regressão não linear da hipérbole retangular foi utilizado para descrever a relação entre a perda de rendimento de grãos e variáveis explicativas. Em termos gerais, o modelo sugere que o efeito da competição de cada planta concorrente adicionada à cultura tende a diminuir quando a população de plantas aumenta, pela competição intra-específica (FLECK et al., 2007).

Na maioria dos estudos que objetivam analisar os aspectos quantitativos da competição entre plantas utilizam-se modelos de regressão, que descrevem os efeitos da competição naquele determinado momento. Nestes estudos são utilizados largamente os modelos de equações de densidade hiperbólica de rendimento para



descrever a redução no rendimento da cultura em virtude da densidade de plantas daninhas (KROPFF, 1988).

No entanto, dentre as várias metodologias existentes para avaliar a habilidade competitiva das espécies, os experimentos substitutivos são os mais utilizados (FLECK et al., 2008) e são alternativa para a compreensão da competição entre plantas, especialmente quando relacionado com o estudo do efeito da densidade e da proporção de plantas em uma comunidade infestante (CHRISTOFFOLETI & VICTORIA FILHO, 1996).

O modelo em série de substituição permite o estudo da competição inter e intra-específica (RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2010) e inclui análises de monoculturas das espécies que se deseja investigar, bem como misturas destas, em que as proporções das duas espécies estudadas variam enquanto que a densidade total de plantas é mantida constante para todos os tratamentos. Dessa forma, a premissa dos modelos substitutivos é de que as produtividades das misturas podem ser determinadas pela comparação com as produtividades das espécies em monoculturas (COUSENS, 1991; RADOSEVICH, 1997).

A análise convencional de experimentos substitutivos inclui a comparação entre o rendimento esperado e o rendimento observado, sendo o rendimento esperado função linear das proporções das espécies em mistura. Uma linha reta para cada espécie, ligando a produção em monocultura (100%) ao seu ponto de rendimento zero define o rendimento esperado, onde a competição interespecífica é equivalente a competição intra-específica (REJMÁNEK et al., 1989).

O modelo experimental em série de substituição foi primeiramente utilizado por W. H. van Dobben e provavelmente o mais utilizado pelos ecologistas. O principal objetivo deste modelo experimental é analisar qual das duas espécies ou biótipos é o melhor competidor e de que forma estes interagem entre si. A maneira em que plantas interagem pode ser determinada pela forma dos diagramas obtidos dos experimentos e comparados com os índices de produtividade em monocultura (COUSENS, 1991).

Nas áreas de produção agrícola, a população das plantas cultivadas é mantida constante, enquanto a das plantas daninhas varia de acordo com o grau de infestação do local. Assim, a quantificação da variação na proporção entre a população das plantas da cultura e das espécies daninhas torna-se importante para estudos de competição, pois permite determinar a influência da população no processo competitivo e a influência da variação na proporção entre as espécies (CHRISTOFFOLETI & VICTORIA FILHO, 1996; MORAES et al., 2009).

Segundo Dias et al. (2010), o total de matéria seca produzida pela cultura e pelas plantas daninhas em competição é variável importante de ser avaliada quando se estuda o crescimento de plantas neste tipo de experimento, e pode contribuir na predição de perdas de produtividade (AGOSTINETTO et al., 2004b). Também, os testes de comparação múltipla podem ser utilizados para dar suporte aos resultados obtidos (COUSENS, 1991). Carvalho et al. (2011a) apontam que a produção e partição de matéria seca pelas culturas e plantas daninhas em competição podem variar dependendo das espécies envolvidas, e mesmo que diferentes espécies apresentem

capacidade semelhante na absorção de determinado nutriente, pode ocorrer grande diferença entre elas na produção de matéria seca vegetal, em decorrência de diferenças na eficiência de utilização desses elementos. Estes autores, através de experimento que objetivou avaliar a alocação de matéria seca e a capacidade competitiva de cultivares de milho com seis espécies daninhas, observaram que plantas de milho apresentaram menor acúmulo de matéria seca quando estavam em competição com as espécies de plantas daninhas e que as folhas e o caule foram os órgãos mais afetados negativamente.

Os experimentos substitutivos proporcionam informações sobre a competitividade de culturas comerciais, supressão de plantas daninhas e a hierarquia competitiva entre espécies cultivadas e daninhas, sendo úteis no desenvolvimento de práticas mais eficientes no manejo de plantas daninhas (BIANCHI et al., 2006a).

Os resultados obtidos de experimentos em séries de substituição em geral são representados por meio de gráficos que refletem a medida da competitividade entre as espécies, com base na resposta relativa da variável em estudo, que pode ser matéria seca da parte aérea, área foliar, estatura, afilhamento e índice de cobertura de solo, sendo que a resposta é dada pela variação na proporção das plantas associadas (YAMAUTI et al., 2011).

Cousens (1991) aponta que acima de determinadas densidades de plantas, os índices estimados pelos experimentos em série de substituição são aproximadamente independentes da densidade total. Dessa forma, a interpretação de qual espécie é a melhor competidora não depende apenas da densidade analisada, pois a restrição de uma única densidade total não afetará as interpretações

qualitativas. Isto foi observado após um experimento em série substitutiva, onde se analisou biótipos resistentes a triazine, que tiveram seu desenvolvimento afetado em todas as densidades analisadas.

Neste contexto, estudos utilizando o método em série de substituição são feitos a fim de avaliar a habilidade competitiva entre espécies daninhas e culturas. Os resultados destes experimentos são promissores e muito úteis no conhecimento dos riscos que as plantas daninhas podem trazer às culturas, pois fornecem uma boa ideia do potencial competitivo das espécies envolvidas.

Bianchi et al. (2006a) constataram que a proporção entre plantas de soja e nabo alterou a relação de competição entre essas espécies, mas a proporção entre plantas de soja de diferentes cultivares não modificou tal relacionamento, sendo o nabo mais competitivo que os cultivares de soja.

Estudos envolvendo o consórcio do girassol com o feijão caupi em série substitutiva indicaram que o sistema de consorciação causou reduções na produtividade do girassol e do feijão caupi em comparação aos seus monocultivos (VALE et al., 2011).

Fontana et al. (2010) avaliaram a interferência de plantas de milhã (*Digitaria ciliaris*) na cultura da soja por meio de experimentos em série de substituição, e observaram que a soja apresentou habilidade competitiva superior a da milhã, quando as espécies ocorreram em proporções iguais. Também concluíram que a competição entre as duas espécies envolvidas ocorreu pelos mesmos recursos ambientais.

Em estudos de competição entre plantas de milho e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.), observou-se que o milho foi melhor competidor e que a competição intra-específica foi mais importante que a inter-específica, sendo verificado o inverso para a planta daninha. No entanto, ambas as espécies de plantas competiram pelos mesmos fatores de crescimento (CHRISTOFFOLETI & VICTORIA FILHO, 1996).

Na competição entre plantas de trigo e capim-marmelada observou-se maior habilidade competitiva da espécie daninha, que afetou o número e a matéria de espigas e número de afilhos em plantas de trigo (CARVALHO et al., 2011b). Ao contrário, o feijoeiro-comum foi mais competitivo que capim-marmelada em experimentos substitutivos, sendo a competição intra-específica mais importante para a cultura e a competição inter-específica mais importante para a planta daninha (PASSINI et al, 2003).

Mudanças na densidade e proporção entre espécies são variáveis importantes na determinação da competição entre plantas (ROUSH et al., 1989). Dessa forma, estudos que analisam tais parâmetros fornecem resultados promissores na compreensão deste mecanismo.

## CAPÍTULO I

### HABILIDADE COMPETITIVA DE SOJA E MILHO EM CONVIVÊNCIA COM A ESPÉCIE DANINHA *Eleusine indica*

ALANA CRISTINA DORNELES WANDSCHEER<sup>1</sup>

**RESUMO** – A competição entre plantas é uma interação negativa na qual alguns indivíduos são prejudicados pela associação, em virtude da quantidade de recursos ambientais ser inferior às necessidades conjuntas de todos os indivíduos envolvidos. O objetivo desta pesquisa foi verificar a habilidade competitiva de soja e milho em convivência com a espécie daninha *Eleusine indica* (L.) Gaertn. Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação, na Universidade de Passo Fundo – RS, na estação de crescimento 2010/2011, em delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições. As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos com capacidade volumétrica de 8 L. Os tratamentos foram arranjados em série de substituição com cinco proporções de plantas de soja ou milho e da planta daninha: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100, respectivamente, com população final constante de oito plantas por vaso. A análise da competitividade foi realizada por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos e índices de competitividade, sendo as variáveis analisadas matéria seca da parte

---

<sup>1</sup> Bióloga, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

aérea, da raiz e total e estatura de plantas. Quando em proporções iguais, a planta daninha foi mais competitiva que as culturas de soja ou milho em relação à estatura de plantas. Com relação à matéria seca da parte aérea, da raiz e total, a soja foi mais competitiva que a planta daninha, no entanto, o milho mostrou habilidade competitiva equivalente a *Eleusine indica*.

**Palavras-chave:** competição, planta daninha, capim-pé-de-galinha.

#### **COMPETITIVE ABILITY OF SOYBEAN AND CORN IN COEXISTENCE WITH WEED SPECIES *Eleusine indica***

**ABSTRACT** – The competition between plants is a negative interaction in which some individuals are harmed by the association, because the amount for environmental resources is less than the joint needs of all individuals involved. The aim of this study was to assess the competitive ability of soybean and corn in coexistence with weed species *Eleusine indica* (L.) Gaertn. The experiments were conducted in a green-house at the University of Passo Fundo - RS, in the growing season 2010/2011, in a completely randomized design with four replications. The experimental units consisted of plastic pots with a volume capacity of 8 L. The treatments were arranged in a replacement series with five proportions of soybean or corn and weed: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100, respectively, with a constant population of eight plants per pot, at the end of each treatment. The competitive analysis was accomplished through diagrams applied to replacement series experiment and indexes of competitiveness, and the

variables evaluated were root and shoot dry weight, total and height of the plants. When in equal proportions, the weed was more competitive than soybean or corn in relation to plant height. With shoot dry weight, root and total soybean was more competitive than the weed, however, the corn showed competitive ability equivalent to *Eleusine indica*.

**Key-words:** competition, weed, goosegrass.



## 1 INTRODUÇÃO

As interações vegetais causam efeitos negativos, positivos ou neutros sobre os indivíduos envolvidos (BOOTH et al., 2003). Competição é uma forma de interferência negativa em que indivíduos disputam entre si recursos em comum, como água, nutrientes, espaço físico e luminosidade. É um processo chave em comunidades ou populações vegetais, podendo ocorrer competição abaixo e acima do solo (CASPER & JACKSON, 1997; BERGER et al., 2008).

Características que sejam vantajosas e favoreçam o crescimento inicial das plantas na lavoura são determinantes, pois é durante o período vegetativo que as relações competitivas entre as espécies são estabelecidas. Assim, o cultivar que apresenta capacidade competitiva superior consegue manifestar seu potencial de supressão sobre plantas concorrentes (LAMEGO et al., 2005).

Uma das principais causas na redução da produtividade de culturas é a interferência causada pelas plantas daninhas, especialmente no início do desenvolvimento da cultura, fase em que há grande disputa pelos recursos de crescimento. Dessa forma, modelos para estudar a competição entre plantas foram desenvolvidos em diferentes níveis de complexidade (KROPFF, 1988).

O modelo em série de substituição é o mais utilizado para estudar a competição entre plantas, pois permite avaliar qual das espécies ou biótipos são mais competitivos (COUSENS, 1991). Também determina se a competição é intra ou inter-específica (RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2010). A interpretação do modelo experimental em série de substituição inclui a comparação

entre os rendimentos observados e esperados, sendo o rendimento esperado função linear das proporções das espécies em mistura. Uma linha reta para cada espécie é traçada ligando a produção em monocultura ao seu ponto de rendimento zero, o que define o rendimento esperado e representa a igualdade de concorrência, isto é, quando a competição inter-específica é equivalente à competição intra-específica (REJMÁNEK et al., 1989).

No modelo em série de substituição, variam-se as proporções de cada espécie em mistura, enquanto a densidade total é mantida constante. Dessa forma, a premissa dos modelos substitutivos é de que as produtividades das misturas podem ser determinadas pela comparação com as produtividades das espécies em monoculturas (COUSENS, 1991).

Para Bianchi et al. (2006a), na maioria dos casos, experimentos substitutivos demonstram que a cultura é mais competitiva do que a espécie daninha, pois o efeito das infestantes em culturas não se deve à maior habilidade competitiva destas, mas sim ao seu grau de infestação e a alta densidade em que se encontram comparadas às plantas cultivadas. Os mesmos autores, ao utilizarem o modelo experimental em série de substituição, constataram que a proporção entre plantas de soja e nabo alterou a relação de competição entre essas espécies, mas que a proporção entre plantas de soja de diferentes cultivares não modificou tal relacionamento, onde o nabo foi mais competitivo que os cultivares de soja. No entanto, outros trabalhos evidenciaram habilidade competitiva superior para as culturas em relação às plantas daninhas (CHRISTOFFOLETI &

VICTORIA FILHO, 1996; HOFFMAN & BUHLER, 2002; MORAES et al., 2009; YAMAUTI et al., 2011).

*Eleusine indica* (L.) Gaertn. (capim-pé-de-galinha) é uma espécie que tem se alastrado muito nos últimos anos e pode tornar-se, num futuro próximo, um sério problema para o rendimento e produtividade de culturas agrícolas. É pertencente à família Poaceae, encontrada em praticamente todas as regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo. É uma espécie introduzida nas Américas, e no Brasil é encontrada em quase todo o território, sendo particularmente abundante na Região Amazônica (KISSMANN, 1997; LORENZI, 2000).

A espécie é considerada uma das mais importantes gramíneas infestantes e alguns autores classificam-na entre as 18 piores plantas daninhas do mundo (RADOSEVICH et al., 1997; LEE & NGIM, 2000). Há relatos de mais de 60 países e 50 culturas que sofrem competição com a espécie. Em geral, culturas perenes e semi-perenes são as mais afetadas, mas culturas anuais também sofrem competição especialmente em locais úmidos e quentes, como o que ocorre em certas regiões do Brasil. Além disso, a planta é hospedeira de diversos patógenos que atacam as plantas cultivadas e prejudicam ainda mais o desenvolvimento das espécies agrícolas. Sua grande capacidade em estabelecer-se em áreas cultivadas decorre também da intensa produção de sementes, próxima a 400.000 sementes por planta, que podem ser transportadas pelo vento, o que alastra bastante as infestações (KISSMANN, 1997). Uma vez que a espécie é estabelecida, torna-se difícil o manejo (LEE & NGIM, 2000).

Dada a importância relativa desta espécie para o cenário agrícola e em virtude de não haver trabalhos a respeito da sua habilidade competitiva, torna-se fundamental estudos que avaliam a biologia e as relações de interferência desta espécie sobre diferentes culturas agrícolas.

A hipótese dessa pesquisa é de que as plantas cultivadas soja e milho possuem maior habilidade competitiva que a planta daninha capim-pé-de-galinha, quando ocorrem em proporções iguais e sob níveis adequados de recursos. Neste contexto, o objetivo da presente pesquisa foi investigar a habilidade competitiva de plantas de soja e milho em convivência com a espécie daninha capim-pé-de-galinha, através do método em série de substituição.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos de competição entre plantas de *E. indica* (capim-pé-de-galinha) com soja e milho foram desenvolvidos na estação de crescimento 2010/2011, em casa de vegetação pertencente ao Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV), Universidade de Passo Fundo (UPF), Rio Grande do Sul, Brasil.

As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos com capacidade volumétrica de 8 L e altura de 25 cm, preenchidos com solo oriundo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo que a posição dos vasos foi alterada periodicamente,

a fim de obter condições experimentais homogêneas (AGOSTINETTO et al., 2009).

Utilizou-se sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr - cultivar NA 5909 RG) e milho (*Zea mays* L. – híbrido DKB 240 YG) e da espécie daninha *E. indica*.

Em virtude das sementes de *E. indica* apresentarem dormência, fez-se primeiramente um tratamento a fim de superar este mecanismo, que consistiu na escarificação mecânica das sementes com lixa (malha 320) e posterior incubação em câmara de germinação do tipo B.O.D. As temperaturas e condições de luminosidade foram alternadas para 16 horas a 20 °C (escuro) e 8 horas a 30 °C (claro) por aproximadamente quatro dias, conforme Dal Magro et al. (2010).

Após a germinação das sementes, estas foram transferidas para bandejas de isopor, contendo 128 células, preenchidas com substrato comercial. Por ocasião da emergência das plântulas (aproximadamente 20 dias), as mesmas foram transplantadas para as unidades experimentais (vasos plásticos), coincidindo com a emergência das plântulas de soja ou milho, ambas semeadas sete dias antes do estabelecimento final das unidades experimentais, contendo as culturas e a planta daninha, no mesmo estágio fenológico. Este procedimento é relevante, pois evita efeitos decorrentes de diferentes velocidades de germinação sobre o processo competitivo, o que poderia mascarar este estudo (CARVALHO & CHRISTOFFOLETI, 2008).

Na ocasião da semeadura da soja ou milho, foram colocadas sementes além da população desejada, e após estas

emergirem fez-se o desbaste (após sete dias de semeadura) para o estabelecimento da população definitiva.

A densidade populacional utilizada para cada unidade experimental foi obtida de acordo com a “Lei da produção final constante” determinada em outros ensaios (dados não relatados) onde a população foi de oito plantas vaso<sup>-1</sup>, equivalente a 250 plantas m<sup>-2</sup>. Os tratamentos consistiram de combinações de cinco proporções de milho e *E. indica* (experimento 1) e soja e *E. indica* (experimento 2), ou seja, 8:0 (que correspondeu a oito plantas de soja ou milho ou 100% do estande puro das culturas), 6:2 (seis plantas de soja ou milho e duas plantas da espécie daninha, que correspondeu à proporção de 75:25%), 4:4 (quatro plantas de soja ou milho e quatro plantas da espécie daninha, proporções de 50:50%), 2:6 (duas plantas de soja ou milho e seis plantas da espécie daninha, proporções de 25:75%) e 0:8 (oito plantas da espécie daninha, 100% estande puro).

Após o florescimento da soja, aos 60 dias após a emergência (DAE) e 42 DAE do milho, fez-se a coleta de todas as plantas, cujas variáveis analisadas foram estatura de plantas, mensuradas desde a distância da base até a extremidade da última folha, sendo a unidade utilizada centímetros (cm); e matéria seca da parte aérea, raiz e total, em gramas (g), por meio de balança analítica. Para obtenção da matéria seca, as plantas coletadas foram separadas em parte aérea e raiz e estas foram postas para secar, acondicionadas em sacos de papel e identificadas, sendo mantidas em estufa na temperatura de 60 °C, por um período de 72 horas (RIGOLI et al., 2008). Em seguida fez-se a pesagem das partes vegetais desejadas,

sendo que a matéria seca total correspondeu à soma da matéria seca da parte aérea + matéria seca da raiz em cada proporção.

Os tratamentos foram conduzidos em séries de substituição. Para análise das variáveis utilizou-se o método da análise gráfica ou convencional para experimentos substitutivos (ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991), que consiste na construção de diagramas com base na produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT), nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% da cultura e da planta daninha.

A produtividade relativa das variáveis analisadas foi calculada dividindo-se a média da mistura pela média da monocultura, incluindo-se no cálculo a média por planta de cada espécie em cada unidade experimental. A PRT representou a soma das produtividades relativas dos competidores nas respectivas proporções de plantas (HOFFMAN & BUHLER, 2002).

As fórmulas para o cálculo das produtividades relativas e totais são dadas a seguir, segundo Hoffman & Buhler (2002):

$$PRa = (p) (Amix/Amon)$$

$$PRb = (1 - p) (Bmix/Bmon)$$

$$PRT = PRa + PRb, \text{ onde:}$$

PRa = produtividade relativa da espécie “a” (cultura)

PRb = produtividade relativa da espécie “B” (daninha)

p = proporção de “a” em % dividido por 100

Amix = valor da variável a ser analisada (por exemplo: matéria seca) de “A” em mistura

Amon = valor da variável a ser analisada de “A” em monocultura

$B_{mix}$  = valor da variável a ser analisada de “B” em mistura

$B_{mon}$  = valor da variável a ser analisada de “B” em monocultura

PRT = produtividade relativa total

Os índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de agressividade (A) foram calculados na proporção de 50% de plantas de cada cultura e da espécie daninha. O CR representa o crescimento comparativo da espécie A (culturas – soja ou milho) em relação à espécie B (planta daninha); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual espécie é mais competitiva. A interpretação conjunta desses valores permite inferir o grau de competitividade entre as espécies com maior segurança (COUSENS, 1991). A espécie A é mais competitiva que a espécie B quando  $CR > 1$ ,  $K_a > K_b$  e  $A > 0$ . A espécie B é mais competitiva quando  $CR < 1$ ,  $K_a < K_b$  e  $A < 0$ . As fórmulas destes índices são dadas a seguir, segundo Hoffman & Buhler (2002):

$$CR = ((1 - p)/p) (PR_a/PR_b)$$

$$K_a = ((1 - p)/p) (PR_a/(1 - PR_a))$$

$$K_b = ((1 - p)/p) (PR_b/(1 - PR_b))$$

$$A = (PR_a/2p) - (PR_b/(2(1 - p)))$$

Para a análise estatística da produtividade relativa, calculou-se primeiramente as diferenças para os valores de PR (DPR) obtidos nas proporções de 25, 50 e 75% de plantas em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas nas respectivas proporções: 0,25, 0,50 e 0,75 (PASSINI, 2001; FLECK et al., 2008; RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2011). Utilizou-se o teste ‘t’ a 5% de



probabilidade de erro para testar as diferenças relativas aos índices DPR, PRT, CR, K e A em relação às retas hipotéticas (HOFFMAN & BUHLER, 2002; FLECK et al., 2008), através do software estatístico SAS (Statistical Analysis System versão 8.0).

As hipóteses de nulidade para testar as diferenças de DPR e A eram de que as médias fossem iguais a zero ( $H_0 = 0$ ); para PRT e CR, que as médias fossem iguais à unidade ( $H_0 = 1$ ); e para o índice K, de que as médias das diferenças entre  $K_a$  e  $K_b$  fossem iguais a zero [ $H_0 = (K_a - K_b) = 0$ ].

As variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas foram também expressas em valores médios por planta e submetidos à análise de variância. Se significantes pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ) considerando as monoculturas como testemunhas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise gráfica dos experimentos substitutivos de plantas de milho em convivência com a espécie daninha *Eleusine indica* mostram que, em geral, os valores de PR (produtividade relativa) e PRT (produtividade relativa total) observados foram próximos aos esperados, para todas as variáveis estudadas (Figuras 1, 2, 3 e 4). A PR referente à matéria seca da parte aérea do milho diferiu significativamente da reta hipotética apenas na proporção 25/75 (milho: *E. indica*), enquanto para a planta daninha não foi observado diferenças significativas em nenhuma proporção de plantas (Figura 1,

Tabela 1). Tais resultados indicam que as espécies competiram entre si na proporção de 25% de plantas de milho e 75% de plantas do competidor, sendo o milho prejudicado pela maior densidade da planta daninha. Ao contrário, a espécie daninha manteve a produtividade sob efeito competitivo da cultura, em todas as proporções estudadas. Dessa forma, com exceção da proporção 25/75 (milho: *E. indica*) que diferiu significativamente da produção esperada, nas demais proporções de plantas de milho e capim-pé-de-galinha, a habilidade de cada espécie em interferir sobre a outra foi equivalente, sendo que cada espécie contribuiu com matéria total de sua proporção direta na mistura (RADOSEVICH et al., 1997; PASSINI, 2001), ou então a competição inter-específica com a planta daninha não foi diferente da competição intra-específica que ocorre quando as plantas da cultura crescem livre de plantas infestantes (RADOSEVICH et al., 1997).

Para a PRT, que é a soma das produtividades relativas das duas espécies na mesma proporção, a produção obtida diferiu da reta hipotética apenas na proporção de 25% da cultura e 75% do competidor, o que significa que nesta proporção as espécies competiram entre si, sendo o milho prejudicado na associação com a planta daninha. Nas demais proporções, os valores observados foram próximos dos esperados, não diferindo significativamente, o que indica competição pelos mesmos recursos ambientais (RADOSEVICH et al., 1997), e que as espécies mantiveram suas produtividades quando em associação (Figura 1, Tabela 1).

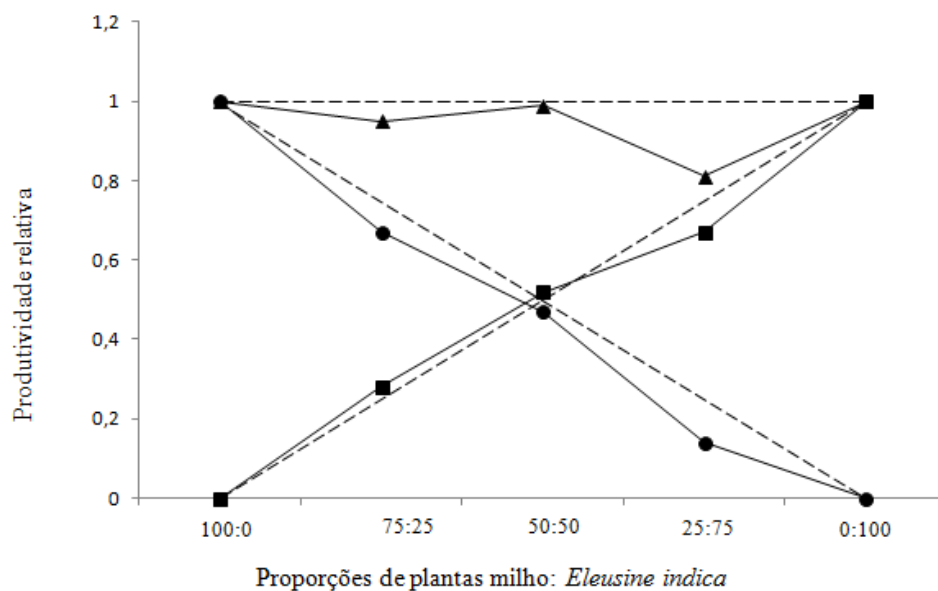


Figura 1 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da parte aérea de plantas de milho e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 1 – Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de milho associadas com capim-pé-de-galinha. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

|                         | Proporções de plantas (milho /capim-pé-de-galinha) |                              |                              |
|-------------------------|--|------------------------------|------------------------------|
|                         | 75/25  | 50/50                        | 25/75                        |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b> |  |                              |                              |
| DPR milho               | -0,08 (± 0,06) <sup>ns</sup>                       | -0,03 (± 0,04) <sup>ns</sup> | -0,11 (± 0,01) *             |
| DPR capim pé-de-galinha | 0,03 (± 0,03) <sup>ns</sup>                        | 0,03 (± 0,02) <sup>ns</sup>  | -0,08 (± 0,03) <sup>ns</sup> |
| PRT                     | 0,95 (± 0,08) <sup>ns</sup>                        | 0,99 (± 0,06) <sup>ns</sup>  | 0,81 (± 0,02) *              |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>  |  |                              |                              |
| DPR milho               | -0,09 (± 0,05) <sup>ns</sup>                       | 0,03 (± 0,02) <sup>ns</sup>  | -0,01 (± 0,03) <sup>ns</sup> |
| DPR capim pé-de-galinha | -0,09 (± 0,02) *                                   | 0,001 (± 0,05) <sup>ns</sup> | 0,02 (± 0,08) <sup>ns</sup>  |
| PRT                     | 0,82 (± 0,04) *                                    | 1,03 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | 1,01 (± 0,06) <sup>ns</sup>  |
| <b>MST<sup>3</sup></b>  |  |                              |                              |
| DPR milho               | -0,08 (± 0,05) <sup>ns</sup>                       | -0,02 (± 0,03) <sup>ns</sup> | -0,09 (± 0,01) *             |
| DPR capim pé-de-galinha | 0,002 (± 0,03) <sup>ns</sup>                       | 0,02 (± 0,02) <sup>ns</sup>  | -0,06 (± 0,03) <sup>ns</sup> |
| PRT                     | 0,92 (± 0,07) <sup>ns</sup>                        | 1,00 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | 0,85 (± 0,01) *              |
| <b>EP<sup>4</sup></b>   |  |                              |                              |
| DPR milho               | -0,03 (± 0,03) <sup>ns</sup>                       | -0,04 (± 0,01) *             | -0,06 (± 0,01) *             |
| DPR capim pé-de-galinha | 0,04 (± 0,03) <sup>ns</sup>                        | 0,02 (± 0,02) <sup>ns</sup>  | -0,02 (± 0,02) <sup>ns</sup> |
| PRT                     | 1,01 (± 0,04) <sup>ns</sup>                        | 0,98 (± 0,02) <sup>ns</sup>  | 0,92 (± 0,02) *              |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Para análise de diagramas em série de substituição considera-se que se a PR resultar em linha reta não há efeito de uma espécie sobre a outra ou a habilidade das espécies em interferir uma sobre a outra são equivalentes; se a PR resultar em linha côncava significa que ocorre prejuízo ao crescimento de uma ou ambas as espécies envolvidas; e se a PR resultar em linha convexa ocorre benefício ao crescimento de uma ou ambas as espécies. Para PRT, se a mesma resultar em linha reta, sendo igual a um, significa que a competição ocorre pelos mesmos recursos ambientais; sendo superior a um (convexa) não ocorre competição, devido ao suprimento de recursos superar a demanda ou porque as espécies possuem diferentes nichos ecológicos; quando inferior a um (côncava), significa que ocorre antagonismo, com prejuízo mútuo das espécies envolvidas (RADOSEVICH et al., 1997).

Christoffoleti & Victoria Filho (1996) verificaram que o milho foi mais competitivo que o caruru em experimentos de série de substituição, em todas as proporções de plantas, em relação à variável matéria seca da parte aérea. Mennan & Isik (2004) observaram que a matéria seca de plantas de trigo de inverno foi menor quando em densidades mais altas de plantas daninhas. Knezevic et al. (1994) destacaram que a interferência de populações de *Amaranthus retroflexus* na cultura do milho depende da densidade e da época de emergência da planta daninha em relação à cultura, sendo que a época de emergência é mais importante do que a densidade de plantas.

Em geral, a habilidade competitiva de espécies no ambiente depende de vários fatores como densidade populacional, época de emergência de uma em relação à outra, características da

planta e as espécies concorrentes (RIZZARDI et al., 2003; BIANCHI et al., 2006a). Quanto maior a densidade de plantas daninhas, maior a quantidade de indivíduos que disputam os mesmos recursos do meio, e maior a competição sofrida pela cultura (PITELLI, 1985). Dessa forma, os efeitos competitivos entre plantas de milho e capim-pé-de-galinha dependem da densidade em que as plantas daninhas estão na lavoura e não propriamente do efeito competitivo de uma planta daninha individual, como pode ser observado na Tabela 1.

Vangessel et al. (1995) acrescentam que quando a distribuição das plantas daninhas em uma área é desigual ou desuniforme, pode haver efeitos de competição intra-específica na área. Dessa forma, é importante a compreensão da interação entre a densidade e a distribuição de plantas daninhas, uma vez que ocasionam perdas de rendimento nas culturas agrícolas.

Radosevich et al. (1997) ressaltam que as perdas de produtividade devido à competição entre plantas são mais significativas quanto mais semelhantes forem os indivíduos, alcançando estresse máximo dentro da mesma espécie, pois neste caso as plantas possuem o mesmo nicho ecológico. Plantas de milho e do capim-pé-de-galinha pertencem à mesma família botânica (Poaceae) (KISSMANN, 1997), desta forma, podem competir pelos mesmos recursos ambientais, como foi observado para a PRT na Figura 1, onde os valores foram próximos à unidade.

Segundo Sangoi et al. (2010a), o milho é um dos principais cereais de importância econômica e o que apresenta maior potencial de produção de matéria seca. Diante disso, pode-se constatar a elevada capacidade competitiva da espécie *E. indica*, que é capaz de

reduzir a matéria seca de plantas de milho quando em altas densidades. Esta espécie está entre as mais importantes gramíneas infestantes do mundo e sua elevada capacidade competitiva decorre do fato de não ser exigente quanto a características de clima e solo, adaptando-se bem em diversos habitats (KISSMANN, 1997).

Com relação à matéria seca da raiz ocorreu o inverso ao verificado para a variável matéria seca da parte aérea, ou seja, foi a planta daninha quem sofreu redução significativa em sua produtividade quando na presença de densidades mais elevadas da cultura (proporção de 75% da cultura e 25% do competidor). A cultura, por sua vez, manteve a produtividade em todas as proporções analisadas, sendo que os valores observados não diferiram significativamente dos valores esperados para esta variável, o que indica que o milho é um bom competidor em relação ao sistema radical e explora eficientemente os recursos do solo. A PRT diferiu significativamente na proporção de 75% de plantas da cultura e 25% de plantas do competidor. A diferença significativa para esta proporção deve-se principalmente à redução na matéria seca de raízes do capim-pé-de-galinha, sob efeito competitivo de densidades superiores da cultura, sendo que a PRT é a soma das produtividades das duas espécies na mesma proporção. Nas demais combinações as habilidades competitivas das duas espécies foram equivalentes e a PRT não diferiu significativamente, o que significa que a competição ocorreu pelos mesmos recursos ambientais (Figura 2, Tabela 1).

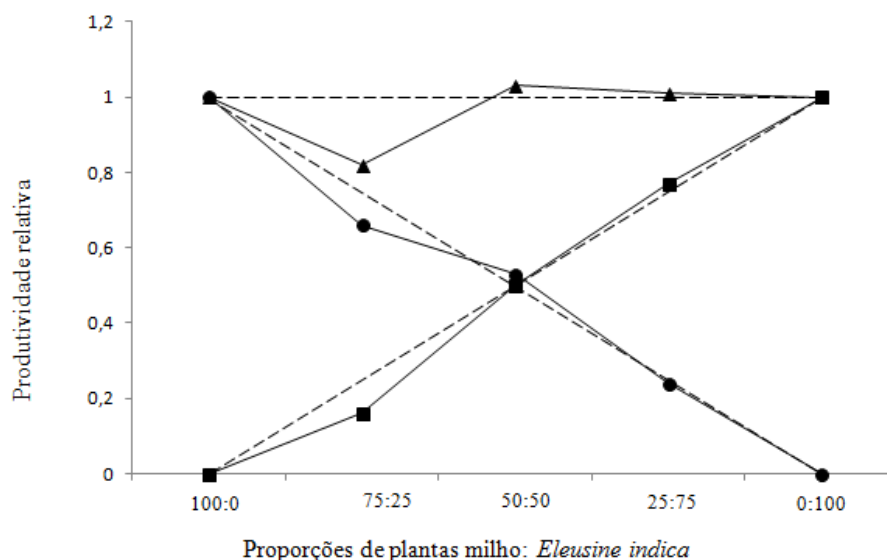


Figura 2 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de milho e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Cultivares de milho obtiveram menor acúmulo de matéria seca quando em competição com seis espécies de plantas daninhas (*Bidens pilosa*, *Cenchrus echinatus*, *Brachiaria brizantha*, *Commelina benghalensis*, *Brachiaria plantaginea* e *Euphorbia heterophylla*), sendo as folhas e caules os órgãos mais afetados (CARVALHO et al., 2011a). No entanto, para as espécies competidoras, as raízes foram os



órgãos mais prejudicados e as espécies *Brachiaria brizantha* e *Commelina benghalensis* foram as que apresentaram maior capacidade de competição com a cultura do milho (CARVALHO et al., 2011a). Os mesmos autores verificaram ainda, que plantas de milho em competição com a espécie *Brachiaria brizantha* apresentaram alocação de matéria seca da raiz para a parte aérea, na tentativa de sombrear a planta daninha e reduzir a disponibilidade de radiação solar para a fotossíntese da infestante.

A matéria seca total, que representa a soma da matéria seca da raiz e parte aérea das duas espécies em cada proporção de plantas pode ser analisada na Figura 3. De modo geral, a planta daninha manteve sua produtividade constante em todas as combinações estudadas, enquanto a cultura sofreu redução significativa na matéria seca quando em maiores densidades da planta daninha. A Figura 3 mostra resultados semelhantes ao verificado na Figura 1, o que significa que a matéria seca da parte aérea foi mais representativa para a matéria seca total das plantas em comparação à matéria seca das raízes. Dessa forma, para a PRT e PR do milho, houve diferença significativa apenas na proporção de 25/75 (Tabela 1).

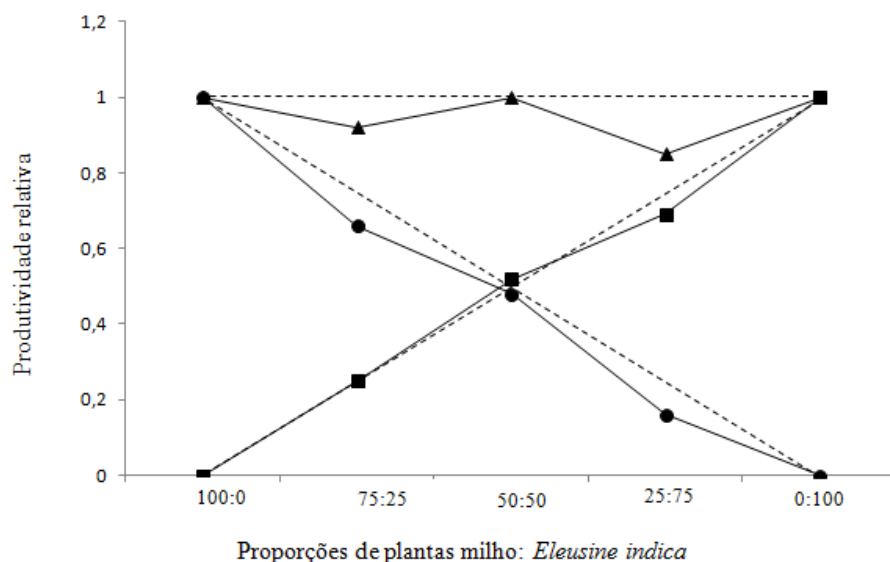


Figura 3 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de milho e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

A Figura 4 e a Tabela 1 mostram os resultados para a variável estatura de plantas de milho e capim-pé-de-galinha em competição. Observou-se redução na produtividade relativa do milho quando em presença de proporções iguais e superiores da planta daninha, visto que os valores obtidos diferiram da reta hipotética. Ao contrário, a planta daninha não competiu em nenhuma proporção. Para

a PRT, houve diferença significativa apenas na proporção 25/75 (milho: capim-pé-de-galinha). Nas demais combinações de plantas não houve efeitos competitivos e as habilidades das espécies em competirem foram equivalentes. A linha observada para PRT nas proporções onde não ocorreram efeitos, os valores se aproximaram da unidade e não diferiram significativamente, o que indica competição pelos mesmos recursos ambientais.

Os resultados dos experimentos substitutivos entre plantas de milho e capim-pé-de-galinha indicam que a estatura do milho reduziu quando em densidades iguais ou inferiores a da planta daninha (Figura 4). A redução na estatura de plantas levou também a redução na matéria seca da parte aérea, quando o milho esteve sob competição com densidades mais altas da planta daninha (Figura 1).

Lamego et al. (2005) destacam que o sombreamento das plantas, causado quando uma espécie se sobrepõe à outra no ambiente, pode ser detectado por alteração na radiação vermelho/vermelho extremo. Assim, as plantas podem alocar recursos e investir no crescimento da parte aérea e comprometer o seu sistema radical. Rajcan & Swanton (2001) também enfatizam a importância da alteração na qualidade da luz na interação entre espécies. Os mesmos autores explicam que o sombreamento mútuo das folhas provoca redução na densidade do fluxo de fótons fotossinteticamente ativos disponíveis, que resulta em redução nas taxas fotossintéticas.

Altas densidades de plantas, como as verificadas na proporção de 25 % de plantas de milho e 75% de plantas do capim-pé-de-galinha, podem afetar a quantidade de radiação que chega a base do colmo no milho, onde está localizado o ponto de crescimento

durante a fase vegetativa e início da fase reprodutiva (SANGOI et al., 2010a). Dessa forma, as plantas tornam-se estioladas e com potencial competitivo menor.

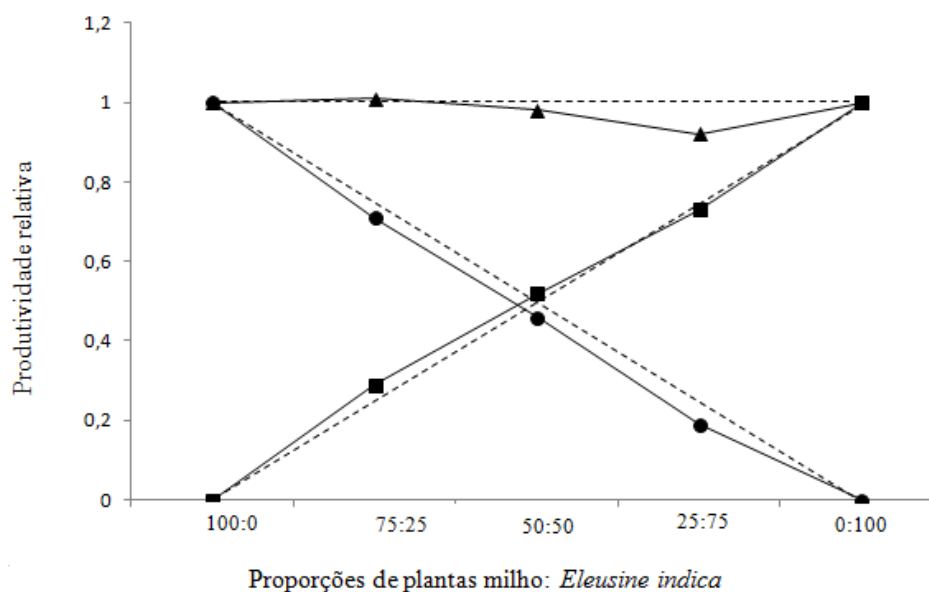


Figura 4 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de milho e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Pelos resultados obtidos na Tabela 2 pode-se observar que não houve dominância entre as espécies, com relação à matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz e matéria seca total, quando ambas

as espécies estavam em mesmas proporções. Entretanto, em proporções iguais, a estatura de plantas foi significativamente alterada, e para esta variável a planta daninha mostrou-se mais competitiva, sendo que  $CR < 1$ ,  $K_m < K_c$  e  $A < 0$ .

Tabela 2 – Índices de competitividade de milho e capim-pé-de-galinha, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| Variáveis         | CR                               | $K_{m= \text{milho}}$            | $K_{c= \text{capim-pé-de-galinha}}$ | A                                 |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| MSPA <sup>1</sup> | 0,89 ( $\pm$ 0,06) <sup>ns</sup> | 0,91 ( $\pm$ 0,13) <sup>ns</sup> | 1,12 ( $\pm$ 0,09) <sup>ns</sup>    | -0,06 ( $\pm$ 0,03) <sup>ns</sup> |
| MSR <sup>2</sup>  | 1,10 ( $\pm$ 0,13) <sup>ns</sup> | 1,14 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup> | 1,06 ( $\pm$ 0,19) <sup>ns</sup>    | 0,03 ( $\pm$ 0,06) <sup>ns</sup>  |
| MST <sup>3</sup>  | 0,93 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup> | 0,94 ( $\pm$ 0,12) <sup>ns</sup> | 1,08 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>    | -0,04 ( $\pm$ 0,04) <sup>ns</sup> |
| EP <sup>4</sup>   | 0,88 ( $\pm$ 0,03) *             | 0,84 ( $\pm$ 0,03) *             | 1,10 ( $\pm$ 0,07) *                | -0,07 ( $\pm$ 0,01) *             |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Estudos com plantas de soja em convivência com a espécie daninha papuã demonstraram que a associação entre as duas espécies foi antagônica, o que prejudicou o crescimento de ambas as espécies em associação, com predominância da competição intra-específica (AGOSTINETTO et al., 2009). Entretanto, os índices competitivos CR, K e A para a convivência destas espécies não diferiram em nenhuma proporção, pelo fato de nenhuma espécie ser

mais competitiva que a outra quando na mesma proporção de indivíduos (AGOSTINETTO et al., 2009).

Moraes et al. (2009) verificaram perda de produtividade para a soja em competição com o arroz-vermelho, quando a cultura estava em maior proporção na mistura, e acréscimo na produtividade quando em igual ou menor proporção que a competidora, enquanto o arroz-vermelho apresentou perda de produtividade em qualquer das proporções. Rigoli et al. (2008) observaram que o trigo em convivência com o azevém apresentou aumento de produtividade, enquanto a competidora obteve decréscimo na sua produção. Entretanto, Christoffoleti & Victoria Filho (1996), ao estudarem elementos de interferência de caruru sobre a cultura do milho, concluíram que o milho é melhor competidor do que a espécie daninha.

A análise da resposta do milho à interferência do capim-pé-de-galinha nas diferentes proporções de plantas indicou que para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca total e estatura, plantas de milho reduziram significativamente na produtividade em relação ao monocultivo, quando a planta daninha encontrava-se em densidade superior ao milho (proporção de 25/75), o que significa que a competição inter-específica foi mais importante que a competição intra-específica (Tabela 3). Dessa forma, o milho prefere uma planta da mesma espécie em sua vizinhança do que uma planta de capim-pé-de-galinha. Esses resultados diferem dos encontrados por Christoffoleti & Victoria Filho (1996), que observaram que o milho se beneficiava com a presença de uma planta de caruru ao seu lado, em relação à outra de milho.

Ao contrário, a planta daninha não diferiu significativamente nos valores por planta, em nenhuma variável analisada. Para a variável matéria seca da raiz, o milho e o capim-pé-de-galinha não tiveram suas produtividades significativamente alteradas neste estudo, em comparação aos monocultivos (Tabela 3).

Com relação à variável matéria seca da parte aérea, Rigoli et al. (2008) constataram que a competição inter-específica foi mais significativa para o trigo e a intra-específica foi mais importante para a planta daninha (azevém), sendo que as maiores médias por planta ocorreram quando a cultura estava em populações menores comparadas ao competidor. No entanto, na convivência do trigo com o nabo, a competição intra-específica foi mais importante que a inter-específica para a cultura, independente da proporção de plantas, enquanto para a planta daninha não se verificou diferença significativa.

Alguns autores relatam que a cultura do milho quando exposta a altas densidades de plantas daninhas apresenta decréscimo em sua produtividade (VIDAL et al.,1999; KOZLOWSKI et al.,2009), estando de acordo com o observado neste estudo.

Importante considerar que as avaliações de produtividade de plantas de milho e do capim-pé-de-galinha foram realizadas aos 42 dias após a emergência do milho, durante o período crítico de interferência que, segundo Pitelli (1985) vai de 15 a 45 dias após a emergência da cultura.

Tabela 3 – Resposta do milho à interferência com o capim-pé-de-galinha, aos 42 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (milho/capim-pé-de-galinha)</b> |           |       |       |         |           |        |
|--|-----------|-------|-------|---------|-----------|--------|
| <b>Variáveis</b>   | 100/0 (T) | 75/25 | 50/50 | 25/75   | 0/100 (T) | CV (%) |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>                                  |           |       |       |         |           |        |
| Milho  | 4,43      | 3,94  | 4,16  | 2,57 *  | -         | 17,42  |
| Capim-pé-de-galinha                                      | -         | 2,37  | 2,2   | 1,86    | 2,09      | 16,52  |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>                                   |           |       |       |         |           |        |
| Milho  | 0,89      | 0,78  | 0,94  | 0,86    | -         | 20,13  |
| Capim-pé-de-galinha                                      | -         | 0,45  | 0,7   | 0,72    | 0,7       | 20,37  |
| <b>MST<sup>3</sup></b>                                   |           |       |       |         |           |        |
| Milho  | 5,32      | 4,73  | 5,11  | 3,43 *  | -         | 13,76  |
| Capim-pé-de-galinha                                      | -         | 2,83  | 2,91  | 2,59    | 2,8       | 13,82  |
| <b>EP<sup>4</sup></b>                                    |           |       |       |         |           |        |
| Milho  | 93,53     | 89,23 | 85,69 | 70,77 * | -         | 6,06   |
| Capim-pé-de-galinha                                      | -         | 55,61 | 49,41 | 45,84   | 47,15     | 11,69  |

\* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Os resultados obtidos de experimentos substitutivos de plantas de soja em competição com a espécie daninha capim-pé-de-galinha mostraram valores de PR e PRT relativamente próximos aos valores esperados, para todas as variáveis analisadas (Figuras 5, 6, 7 e 8). As variáveis matéria seca da parte aérea e matéria seca total de plantas de soja e de capim-pé-de-galinha não diferiram significativamente em nenhuma proporção de plantas (Tabela 4). No entanto, pela análise gráfica observou-se que a planta daninha obteve



um decréscimo na produtividade para estas variáveis, a partir da proporção 75:25. A reta da PRT mostrou leve declínio, apesar de não diferir significativamente pelo teste t em nenhuma proporção de plantas, o que indica que a disponibilidade dos recursos foi suficiente para ambas as espécies (Figuras 5 e 7; Tabela 4).

Observou-se também que a matéria seca da parte aérea contribuiu mais para a matéria seca total que a matéria seca da raiz, tendo em vista os valores relativamente semelhantes e os diagramas obtidos entre estas duas variáveis (Figuras 5 e 7).

Trabalhos sobre competição entre a cultura da soja e plantas daninhas demonstram que, em geral, as espécies daninhas gramíneas causam mais prejuízos a soja comparadas a espécies daninhas dicotiledôneas (FLECK & CANDEMIL, 1995), talvez por serem espécies com características botânicas diferenciadas e com maior capacidade de competição com a cultura.

Outro estudo onde o capim-pé-de-galinha conviveu com a cultura do quiabo, observou-se superioridade competitiva da planta daninha com relação à cultura (SANTOS et al., 2010), o que demonstra diferenças de competitividade desta espécie dependendo da cultura com a qual está competindo. No presente estudo, a espécie daninha não foi mais competitiva que a cultura com relação à matéria seca.

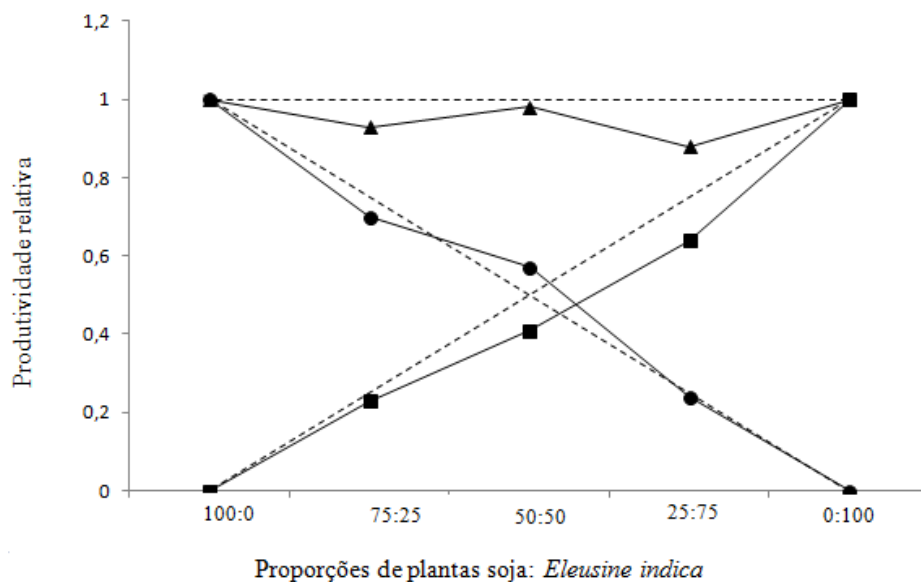


Figura 5 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da parte aérea de plantas de soja e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

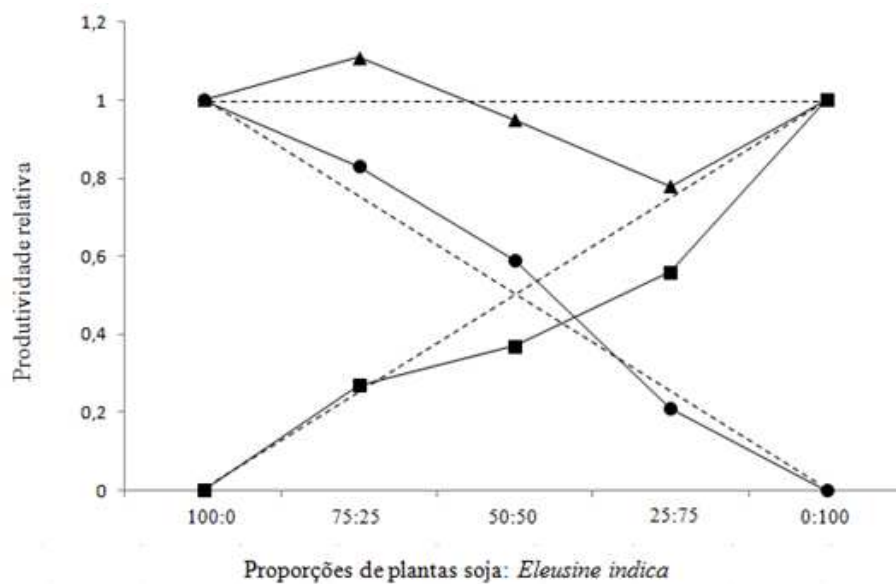


Figura 6 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de soja e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

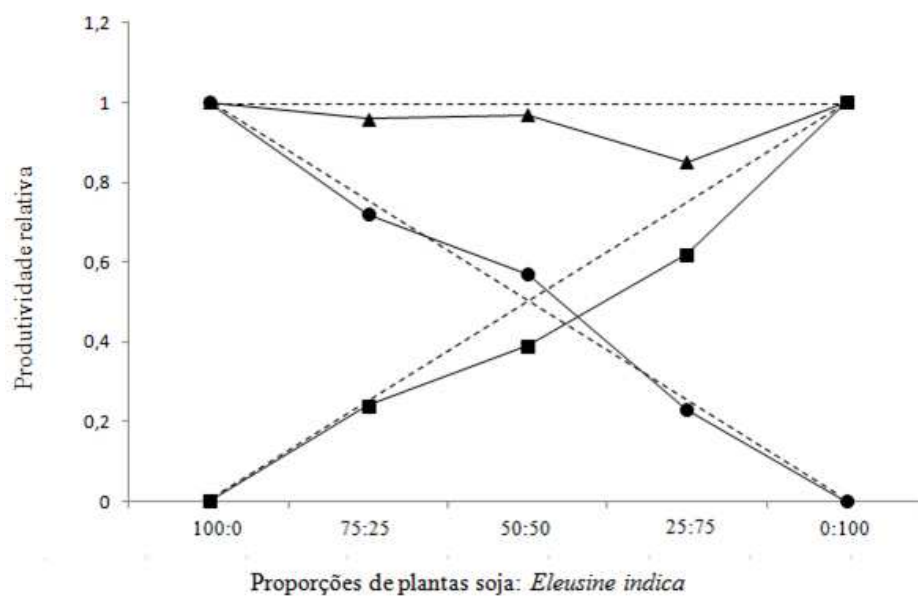


Figura 7 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca total (raiz + parte aérea) de plantas de soja e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 4 – Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de soja associadas com capim-pé-de-galinha. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (soja /capim-pé-de-galinha)</b> |                              |                              |                              |
|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|  | 75/25                        | 50/50                        | 25/75                        |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>                                  |                              |                              |                              |
| DPR soja   | -0,05 (± 0,09) <sup>ns</sup> | 0,07 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | -0,01 (± 0,02) <sup>ns</sup> |
| DPR capim pé-de-galinha                                  | -0,03 (± 0,03) <sup>ns</sup> | -0,09 (± 0,06) <sup>ns</sup> | -0,18 (± 0,19) <sup>ns</sup> |
| PRT  | 0,93 (± 0,12) <sup>ns</sup>  | 0,98 (± 0,05) <sup>ns</sup>  | 0,88 (± 0,10) <sup>ns</sup>  |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>                                   |                              |                              |                              |
| DPR soja   | 0,08 (± 0,02) *              | 0,09 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | -0,03 (± 0,04) <sup>ns</sup> |
| DPR capim pé-de-galinha                                  | 0,03 (± 0,10) <sup>ns</sup>  | -0,13 (± 0,08) <sup>ns</sup> | -0,19 (± 0,10) <sup>ns</sup> |
| PRT  | 1,11 (± 0,10) <sup>ns</sup>  | 0,96 (± 0,11) <sup>ns</sup>  | 0,78 (± 0,11) <sup>ns</sup>  |
| <b>MST<sup>3</sup></b>                                   |                              |                              |                              |
| DPR soja   | -0,03 (± 0,08) <sup>ns</sup> | 0,07 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | -0,02 (± 0,02) <sup>ns</sup> |
| DPR capim pé-de-galinha                                  | -0,01 (± 0,06) <sup>ns</sup> | -0,11 (± 0,06) <sup>ns</sup> | -0,13 (± 0,10) <sup>ns</sup> |
| PRT  | 0,96 (± 0,13) <sup>ns</sup>  | 0,97 (± 0,06) <sup>ns</sup>  | 0,85 (± 0,10) <sup>ns</sup>  |
| <b>EP<sup>4</sup></b>                                    |                              |                              |                              |
| DPR soja   | -0,04 (± 0,02) <sup>ns</sup> | -0,02 (± 0,01) <sup>ns</sup> | -0,05 (± 0,01) *             |
| DPR capim pé-de-galinha                                  | 0,05 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | 0,04 (± 0,02) <sup>ns</sup>  | -0,03 (± 0,05) <sup>ns</sup> |
| PRT  | 1,00 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | 1,02 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | 0,93 (± 0,04) <sup>ns</sup>  |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

A matéria seca da raiz de soja apresentou produtividade acima da esperada nas proporções 75:25 e 50:50, no entanto, tais diferenças só foram significativas na proporção 75:25. A matéria seca da raiz do capim-pé-de-galinha apresentou decréscimo em relação à produção esperada, nas proporções de 50:50 e 25:75, mas tais diferenças não foram significativas em relação à produção esperada para estas proporções. A PRT indicou benefício para as espécies quando a soja estava sob maior densidade e prejuízo mútuo para as espécies quando a planta daninha estava em maior densidade, embora tais valores não diferiram significativamente do esperado (Figura 6 e Tabela 4).

Lamego et al. (2005) destacam que a soja é uma espécie que apresenta elevada plasticidade e mostra respostas adaptativas às condições de ambiente e manejo ao qual é submetida. Dessa forma, pode não ser influenciada pela competição com algumas espécies de plantas daninhas, como foi verificado neste trabalho para as variáveis de matéria seca.

Além da plasticidade, há outras características que influenciam na competitividade da soja no ambiente. Um estudo verificou que o vigor de sementes de soja pode interferir na sua habilidade competitiva com plantas daninhas (DIAS et al., 2011). Plantas desenvolvidas a partir de sementes de médio e alto vigor apresentaram os melhores resultados na competição com plantas daninhas, causando redução no acúmulo de matéria seca destas (DIAS et al., 2011). A estatura de plantas, número de ramos e comprimento destes também contribuem para expressar maior capacidade de

competição. No entanto, a matéria seca da parte aérea, a cobertura do solo pelo dossel da cultura e a produção de grãos são as características mais importantes (BIANCHI et al., 2006a).

A habilidade da soja em competir com as plantas daninhas, especialmente no período vegetativo, garante a esta vantagem na busca por recursos do meio e na síntese de fotoassimilados, que serão utilizados para o enchimento de grãos no período reprodutivo (LAMEGO et al., 2004). Os mesmos autores destacam que cultivares de soja com habilidade competitiva superior, além de tolerarem a competição imposta pelas plantas daninhas, suprimem a produção de grãos e preservam o seu potencial de produtividade.

Voll et al. (2005) enfatizam que o controle das plantas daninhas até o estágio V4 da soja, ou seja, o 4º nó do estágio de crescimento pode resultar numa pequena perda de produção, enquanto os estádios de florescimento (R1) e enchimento de grão (R5) são considerados críticos, com maior interferência e perdas de produtividade. Moraes et al. (2009) apontam que o período crítico de competição para a cultura da soja vai de três a seis semanas após a emergência da cultura, podendo variar conforme o cultivar, o tipo de solo, a espécie e a infestação das plantas daninhas. Desta forma, as análises das variáveis do presente estudo foram realizadas logo após o período crítico de competição da cultura com plantas daninhas.

A estatura de plantas de soja apresentou leve decréscimo em relação aos valores esperados. Ao contrário, o capim-pé-de-galinha apresentou pequeno aumento em estatura para as proporções de 75:25 e 50:50 (Figura 8). No entanto, este aumento não foi

suficiente para sobrepor a estatura de plantas de soja que apresentaram aproximadamente 9-10 cm acima da planta daninha, para todas as proporções analisadas. Este comportamento possivelmente é atribuído à menor habilidade competitiva da planta daninha, que na tentativa de melhorar seu potencial de competição, investe na estatura objetivando sombrear a cultura e assim obter maior produtividade. Neste contexto, subentende-se que o aumento na estatura pode estar associado a uma menor habilidade competitiva do capim-pé-de-galinha. A PRT para as duas espécies indicou prejuízo na proporção 25:75 onde a planta daninha estava em maior densidade comparado à cultura (Figura 8 e Tabela 4).

Lamego et al. (2005) destacam que a estatura de planta e o ciclo de desenvolvimento são características positivamente associadas com a habilidade competitiva da soja. Fleck et al. (2007) enfatizaram que cultivares de soja portadores de baixa estatura são afetados em maior grau pelo estresse competitivo imposto por plantas daninhas de elevada estatura.

Em geral, altas densidades de plantas daninhas podem interferir na cultura da soja por causar sombreamento a esta, alterando a relação vermelho/vermelho extremo. Dessa forma, a qualidade da luz e as taxas fotossintéticas são prejudicadas (RAJCAN & SWANTON, 2001). Altas densidades da espécie daninha *Amaranthus palmeri* reduziu a produtividade da soja em até 68% (KLINGAMAN & OLIVER, 1994).

Em outro estudo se verificou que a maior parte das reduções no rendimento foi devido a espécies daninhas gramíneas. No entanto, não houve correlação entre a competitividade das espécies



daninhas e a cobertura do dossel ou altura de plantas de soja (BUSSAN et al., 1997).

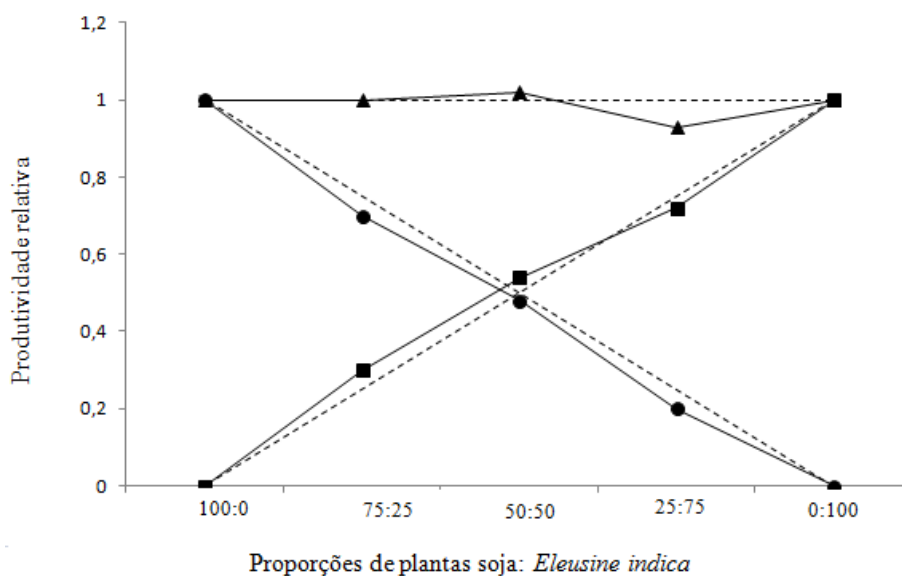


Figura 8 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de soja e *Eleusine indica*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

O efeito de três espécies de *Amaranthus* na cultura da soja dependeu da densidade e da época de emergência da planta daninha em relação à cultura, sendo que os efeitos mais significativos ocorreram quando as plantas daninhas emergiram junto com a soja

(BENSCH et al., 2003). Em outro trabalho, *Ipomoea purpurea* foi mais competitiva que a soja durante o estágio reprodutivo desta (OLIVER et al., 1976). Outro estudo de competição entre plantas de soja e capim-marmelada ou trapoeraba, o capim-marmelada foi a espécie mais competitiva, no entanto, a trapoeraba teve capacidade competitiva similar à soja, sendo que em ambos os casos, a competição intra-específica foi superior à competição inter-específica (DIAS et al., 2010).

Os índices de competitividade (CR, K e A) expressam o quanto uma espécie é mais competitiva que a outra, quando em proporções iguais. Dessa forma, CR indica o crescimento relativo da soja em relação ao capim-pé-de-galinha, K indica a dominância de uma espécie sobre a outra e A aponta qual espécie é mais agressiva (HOFFMAN & BUHLER, 2002). Para os experimentos de competição de soja e capim-pé-de-galinha, quando as duas espécies estiveram nas mesmas proporções, pode-se observar que não houve diferenças significativas para os índices CR e A nas variáveis matéria seca da parte aérea e total. Entretanto, o valor de K diferiu para estas variáveis, o que significa que a soja domina em relação ao capim-pé-de-galinha ( $K_a > K_b$ ). Para a variável matéria seca da raiz, apenas o índice A foi significativo e indicou ser a soja mais agressiva com relação ao sistema radical, comparada à planta daninha ( $A > 0$ ) (Tabela 5).

Com relação à variável estatura de plantas, a planta daninha mostrou ser mais competitiva que a soja, quando em proporções iguais a esta, sendo que  $CR < 1$ ,  $K_a < K_b$  e  $A < 0$  (Tabela 5). No entanto, vale ressaltar que este comportamento é possivelmente

devido à menor habilidade competitiva da planta daninha em relação à soja.

Importante destacar que em campo os resultados são mais significativos, sendo que muitas vezes o efeito sobre a cultura não decorre necessariamente da habilidade competitiva da espécie daninha, mas da densidade em que esta se encontra na lavoura (BIANCHI et al., 2006a).

Tabela 5 – Índices de competitividade de soja e capim-pé-de-galinha, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| Variáveis         | CR                                | $K_s = \text{soja}$               | $K_c = \text{capim-pé-de-galinha}$ | A                                 |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| MSPA <sup>1</sup> | 1,49 ( $\pm 0,24$ ) <sup>ns</sup> | 1,35 ( $\pm 0,13$ ) <sup>*</sup>  | 0,74 ( $\pm 0,18$ ) <sup>*</sup>   | 0,16 ( $\pm 0,07$ ) <sup>ns</sup> |
| MSR <sup>2</sup>  | 1,80 ( $\pm 0,33$ ) <sup>ns</sup> | 1,52 ( $\pm 0,31$ ) <sup>ns</sup> | 0,65 ( $\pm 0,20$ ) <sup>ns</sup>  | 0,22 ( $\pm 0,06$ ) <sup>*</sup>  |
| MST <sup>3</sup>  | 1,58 ( $\pm 0,28$ ) <sup>ns</sup> | 1,36 ( $\pm 0,12$ ) <sup>*</sup>  | 0,70 ( $\pm 0,18$ ) <sup>*</sup>   | 0,18 ( $\pm 0,08$ ) <sup>ns</sup> |
| EP <sup>4</sup>   | 0,90 ( $\pm 0,02$ ) <sup>*</sup>  | 0,93 ( $\pm 0,02$ ) <sup>*</sup>  | 1,18 ( $\pm 0,09$ ) <sup>ns</sup>  | -0,06 ( $\pm 0,01$ ) <sup>*</sup> |

<sup>ns</sup> Não-significativo e <sup>\*</sup> significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Em análise à resposta da soja com a interferência do capim-pé-de-galinha constatou-se que houve redução significativa na estatura de plantas da cultura quando o capim-pé-de-galinha estava em densidade superior (proporção de 25/75), em comparação à estatura de plantas de soja em monocultura. As demais variáveis (matéria seca da parte aérea, raiz e total) não diferiram dos valores obtidos nos monocultivos (Tabela 6).

Em trabalhos sobre efeitos competitivos entre plantas daninhas e culturas, Yamauti et al. (2011) verificaram que o tritcale foi mais competitivo que a nabiça, sendo a competição intra-específica mais importante para a cultura. Da mesma forma, Hoffman & Buhler (2002) encontraram que o sorgo cultivado foi mais competitivo que o *Sorghum halepense*. Outros trabalhos onde a cultura demonstrou ser mais competitiva foram desenvolvidos por Moraes et al. (2009), com soja em relação ao arroz-vermelho; e Rigoli et al. (2008), com trigo em relação ao azevém.

Ao contrário, Agostinetto et al. (2004a) verificaram que a espécie daninha arroz-vermelho foi mais competitivo que o arroz irrigado; o nabo mais competitivo que a soja (BIANCHI et al., 2006a) e biótipos de azevém suscetíveis ao glifosato mais competitivos que plantas de trigo e biótipos de azevém resistentes a este herbicida (FERREIRA et al., 2008).

Tabela 6 – Resposta da soja à interferência com o capim-pé-de-galinha, aos 60 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (soja/capim-pé-de-galinha)</b> |           |       |       |         |           |        |
|---|-----------|-------|-------|---------|-----------|--------|
| <b>Variáveis</b>  | 100/0 (T) | 75/25 | 50/50 | 25/75   | 0/100 (T) | CV (%) |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>                                 |           |       |       |         |           |        |
| Soja  | 1,22      | 1,14  | 1,39  | 1,15    | -         | 16,70  |
| Capim pé-de-galinha                                     | -         | 0,36  | 0,33  | 0,34    | 0,40      | 30,39  |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>                                  |           |       |       |         |           |        |
| Soja  | 0,16      | 0,18  | 0,19  | 0,14    | -         | 17,49  |
| Capim pé-de-galinha                                     | -         | 0,23  | 0,15  | 0,16    | 0,21      | 55,29  |
| <b>MST<sup>3</sup></b>                                  |           |       |       |         |           |        |
| Soja  | 1,39      | 1,33  | 1,58  | 1,3     | -         | 15,43  |
| Capim pé-de-galinha                                     | -         | 0,59  | 0,48  | 0,50    | 0,61      | 37,63  |
| <b>EP<sup>4</sup></b>                                   |           |       |       |         |           |        |
| Soja  | 39,44     | 37,10 | 38,06 | 31,94 * | -         | 5,54   |
| Capim pé-de-galinha                                     | -         | 28,32 | 25,66 | 23      | 23,8      | 13,71  |

\* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

É importante salientar que para o presente trabalho, não foi identificado qual recurso as plantas competiram entre si, e que a campo as interações competitivas entre as espécies vão depender das condições ambientais as quais as plantas estão inseridas, bem como das interferências causadas por infestações com outras espécies presentes na mesma área.

#### **4 CONCLUSÕES**

A soja é mais competitiva que o capim-pé-de-galinha em relação às variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e matéria seca total. O milho apresenta habilidade competitiva equivalente ao capim-pé-de-galinha, para estas mesmas variáveis, quando ambas as espécies encontram-se em proporções iguais na mistura.

O capim-pé-de-galinha investe em estatura, como uma alternativa na competição com plantas de soja e milho.

## CAPÍTULO II

### COMPETITIVIDADE RELATIVA DE SOJA E MILHO COM *Sorghum sudanense*

ALANA CRISTINA DORNELES WANDSCHEER<sup>1</sup>

**RESUMO** – As plantas daninhas são espécies capazes de interferir de forma significativa no rendimento de culturas agrícolas. Isto porque competem por recursos ambientais, tais como água, luz, nutrientes e espaço físico. A espécie daninha *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf, conhecida como capim-sudão, é encontrada em áreas agrícolas do Rio Grande do Sul, no entanto, ainda não há pesquisas com relação à competitividade desta espécie. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi verificar a competitividade de soja e milho com a espécie daninha *Sorghum sudanense*. Para isso, foram realizados dois experimentos em casa-de-vegetação pertencente ao Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária da Universidade de Passo Fundo – RS, na estação de crescimento 2010/2011, um com a cultura da soja e outro com a cultura do milho. Os tratamentos foram arranjos em série de substituição, utilizando-se cinco proporções (8:0, 6:2, 4:4, 2:6, 0:8) de plantas de soja ou milho e da espécie daninha, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições. As variáveis estudadas foram matéria seca da parte aérea, da raiz e total e

---

<sup>1</sup> Bióloga, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

estatura de plantas. A análise da competitividade relativa das espécies foi verificada por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos e interpretação dos índices de competitividade (CR, K e A). Plantas de milho e soja mostraram habilidade competitiva superior ao capim-sudão. Na associação entre o milho e a planta daninha, a estatura de plantas foi a variável mais afetada. Ao contrário, na associação entre plantas de soja e do capim-sudão as variáveis mais afetadas foram matéria seca da parte aérea, raiz e total. A estatura de plantas não foi afetada pela competição entre estas duas espécies.

**Palavras-chave:** série de substituição, competição, capim-sudão.

#### **RELATIVE COMPETITIVITY OF SOYBEAN AND CORN WITH *Sorghum sudanense***

**ABSTRACT** – The weeds are species that can affect significantly the yield of agricultural crops. This is because the plants compete for environmental resources such as water, light, nutrients and space. The weed *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf, known as sudangrass, is found in agricultural areas of Rio Grande do Sul, however, there is no research regarding the competitiveness of this species. Thus, the aim of this study was to assess the competitiveness of soybean and corn with weed species *Sorghum*. For this, two experiments were conducted in green-house belonging to the Centre for Agricultural Research and Extension at the University of Passo Fundo - RS, in the growing season 2010/2011, with a crop of soybean and the other with corn. The treatments were arranged in a replacement series, using five



proportions (8:0, 6:2, 4:4, 2:6, 0:8) of soybean or corn and weed species in a randomized experimental design with four replications. The variables studied were shoot dry weight, root, total and plant height. The analysis of the relative competitiveness of species was verified through diagrams applied to replacement series experiment and interpretation of competitiveness indexes (CR, K and A). Corn and soybean showed superior competitive ability in sudangrass. In the relationship between corn and weed, the height of the plant was the most affected. Instead, the association between soybean and sudangrass were the variables most affected shoot dry weight, root and total. The height of the plant was not affected by competition between these two species.

**Key-words:** replacement series, competition, sudangrass.

## 1 INTRODUÇÃO

Os vegetais, durante o seu crescimento e desenvolvimento, recrutam recursos do meio tornando-os menos disponíveis a outras plantas relativamente próximas, ou modificam o ambiente, o que causa prejuízos ao desenvolvimento de outros indivíduos. Dessa forma estabelece-se a competição entre plantas, que pode ser definida como o recrutamento conjunto, por duas ou mais plantas, de recursos essenciais ao crescimento, como água, luz, nutrientes e espaço físico, que são limitados no ecossistema comum (PITELLI, 1985).

As interações competitivas são processos complexos e dinâmicos, sendo que as plantas daninhas que normalmente respondem por perdas consideráveis no rendimento de culturas agrícolas competem por mais de um recurso ambiental, estando este recurso abaixo ou acima do solo. Além disso, a competição pode ser influenciada por outras interações como herbivoria ou parasitismo e variações genéticas e ambientais (BOOTH et al., 2003). Os mesmos autores acrescentam que as plantas daninhas possuem variabilidade genética e, dessa forma, indivíduos de uma mesma espécie não respondem da mesma maneira ao processo competitivo.

Oliveira & Schreiner (1987) afirmam que a competição manifesta-se de várias formas e a produção de uma espécie aumenta ou diminui em relação ao seu monocultivo. A importância do conhecimento dos efeitos competitivos deve-se ao fato de estar diretamente ligado à melhor combinação entre as espécies envolvidas na associação.

A determinação das interações competitivas entre plantas exige delineamentos experimentais e métodos apropriados, sendo os experimentos substitutivos convencionais os mais utilizados para esclarecer tais relações (FLECK et al., 2008). Estes modelos incluem análises de monoculturas das espécies que se deseja investigar, bem como misturas destas, em que as proporções das duas espécies estudadas variam enquanto que a densidade total de plantas é mantida constante para todos os tratamentos (COUSENS, 1991; RADOSEVICH et al., 1997).

A análise convencional de experimentos substitutivos inclui comparação entre o rendimento esperado e o rendimento observado, sendo o rendimento esperado função linear das proporções das espécies em mistura. Uma linha reta para cada espécie, ligando a produção em monocultura (100%) ao seu ponto de rendimento zero define o rendimento esperado, onde a competição interespecífica é equivalente a competição intra-específica (REJMÁNEK et al., 1989).

*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf, também conhecido como capim-sudão, devido ao seu local de origem, é uma espécie introduzida em muitos países por sua utilidade como forragem e por isso tornou-se infestante em muitas culturas. Na Bolívia é encontrada em lavouras de milho, soja e algodão (KISSMANN, 1997) e no Brasil já pode ser encontrada em algumas áreas agrícolas do Rio Grande do Sul. São plantas anuais reproduzidas por sementes e não possuem rizomas, o que a difere do *Sorghum halepense*. No entanto, apresenta coroa bem desenvolvida e raízes fasciculadas, sendo muito parecida com *Sorghum arundinaceum*, mas difere deste por apresentar espiguetas pediceladas persistentes, que se destacam por ruptura da

raque. Em condições normais e amplo espaço físico, a planta pode desenvolver até cem colmos a partir da coroa (KISSMANN, 1997).

A hipótese desta pesquisa é de que o capim-sudão apresenta habilidade competitiva inferior às culturas de soja e milho, quando em proporções iguais e sob níveis adequados de recursos. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a capacidade competitiva de plantas de soja e milho com a espécie daninha *S. sudanense*.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois experimentos em casa-de-vegetação, na estação de crescimento 2010/2011, no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) pertencente à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo – Rio Grande do Sul, Brasil. O primeiro experimento objetivou avaliar a habilidade competitiva entre plantas de capim-sudão e milho e o segundo experimento avaliou a competitividade entre plantas de capim-sudão e soja. Ambos os experimentos foram realizados com base no método de série de substituição, cujos tratamentos consistiram de combinações de plantas de soja ou milho com a espécie daninha. As proporções entre as espécies foram variadas, mas a densidade final de plantas foi mantida constante (COUSENS, 1991). As unidades experimentais foram vasos plásticos com capacidade volumétrica de 8 L e altura de 25 cm, preenchidos com solo oriundo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo

que a posição dos vasos foi alterada periodicamente, a fim de obter condições experimentais homogêneas.

Utilizou-se sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr - cultivar NA 5909 RG) e milho (*Zea mays* L. – híbrido DKB 240 YG). Sementes da espécie daninha foram coletadas em área agrícola pertencente ao município de Julio de Castilhos, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul.

Após testes preliminares onde pode-se observar o tempo que a espécie daninha necessitava da germinação até a emergência, isto é, aproximadamente seis dias, fez-se a semeadura da soja ou milho nas unidades experimentais e, no dia seguinte, realizou-se a semeadura da espécie daninha, de forma que as duas espécies emergissem juntas, a fim de obter plântulas no mesmo estágio fenológico. As sementes das culturas e da espécie daninha foram semeadas além da população desejada e posteriormente fez-se o desbaste.

A densidade populacional utilizada para cada unidade experimental foi obtida de acordo com a “Lei da produção final constante” determinada em outros ensaios (dados não relatados) onde a população foi de oito plantas vaso<sup>-1</sup>, equivalente a 250 plantas m<sup>-2</sup>.

Os tratamentos foram combinações de plantas de soja ou milho e da espécie daninha nas respectivas proporções: 8:0, 6:2, 4:4, 2:6 e 0:8, isto é, 100, 75, 50, 25 e 0% de plantas de soja ou milho e o inverso para a planta daninha. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições.

Aos 60 dias após a emergência da soja e 42 DAE do milho fez-se a coleta de todas as plantas e avaliou-se a estatura e a matéria

seca da parte aérea, raiz e total. A estatura foi mensurada desde a distância da base até a extremidade da última folha, sendo a unidade utilizada centímetros (cm); e matéria seca da parte aérea, raiz e total, em gramas (g), por meio de balança analítica. Para obtenção da matéria seca, as plantas coletadas foram separadas em parte aérea e raiz e estas foram postas para secar, acondicionadas em sacos de papel e identificadas, sendo mantidas em estufa na temperatura de 60 °C, por um período de 72 horas. Em seguida fez-se a pesagem das partes vegetais desejadas, sendo que a matéria seca total correspondeu à soma da matéria seca da parte aérea + matéria seca da raiz em cada proporção.

Para análise das variáveis utilizou-se o método da análise gráfica ou convencional para experimentos substitutivos (ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991), que consiste na construção de diagramas com base na produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT), nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% da cultura e da planta daninha.

A produtividade relativa das variáveis analisadas foi calculada dividindo-se a média da mistura pela média da monocultura, incluindo-se no cálculo a média por planta de cada espécie em cada unidade experimental. A PRT representou a soma das produtividades relativas dos competidores nas respectivas proporções de plantas.

As fórmulas para o cálculo das produtividades relativas e totais são dadas a seguir, segundo Hoffman & Buhler (2002):

$$PRa = (p) (Amix/Amon)$$

$$PRb = (1 - p) (Bmix/Bmon)$$

$$PRT = PRa + PRb, \text{ onde:}$$

PRa = produtividade relativa da espécie “a” (cultura)

PRb = produtividade relativa da espécie “B” (daninha)

p = proporção de “a” em % dividido por 100

Amix = valor da variável a ser analisada (por exemplo: matéria seca) de “A” em mistura

Amon = valor da variável a ser analisada de “A” em monocultura

Bmix = valor da variável a ser analisada de “B” em mistura

Bmon = valor da variável a ser analisada de “B” em monocultura

PRT = produtividade relativa total

Os índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de agressividade (A) foram calculados na proporção de 50% de plantas de cada cultura e da espécie daninha. O CR representa o crescimento comparativo da espécie A (culturas – soja ou milho) em relação à espécie B (capim-sudão); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual espécie é mais competitiva. A interpretação conjunta desses valores permite inferir o grau de competitividade entre as espécies com maior segurança (COUSENS, 1991). A espécie A é mais competitiva que a espécie B quando  $CR > 1$ ,  $Ka > Kb$  e  $A > 0$ . A espécie B é mais competitiva quando  $CR < 1$ ,  $Ka < Kb$  e  $A < 0$ . As fórmulas destes índices são dadas a seguir, segundo Hoffman & Buhler (2002):

$$CR = ((1 - p) / p) (PRa / PRb)$$

$$Ka = ((1 - p) / p) (PRa / (1 - PRa))$$

$$Kb = ((1 - p) / p) (PRb / (1 - PRb))$$

$$A = (PRa/2p) - (PRb/ (2(1 - p)))$$

Para a análise estatística da produtividade relativa, calculou-se primeiramente as diferenças para os valores de PR (DPR) obtidos nas proporções de 25, 50 e 75% de plantas em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas nas respectivas proporções: 0,25, 0,50 e 0,75 (PASSINI, 2001; FLECK et al., 2008; RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2011). Utilizou-se o teste 't' a 5% de probabilidade de erro para testar as diferenças relativas aos índices DPR, PRT, CR, K e A em relação às retas hipotéticas (HOFFMAN & BUHLER, 2002; FLECK et al., 2008), através do software estatístico SAS (Statistical Analysis System versão 8.0).

As hipóteses de nulidade para testar as diferenças de DPR e A eram de que as médias fossem iguais a zero ( $H_0 = 0$ ); para PRT e CR, que as médias fossem iguais à unidade ( $H_0 = 1$ ); e para o índice K, de que as médias das diferenças entre  $K_a$  e  $K_b$  fossem iguais a zero [ $H_0 = (K_a - K_b) = 0$ ].

As variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas foram também expressas em valores médios por planta e submetidos à análise de variância. Se significantes pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ) considerando as monoculturas como testemunhas.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os experimentos substitutivos entre plantas de milho e capim-sudão mostraram que houve competição entre as espécies, onde



os valores de rendimento relativo obtidos nas diferentes proporções entre as duas espécies desviaram-se da linha de rendimento esperado. Em geral, a associação entre as duas espécies prejudicou mais a planta daninha que a cultura (Figuras 1 a 4).

Em relação à variável matéria seca da parte aérea, observou-se que a produtividade da espécie daninha foi significativamente afetada pela presença de plantas de milho, embora a análise estatística demonstre diferença em relação à reta hipotética apenas nas proporções de 75/25 e 25/75 (Figura 1 e Tabela 1). O milho, ao contrário, manteve a produtividade em todas as proporções, demonstrando não sofrer competição com a planta daninha. Este resultado sugere que a planta daninha é sensível à presença de outras plantas relativamente próximas, e menos competitiva que o milho com relação à matéria seca da parte aérea. Para a produtividade relativa total, observou-se uma linha côncava para todas as combinações, o que indica a ocorrência de competição entre as espécies, especialmente na combinação de 25% de plantas de milho e 75% da planta daninha (Figura 1 e Tabela 1).

Goldberg & Landa (1991) destacam que culturas sob estresse competitivo respondem de duas formas, ou seja, suprimindo o desenvolvimento das plantas daninhas ou mantendo a produtividade mesmo em competição, como pode ser observado neste estudo.

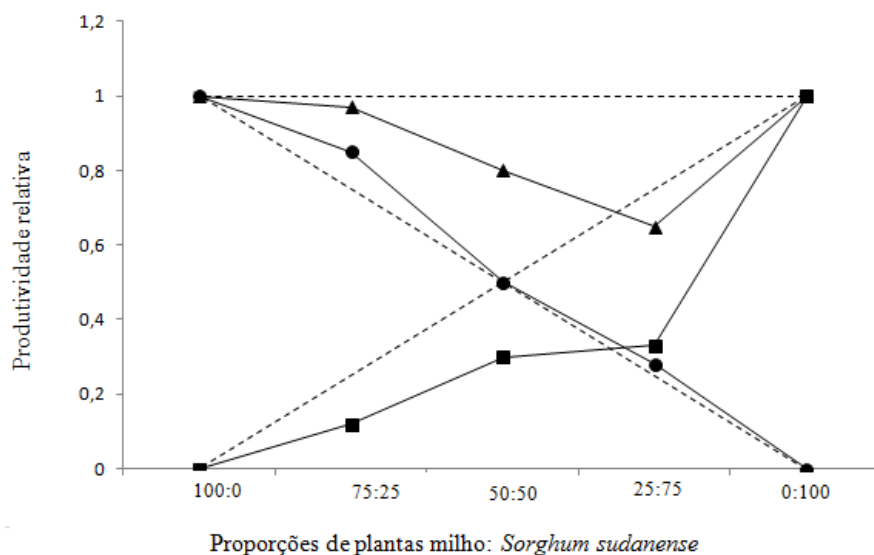


Figura 1 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da parte aérea de plantas de milho e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Ao contrário, Galon et al. (2011) verificaram maior habilidade competitiva para o azevém comparado com cultivares de cevada. A planta daninha em competição com a cultura afetou o afilhamento, a estatura, a área foliar e a matéria seca da parte aérea de cultivares de cevada. Entre nabo e o azevém, o nabo apresentou habilidade competitiva superior, com predominância da competição intra-específica (DAL MAGRO et al., 2010).

Para a matéria seca da raiz, observou-se pequena redução na produtividade do milho nas diferentes proporções com a espécie daninha. Entretanto, tais valores diferiram significativamente da reta hipotética apenas na proporção de 25/75. A planta daninha sofreu redução na matéria seca da raiz quando o milho estava em proporção superior, isto é, na proporção de 75/25. Quando ambas as espécies estavam nas mesmas proporções (50/50%), não houve prejuízo para nenhuma espécie. A linha da PRT indica que há um benefício para ambas as espécies quando na mesma proporção de plantas. Este efeito decorre do fato de que as duas espécies conseguem recrutar recursos do solo eficientemente quando estão em proporções iguais, mas competem quando há aumento na proporção de uma das espécies, por efeitos de densidade (Figura 2 e Tabela 1).

Tabela 1 – Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de milho associadas com capim-sudão. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (milho /capim-sudão)</b> |                                   |                                     |                                    |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
|   | 75/25                             | 50/50                               | 25/75                              |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>                           |                                   |                                     |                                    |
| DPR milho   | 0,10 ( $\pm$ 0,09) <sup>ns</sup>  | -0,0003 ( $\pm$ 0,10) <sup>ns</sup> | 0,03 ( $\pm$ 0,01) <sup>ns</sup>   |
| DPR capim-sudão                                   | -0,13 ( $\pm$ 0,04) <sup>*</sup>  | -0,20 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>   | -0,38 ( $\pm$ 0,05) <sup>*</sup>   |
| PRT   | 0,97 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>  | 0,80 ( $\pm$ 0,11) <sup>ns</sup>    | 0,65 ( $\pm$ 0,04) <sup>*</sup>    |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>                            |                                   |                                     |                                    |
| DPR milho   | -0,07 ( $\pm$ 0,09) <sup>ns</sup> | 0,03 ( $\pm$ 0,08) <sup>ns</sup>    | -0,05 ( $\pm$ 0,01) <sup>*</sup>   |
| DPR capim-sudão                                   | -0,10 ( $\pm$ 0,03) <sup>*</sup>  | 0,12 ( $\pm$ 0,08) <sup>ns</sup>    | -0,003 ( $\pm$ 0,27) <sup>ns</sup> |
| PRT   | 0,83 ( $\pm$ 0,10) <sup>ns</sup>  | 1,15 ( $\pm$ 0,03) <sup>*</sup>     | 0,94 ( $\pm$ 0,27) <sup>ns</sup>   |
| <b>MST<sup>3</sup></b>                            |                                   |                                     |                                    |
| DPR milho   | 0,03 ( $\pm$ 0,09) <sup>ns</sup>  | 0,01 ( $\pm$ 0,08) <sup>ns</sup>    | -0,002 ( $\pm$ 0,00) <sup>ns</sup> |
| DPR capim-sudão                                   | -0,09 ( $\pm$ 0,02) <sup>*</sup>  | -0,06 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>   | -0,21 ( $\pm$ 0,12) <sup>ns</sup>  |
| PRT   | 0,93 ( $\pm$ 0,09) <sup>ns</sup>  | 0,96 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>    | 0,79 ( $\pm$ 0,11) <sup>ns</sup>   |
| <b>EP<sup>4</sup></b>                             |                                   |                                     |                                    |
| DPR milho   | -0,01 ( $\pm$ 0,02) <sup>ns</sup> | 0,02 ( $\pm$ 0,03) <sup>ns</sup>    | -0,01 ( $\pm$ 0,00) <sup>ns</sup>  |
| DPR capim-sudão                                   | -0,07 ( $\pm$ 0,01) <sup>*</sup>  | -0,11 ( $\pm$ 0,02) <sup>*</sup>    | -0,21 ( $\pm$ 0,02) <sup>*</sup>   |
| PRT   | 0,92 ( $\pm$ 0,03) <sup>ns</sup>  | 0,90 ( $\pm$ 0,01) <sup>*</sup>     | 0,77 ( $\pm$ 0,02) <sup>*</sup>    |

<sup>ns</sup> Não-significativo e <sup>\*</sup> significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

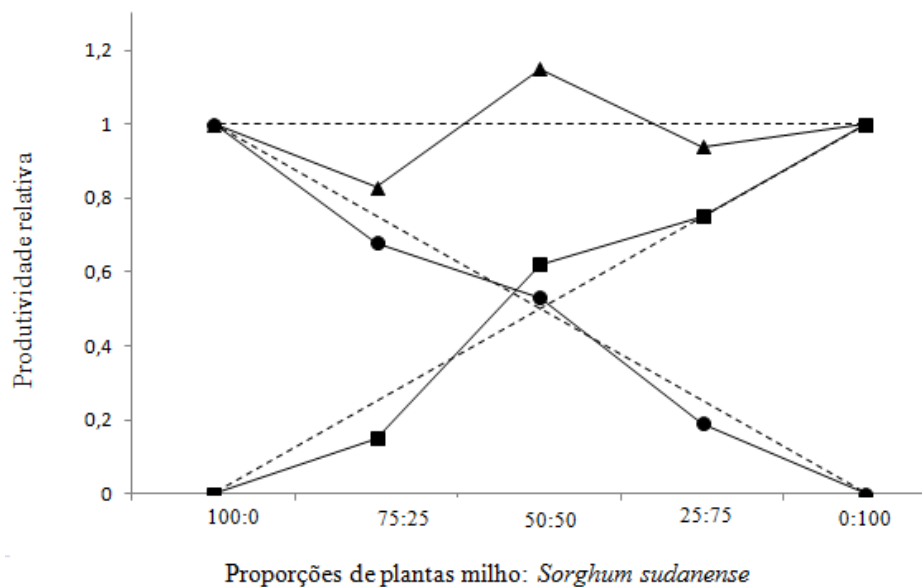


Figura 2 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de milho e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

A análise da matéria seca total, que representa a soma da matéria seca da raiz e parte aérea em cada combinação, indicou que a cultura do milho não sofreu por efeitos competitivos com a planta daninha, sendo que manteve a produtividade em todas as proporções analisadas. A planta daninha, entretanto, apresentou redução na matéria seca total em todas as proporções, sendo significativamente diferente na proporção de 75/25. O que significa que esta espécie é

prejudicada pela associação com a cultura e menos competitiva que o milho, quando ambos convivem em mistura. A PRT da matéria seca total indicou competição entre as espécies, no entanto, os valores não diferem do esperado, o que sugere que a competição ocorreu pelos mesmos recursos ambientais (Figura 3 e Tabela 1). Bianchi et al. (2006a) também constataram que a competição entre soja e nabo ocorre pelos mesmos recursos ambientais, sendo o nabo mais competitivo que a soja.

Em estudos de competição entre plantas de milho e de caruru (*Amaranthus retroflexus* L.), o milho foi um competidor muito mais agressivo, sendo que para a planta cultivada a competição intra-específica foi mais importante que a inter-específica. O contrário foi verificado para o caruru, onde a competição inter-específica foi a mais prejudicial (CHRISTOFFOLETI & VICTORIA FILHO, 1996).

A estatura de plantas de milho não foi prejudicada em nenhuma proporção com a planta daninha. Entretanto, o capim-sudão apresentou reduções na estatura para todas as proporções analisadas. A PRT para a variável estatura de plantas apresentou uma linha côncava, o que indica prejuízo mútuo às espécies, sendo mais significativo nas proporções 50/50 e 25/75, especialmente para a planta daninha (Figura 4 e Tabela 1).

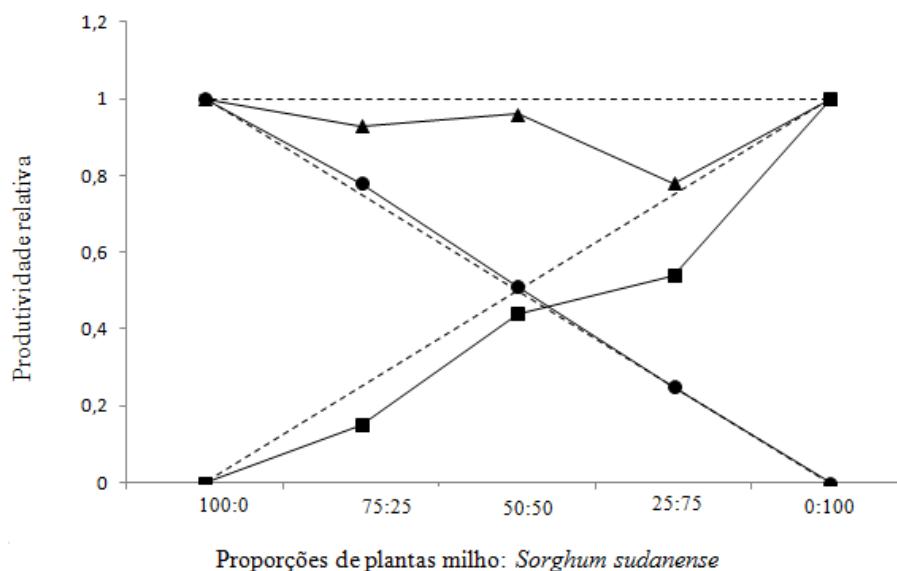


Figura 3 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de milho e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Zanine & Santos (2004) destacam que a altura da planta é um fator importante e que pode influenciar na competição por reduzir a penetração e a qualidade da luz e elevar as perdas de produção na espécie menos competitiva. Também, é um fator de seleção das espécies botânicas que são capazes de se desenvolver sob tal condição (CASTRO & GARCIA, 1996).

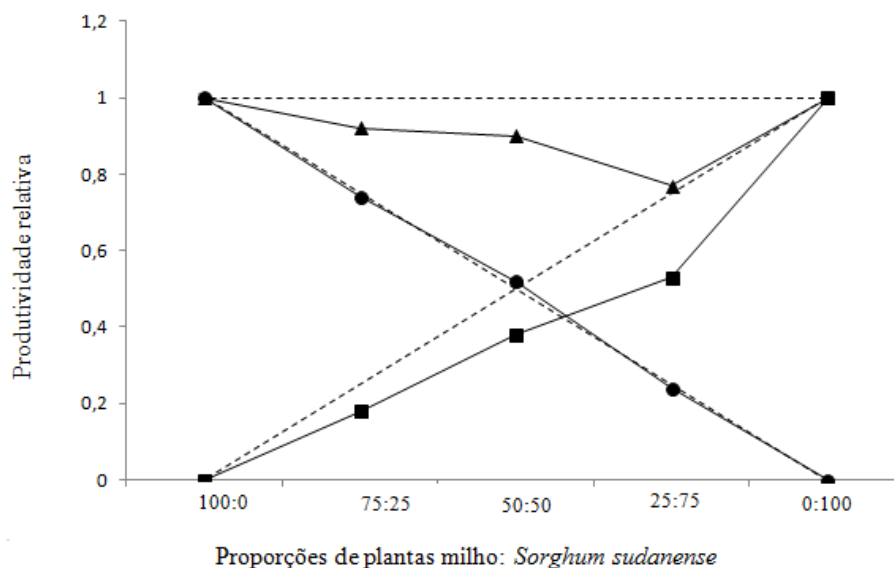


Figura 4 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de milho e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

De modo geral, observou-se que plantas de milho mantiveram suas produtividades constantes, como se estivessem em monocultura, para todas as variáveis estudadas, exceto na matéria seca da raiz, quando o capim-sudão estava em maior proporção (Figura 2). Ao contrário, o capim-sudão foi menos competitivo e mais prejudicado pela associação com o milho. O que significa que o milho apresenta habilidade competitiva superior ao capim-sudão.



A análise dos índices de competitividade (CR, K e A) entre as duas espécies mostram que, quando em proporções iguais, apenas a estatura de plantas é afetada significativamente e, para esta variável, a cultura mostrou ser mais competitiva que a espécie daninha. No entanto, se em proporções iguais ocorre queda na estatura de plantas da espécie daninha, pode haver decréscimo na produção de matéria seca da parte aérea e, com isso, benefício para a cultura (Tabela 2).

Tabela 2 – Índices de competitividade de milho e capim-sudão, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| Variáveis         | CR                          | K <sub>m= milho</sub>       | K <sub>c= capim-sudão</sub> | A                            |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| MSPA <sup>1</sup> | 1,89 (± 0,57) <sup>ns</sup> | 1,43 (± 0,74) <sup>ns</sup> | 0,49 (± 0,18) <sup>ns</sup> | 0,20 (± 0,13) <sup>ns</sup>  |
| MSR <sup>2</sup>  | 0,94 (± 0,24) <sup>ns</sup> | 1,35 (± 0,46) <sup>ns</sup> | 2,06 (± 0,77) <sup>ns</sup> | -0,09 (± 0,15) <sup>ns</sup> |
| MST <sup>3</sup>  | 1,28 (± 0,35) <sup>ns</sup> | 1,34 (± 0,59) <sup>ns</sup> | 0,91 (± 0,30) <sup>ns</sup> | 0,07 (± 0,14) <sup>ns</sup>  |
| EP <sup>4</sup>   | 1,36 (± 0,14) <sup>ns</sup> | 1,08 (± 0,12) <sup>*</sup>  | 0,63 (± 0,05) <sup>*</sup>  | 0,13 (± 0,05) <sup>ns</sup>  |

<sup>ns</sup> Não-significativo e <sup>\*</sup> significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca da raiz; MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); EP: estatura de plantas.

Rigoli et al. (2008) verificaram que em proporções iguais de plantas de trigo e das espécies daninhas azevém e nabo, o trigo foi mais competitivo que o azevém mas inferior ao nabo, e ambas as espécies ocupam o mesmo nicho ecológico. Em outro estudo, o capim-marmelada foi levemente mais competitivo que o trigo, sendo o

número e matéria das espigas e número de afilhos as características de trigo mais afetadas pelo competidor (CARVALHO et al., 2011b).

Ao comparar a resposta do milho à interferência do competidor capim-sudão (Tabela 3) observou-se que não há efeitos de competição intra ou inter-específica significativos para a matéria seca da parte aérea, raiz e total, pois os valores destas variáveis não diferiram significativamente dos valores obtidos no monocultivo. Isto porque a estatura de plantas foi a variável mais afetada pelo processo competitivo. Para esta variável, o capim-sudão mostrou redução na produtividade quando na presença de plantas de milho em comparação ao seu monocultivo. Este resultado indica que a planta daninha é afetada mais pela competição inter-específica que pela competição intra-específica, e prefere competir com uma planta da própria espécie do que com uma planta de milho.

O contrário foi verificado para a cultura do milho em competição com o caruru, onde a cultura preferiu ao seu lado uma planta de caruru do que uma planta da própria espécie, demonstrando assim que a competição intra-específica foi a mais importante (CHRISTOFFOLETI & VICTORIA FILHO, 1996).

Zanine & Santos (2004) ressaltam que a redução no crescimento de espécies, tanto em combinações intra ou inter-específicas resulta da competição espacial entre grupos de plantas que ocupam o mesmo espaço. Quando em circunstâncias competitivas, os prejuízos que uma espécie causa sobre a outra são inferiores àqueles que causam a si mesma, elas podem coexistir (MALUF, 1999).

Tabela 3 – Resposta do milho à interferência com o capim-sudão, aos 42 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (milho/capim-sudão)</b> |           |        |         |         |           |        |
|--|-----------|--------|---------|---------|-----------|--------|
| <b>Variáveis</b>                                 | 100/0 (T) | 75/25  | 50/50   | 25/75   | 0/100 (T) | CV (%) |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>                          |           |        |         |         |           |        |
| Milho  | 1,35      | 1,53   | 1,35    | 1,54    | -         | 24,63  |
| Capim-sudão                                      | -         | 0,09   | 0,09    | 0,07    | 0,15      | 59,22  |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>                           |           |        |         |         |           |        |
| Milho  | 0,96      | 0,87   | 1,01    | 0,75    | -         | 26,15  |
| Capim-sudão                                      | -         | 0,07   | 0,15    | 0,12    | 0,13      | 43,27  |
| <b>MST<sup>3</sup></b>                           |           |        |         |         |           |        |
| Milho  | 2,31      | 2,40   | 2,37    | 2,29    | -         | 22,82  |
| Capim-sudão                                      | -         | 0,17   | 0,25    | 0,20    | 0,28      | 37,70  |
| <b>EP<sup>4</sup></b>                            |           |        |         |         |           |        |
| Milho  | 56,87     | 55,98  | 58,75   | 54,25   | -         | 7,43   |
| Capim-sudão                                      | -         | 22,5 * | 23,78 * | 22,07 * | 30,88     | 14,30  |

\* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Em relação ao experimento de competição de plantas de soja e capim-sudão, observou-se que a soja produziu mais que o esperado para a variável matéria seca da parte aérea, em todas as combinações com a espécie daninha, e a produção relativa foi significativamente superior quando na maior densidade do capim-sudão (proporção de 25/75). Isto indica que provavelmente o competidor não recruta todos os recursos do solo e deixa estes disponíveis à soja que, por sua vez, desenvolve-se normalmente mesmo em densidades mais baixas. Para o competidor, a associação

com a soja foi prejudicial especialmente quando a cultura estava em proporções iguais e superiores (proporções de 50/50 e 75/25). A PRT da matéria seca da parte aérea indicou que não houve competição das espécies na proporção onde a planta daninha estava em maior densidade, isto porque nesta proporção provavelmente a quantidade de recursos foi suficiente para a sobrevivência das duas espécies (Figura 5 e Tabela 4).

Em ensaios de competição entre plantas de soja e nabo foi verificado que o nabo possui habilidade competitiva superior à cultura, sendo que as linhas de PR da soja foram representadas por linhas côncavas e as do nabo por linhas convexas (BIANCHI et al., 2006a), ao contrário do que pode ser verificado no presente estudo. Os mesmos autores encontraram que o crescimento relativo do nabo foi maior na proporção de 75% de soja para 25% do nabo em três dos quatro experimentos realizados, ao contrário deste estudo, onde foi a soja quem se beneficiou com a associação com a planta daninha e produziu significativamente mais na presença de 75% do competidor para 25% da sua própria espécie.

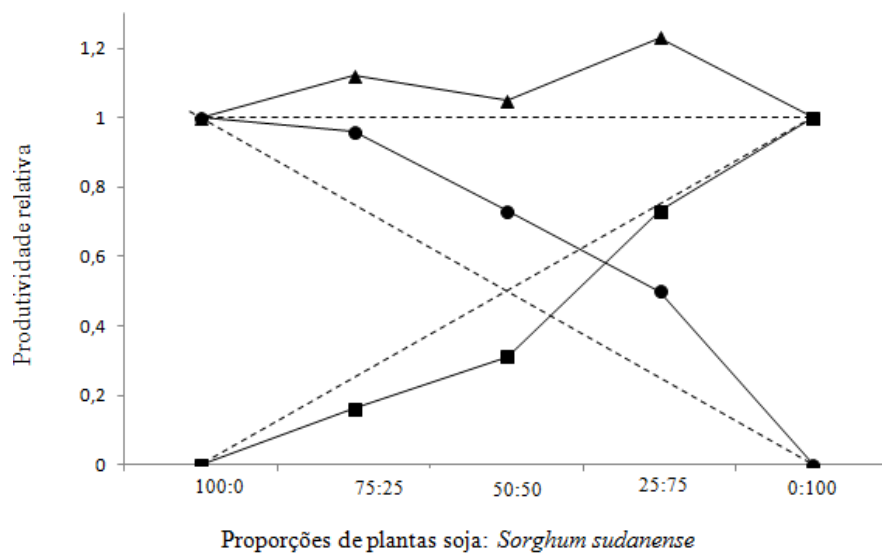


Figura 5 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da parte aérea de plantas de soja e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 4 – Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de soja associadas com o capim-sudão. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (soja /capim-sudão)</b> |                                   |                                    |                                   |
|--|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|  | 75/25                             | 50/50                              | 25/75                             |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>                          |                                   |                                    |                                   |
| DPR soja   | 0,21 ( $\pm$ 0,15) <sup>ns</sup>  | 0,24 ( $\pm$ 0,12) <sup>ns</sup>   | 0,25 ( $\pm$ 0,08) <sup>*</sup>   |
| DPR capim-sudão                                  | -0,08 ( $\pm$ 0,01) <sup>*</sup>  | -0,19 ( $\pm$ 0,02) <sup>*</sup>   | -0,02 ( $\pm$ 0,03) <sup>ns</sup> |
| PRT  | 1,12 ( $\pm$ 0,16) <sup>ns</sup>  | 1,05 ( $\pm$ 0,12) <sup>ns</sup>   | 1,23 ( $\pm$ 0,06) <sup>*</sup>   |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>                           |                                   |                                    |                                   |
| DPR soja   | 0,10 ( $\pm$ 0,13) <sup>ns</sup>  | 0,05 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>   | 0,13 ( $\pm$ 0,01) <sup>*</sup>   |
| DPR capim-sudão                                  | - 0,08 ( $\pm$ 0,02) <sup>*</sup> | -0,22 ( $\pm$ 0,01) <sup>*</sup>   | -0,37 ( $\pm$ 0,08) <sup>*</sup>  |
| PRT  | 1,02 ( $\pm$ 0,14) <sup>ns</sup>  | 0,83 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>   | 0,76 ( $\pm$ 0,07) <sup>*</sup>   |
| <b>MST<sup>3</sup></b>                           |                                   |                                    |                                   |
| DPR soja   | 0,19 ( $\pm$ 0,13) <sup>ns</sup>  | 0,20 ( $\pm$ 0,11) <sup>ns</sup>   | 0,23 ( $\pm$ 0,06) <sup>*</sup>   |
| DPR capim-sudão                                  | -0,09 ( $\pm$ 0,01) <sup>*</sup>  | -0,21 ( $\pm$ 0,01) <sup>*</sup>   | -0,16 ( $\pm$ 0,04) <sup>*</sup>  |
| PRT  | 1,10 ( $\pm$ 0,14) <sup>ns</sup>  | 0,99 ( $\pm$ 0,10) <sup>ns</sup>   | 1,06 ( $\pm$ 0,05) <sup>ns</sup>  |
| <b>EP<sup>4</sup></b>                            |                                   |                                    |                                   |
| DPR soja   | -0,01 ( $\pm$ 0,02) <sup>ns</sup> | 0,002 ( $\pm$ 0,03) <sup>ns</sup>  | 0,02 ( $\pm$ 0,01) <sup>ns</sup>  |
| DPR capim-sudão                                  | 0,01 ( $\pm$ 0,03) <sup>ns</sup>  | -0,002 ( $\pm$ 0,04) <sup>ns</sup> | 0,04 ( $\pm$ 0,06) <sup>ns</sup>  |
| PRT  | 1,00 ( $\pm$ 0,04) <sup>ns</sup>  | 1,00 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>   | 1,06 ( $\pm$ 0,07) <sup>ns</sup>  |

<sup>ns</sup> Não-significativo e <sup>\*</sup> significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Rizzardi et al. (2004) verificaram que na associação entre plantas de soja e das espécies daninhas corda-de-viola e leiteira ocorre um benefício mútuo entre as espécies, sendo que ambas produzem mais do que o esperado em todas as proporções de plantas, o que pode estar associado ao fato de a quantidade de recursos disponíveis para as espécies ser suficiente para evitar a competição. No entanto, quando sob infestação mista, a corda-de-viola é mais competitiva que a leiteira.

Com relação à matéria seca da raiz, não houve prejuízos por efeitos competitivos para a soja, sendo que aumentou a produção quando a planta daninha estava em densidade superior a ela, o que mostra que para a soja a competição intra-específica é mais importante. Entretanto, a planta daninha reduziu a produção de matéria seca da raiz quando em associação com a cultura, em todas as proporções (Figura 6). A menor habilidade competitiva do capim-sudão com relação à raiz pode ser devido ao fato de não apresentar rizomas, diferindo de outras espécies do gênero *Sorghum*, como o *Sorghum halepense* (KISSMANN, 1997).

A PRT para a matéria seca da raiz indicou que houve competição entre as duas espécies envolvidas, principalmente nas proporções de 50/50 e 25/75 (soja: competidor), mas diferiu significativamente do esperado apenas na proporção onde o competidor estava em maior densidade (25/75). Nesta proporção houve competição entre as espécies, mas apenas a planta daninha foi prejudicada em sua produtividade (Figura 6 e Tabela 4).

Zanine & Santos (2004) destacam que a ocupação dos espaços do solo pelas raízes tem importância fundamental no processo

competitivo, sendo que entre plantas de diferentes espécies pode haver também diferenças em relação ao sistema radical.

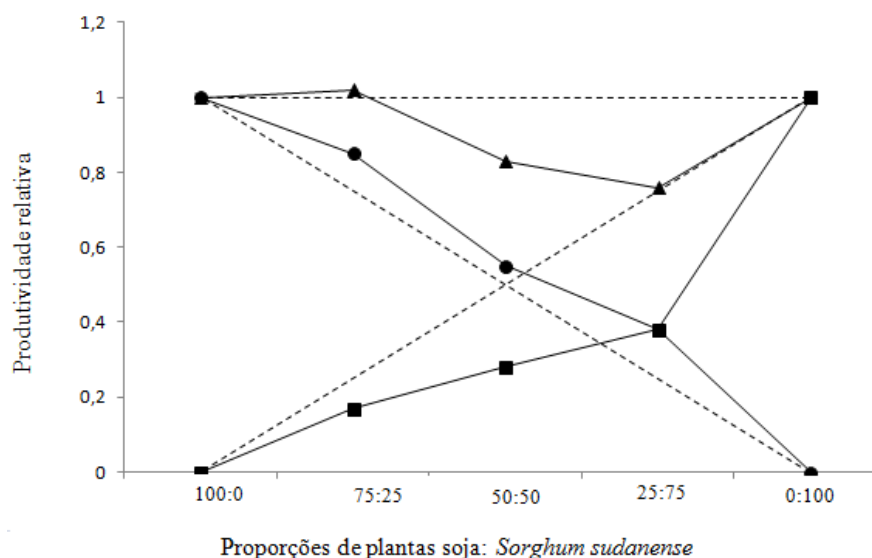


Figura 6 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de soja e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Convém destacar que a PRT da matéria seca da raiz apresentou valores negativos enquanto a PRT da matéria seca da parte aérea apresentou valores positivos (Figuras 5 e 6), o que indica que a competição afetou mais significativamente a produção de raízes pela planta daninha, em comparação à parte aérea.



A matéria seca total para ambas as espécies reflete a produtividade com relação à matéria seca da parte aérea e da raiz. Dessa forma, apresentou comportamento semelhante a estas variáveis, onde a soja não foi prejudicada pela associação com a planta daninha em todas as proporções e inclusive apresentou acréscimo na produção relativa da matéria seca total quando a planta daninha estava em densidade superior (25/75). Ao contrário, a planta daninha foi prejudicada pela associação em todas as combinações com a soja. Os valores referentes à PRT para matéria seca total não diferiram significativamente dos valores esperados, o que indica que a competição ocorreu pelos mesmos recursos ambientais (Figura 7 e Tabela 4).

Da mesma forma, Galon et al. (2011) ao analisar a habilidade competitiva do azevém em comparação a cultivares de cevada, observou que as duas espécies exploraram o mesmo nicho ecológico e competiram pelos mesmos recursos ambientais, apresentando diferenças de competitividade.

Agostinetto et al. (2009) destacam que o sucesso competitivo da soja com as plantas daninhas é atribuído basicamente às suas características de crescimento, dentre as quais estão a estatura e o acúmulo de matéria seca da parte aérea. Moraes et al. (2009) constataram que a soja foi mais competitiva que o arroz-vermelho, quando em competição. Da mesma forma, a soja mostrou habilidade competitiva superior quando em convivência com o milhã, e ambas as espécies competiram pelos mesmos recursos ambientais (FONTANA et al., 2010).

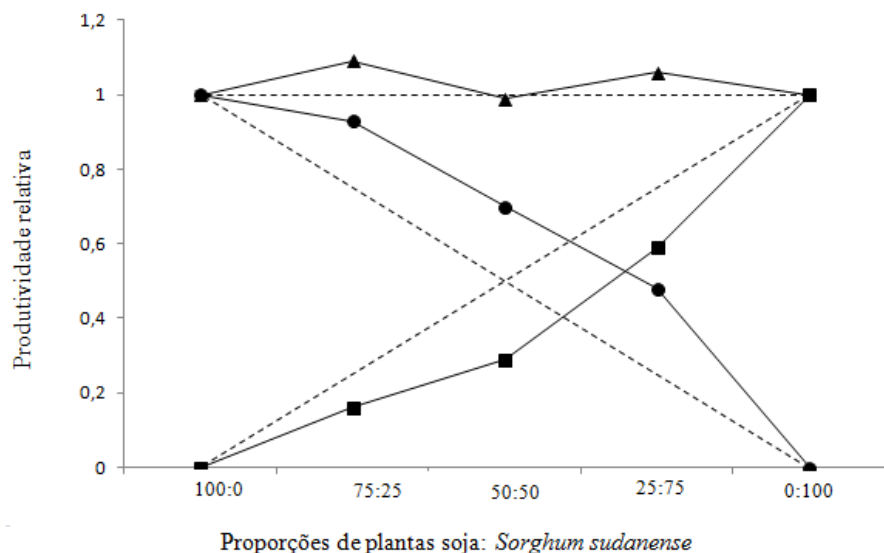


Figura 7 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de soja e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Para a variável estatura de plantas, ambas as espécies mostraram comportamento semelhante, onde os valores obtidos não diferiram significativamente dos valores esperados, em todas as proporções de plantas, o que indica que a estatura das duas espécies não é prejudicada pela associação e as plantas conseguem crescer em estatura como se estivessem em estandes puros. A PRT mostra que há competição pelos mesmos recursos ambientais, sendo a linha de

produção obtida semelhante à linha de produção esperada (RADOSEVICH et al., 1997) (Figura 8 e Tabela 4).

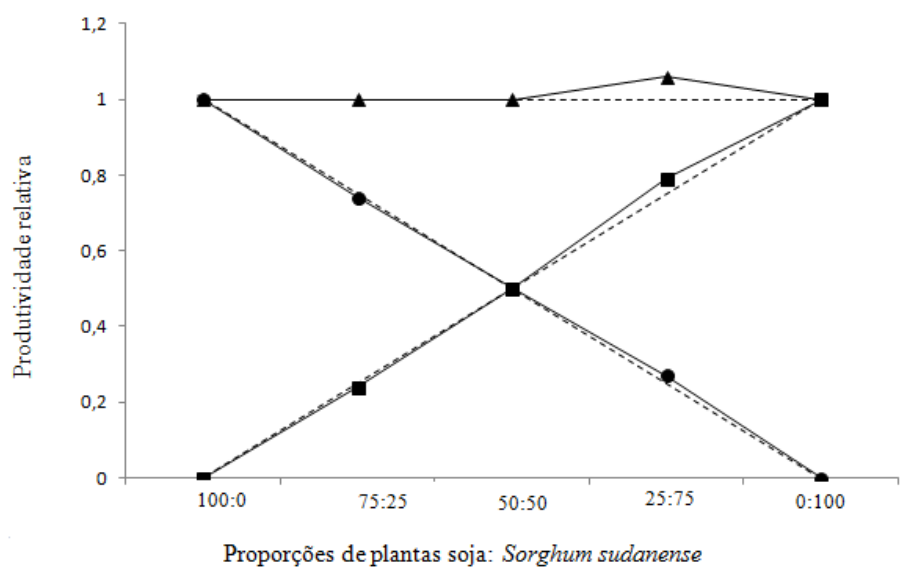


Figura 8 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de soja e *Sorghum sudanense*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

A Tabela 5 mostra os valores obtidos dos índices de crescimento relativo (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A) das duas espécies quando em proporções iguais. Levando em conta que a soja é mais competitiva que o capim-sudão quando  $CR > 1$ ,  $K_s > K_c$  e  $A > 0$  (HOFFMAN & BUHLER, 2002), pode-

se observar que o índice A mostrou valores acima de zero para as variáveis matéria seca da parte aérea, da raiz e total, que indica ser a soja mais agressiva que o capim-sudão. Além disso, o índice CR que compara o crescimento relativo entre as duas espécies, mostra que a soja é mais competitiva e cresce mais rapidamente que a planta daninha, quando emergem juntas. Da mesma forma, Hoffman & Buhler (2002) constataram que o sorgo cultivado apresentou habilidade competitiva superior ao *Sorghum halepense*.

Tabela 5 – Índices de competitividade de soja e capim-sudão, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| Variáveis         | CR                                | $K_s = \text{soja}$               | $K_c = \text{capim-sudão}$        | A                                 |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| MSPA <sup>1</sup> | 2,39 ( $\pm 0,45$ ) <sup>ns</sup> | 9,37 ( $\pm 5,73$ ) <sup>ns</sup> | 0,46 ( $\pm 0,04$ ) <sup>ns</sup> | 0,42 ( $\pm 0,12$ ) <sup>*</sup>  |
| MSR <sup>2</sup>  | 2,00 ( $\pm 0,33$ ) <sup>ns</sup> | 1,51 ( $\pm 0,58$ ) <sup>ns</sup> | 0,39 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup> | 0,27 ( $\pm 0,08$ ) <sup>*</sup>  |
| MST <sup>3</sup>  | 2,45 ( $\pm 0,41$ ) <sup>*</sup>  | 4,8 ( $\pm 2,59$ ) <sup>ns</sup>  | 0,40 ( $\pm 0,02$ ) <sup>ns</sup> | 0,41 ( $\pm 0,11$ ) <sup>*</sup>  |
| EP <sup>4</sup>   | 1,02 ( $\pm 0,07$ ) <sup>ns</sup> | 1,03 ( $\pm 0,12$ ) <sup>ns</sup> | 1,03 ( $\pm 0,17$ ) <sup>ns</sup> | 0,01 ( $\pm 0,03$ ) <sup>ns</sup> |

<sup>ns</sup> Não-significativo e <sup>\*</sup> significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Pela análise da Tabela 6 observou-se também que para a soja a competição intra-específica é mais significativa que a inter-específica, pois produziu mais tendo em sua proximidade uma planta de capim-sudão do que uma planta da própria espécie. Ao contrário, para o capim-sudão a competição inter-específica é mais importante,

sendo que prefere ao seu lado uma planta da própria espécie que uma planta de soja.

Tabela 6 – Resposta da soja à interferência com o capim-sudão, aos 60 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (soja/capim-sudão)</b> |           |       |       |        |           |        |
|---|-----------|-------|-------|--------|-----------|--------|
| <b>Variáveis</b>                                | 100/0 (T) | 75/25 | 50/50 | 25/75  | 0/100 (T) | CV (%) |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>                         |           |       |       |        |           |        |
| Soja  | 4,23      | 5,40  | 6,22  | 8,47*  | -         | 30,33  |
| Capim-sudão                                     | -         | 0,75* | 0,71* | 1,10   | 1,21      | 12,63  |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>                          |           |       |       |        |           |        |
| Soja  | 1,03      | 1,17  | 1,14  | 1,56*  | -         | 20,60  |
| Capim-sudão                                     | -         | 0,38* | 0,32* | 0,28*  | 0,56      | 22,73  |
| <b>MST<sup>3</sup></b>                          |           |       |       |        |           |        |
| Soja  | 5,27      | 6,57  | 7,37  | 10,03* | -         | 27,09  |
| Capim-sudão                                     | -         | 1,14* | 1,03* | 1,40*  | 1,78      | 13,04  |
| <b>EP<sup>4</sup></b>                           |           |       |       |        |           |        |
| Soja  | 45,63     | 45,11 | 45,87 | 49,31  | -         | 7,45   |
| Capim-sudão                                     | -         | 63,18 | 60,03 | 63,29  | 60,38     | 17,11  |

\* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Galon et al. (2011) ao estudar a competição entre plantas de azevém e cultivares de cevada constataram que a competição intra-específica foi mais prejudicial que a competição inter-específica para ambas as espécies. Da mesma forma, Dal Magro et al. (2011) verificaram que a competição intra-específica foi mais importante para a cultura do arroz irrigado em competição com biótipos de *Cyperus*

*difformis* resistente e suscetível a herbicidas inibidores de ALS. Para estes, a competição inter-específica foi mais significativa, sendo que a cultura mostrou habilidade competitiva superior a ambos os biótipos.

Agostinetto et al. (2009) ressaltam que a habilidade de uma planta em competir com outra depende de fatores como espécie, população, época de emergência e características morfofisiológicas. Para soja em competição com papuã, houve antagonismo no crescimento de ambas as espécies e a competição intra-específica foi superior à inter-específica.

Para a variável matéria seca da parte aérea, pode-se observar que na menor proporção de soja houve ganho de matéria seca da parte aérea em relação ao monocultivo. O mesmo ocorreu para as variáveis matéria seca da raiz e total. Moraes et al. (2009) verificaram o mesmo em plantas de soja sob competição com arroz-vermelho. Os autores destacam que isto pode ocorrer em virtude da capacidade da soja em ramificar quando em presença da planta daninha, em comparação à presença da própria cultura.

Em geral, experimentos substitutivos mostram que a cultura é mais competitiva que a planta daninha porque o efeito que as espécies daninhas causam sobre as culturas é devido a sua densidade na lavoura e não pela capacidade competitiva individual (ROUSH et al., 1989; BIANCHI et al., 2006a). Trabalhos que refletem o efeito da densidade na interferência entre espécies são relatados por Klingaman & Oliver (1994), Knezevic et al. (1994), Bensch et al. (2003), Puricelli et al. (2003) e Mennan & Isik (2004). Muitos estudos mostram resultados semelhantes aos verificados neste trabalho, onde a cultura apresentou habilidade competitiva superior (REJMÁNEK et al., 1989;

HOFFMAN & BUHLER, 2002; PASSINI et al., 2003; OVEJERO et al., 2007; CARVALHO & CHRISTOFFOLETI, 2008). Outras vezes é a planta daninha quem apresenta habilidade competitiva superior (OLIVER et al., 1976; ESTORNINOS JR. et al.; 2002, FERREIRA et al., 2008).

Para a cultura da soja, os resultados obtidos dos experimentos de competição com capim-sudão mostram que a cultura foi mais competitiva que a espécie daninha, sendo que, em geral, a reta das produtividades da soja são convexas e do capim-sudão são côncavas (Figuras 5 a 8), o que demonstra que uma espécie foi mais agressiva que a outra e contribuiu mais do que o esperado para o rendimento total (RADOSEVICH et al., 1997). Também significa que houve interação das espécies pelos mesmos recursos, mas a soja utilizou-os de forma mais eficiente (MORAES et al., 2009).

Segundo Vargas et al. (2006), a competição entre as espécies tende a ser maior quanto mais semelhantes forem as exigências ambientais e o hábito vegetativo dos organismos envolvidos. Desta forma, espécies pertencentes à mesma família botânica, como o milho e o capim-sudão que pertencem à família Poaceae, podem competir mais pelos mesmos recursos ambientais comparado com a soja, que é uma espécie dicotiledônea e pertence a uma família botânica diferente da planta daninha.

Neste contexto, observa-se que a estrutura e a produtividade das comunidades vegetais podem ser profundamente influenciadas pelas relações competitivas que ocorrem no ambiente, e o resultado deste processo depende da taxa de crescimento inicial de cada espécie envolvida (NISENSOHN et al., 2011). Assim, o

entendimento da forma como as plantas detectam, respondem e se adaptam aos estímulos do ambiente é importante para melhorar a exploração agrícola dos genótipos hoje existentes (ZANINE & SANTOS, 2004).

#### **4 CONCLUSÕES**

As culturas de soja e milho demonstraram superioridade competitiva em relação ao capim-sudão, quando em convivência por meio de experimentos substitutivos.



### CAPÍTULO III

#### INTERAÇÕES COMPETITIVAS DE SOJA E MILHO COM *Chloris distichophylla*

ALANA CRISTINA DORNELES WANDSCHEER<sup>1</sup>

**RESUMO** – No ambiente, as plantas interagem mutuamente e estabelecem relações de interferência tanto positivas, negativas quanto neutras. Em ecossistemas agrícolas, as culturas são normalmente afetadas pela competição com plantas daninhas e os efeitos advindos deste processo são influenciados pela população de plantas, densidade e proporção em que se encontram, além das espécies envolvidas. Objetivou-se neste trabalho avaliar as interações competitivas de soja e milho com *Chloris distichophylla* (Lag). Para isso, foram feitos dois experimentos em casa-de-vegetação pertencente à Universidade de Passo Fundo, na estação de cultivo 2010/2011, um entre o milho e a espécie daninha e outro entre a soja e a espécie daninha. As unidades experimentais foram vasos plásticos, cujos tratamentos foram baseados em série de substituição, com densidade final constante de oito plantas por vaso. Os tratamentos foram cinco combinações de plantas de soja ou milho e da espécie daninha (8:0, 6:2, 4:4, 2:6 e 0:8) que corresponderam às proporções de 100, 75, 50, 25 e 0% das culturas e o inverso para a planta daninha, respectivamente. A análise

---

<sup>1</sup> Bióloga, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

da competitividade foi realizada por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos e índices de competitividade, sendo as variáveis analisadas matéria seca total e estatura de plantas. As culturas de soja e milho apresentaram superioridade competitiva em relação a *Chloris distichophylla*. A estatura de plantas não foi afetada pela competição entre as espécies envolvidas.

**Palavras-chave:** falso-capim-de-rhodes, matéria seca, competição.

#### **COMPETITIVE INTERACTIONS OF SOYBEAN AND CORN WITH *Chloris distichophylla***

**ABSTRACT** – In the environment, plants interact each other and establish relations of interference positive, negative and neutral. In agricultural ecosystems, crops are usually affected by competition with weeds and the effects arising from this process are influenced by plant population, density and proportion in which they are, besides the species involved. The objective of this study was to evaluate the competitive interactions of soybean and corn with *Chloris distichophylla* (Lag). For this, two experiments were conducted in green-house belonging to the University of Passo Fundo - RS, in the growing season 2010/2011, one of corn and weed species and another between soybean and weed species. Experimental units were plastic pots and the treatments were based on a replacement series with constant final density of eight plants per pot. The treatments were five combinations of soybean or corn and weed species (8:0, 6:2, 4:4, 2:6 and 0:8) that corresponded to the proportions of 100, 75, 50, 25 and 0

% of the crops and the reverse for the weed, respectively. The competitive analysis was performed through diagrams applied to replacement series experiment and indexes of competitiveness, and the variables were total dry weight and height of the plant. The soybean and corn showed competitive superiority in relation to *Chloris distichophylla*. The height of the plants was not affected by competition between the species involved.

**Key-words:** false-star-grass, dry weight, competition.

## 1 INTRODUÇÃO

As culturas agrícolas estão sujeitas a uma série de fatores do ambiente que influenciam no seu crescimento, desenvolvimento e produtividade (PITELLI, 1985). Define-se competição como a interação negativa na qual indivíduos ou plantas disputam recursos ambientais que se encontram em suprimento escasso para todos os organismos que coabitam o mesmo espaço, o que causa redução do crescimento ou sobrevivência da espécie menos adaptada (ZANINE & SANTOS, 2004; FLECK et al., 2009), ou situações em que a qualidade dos recursos é variável e a demanda dependente da qualidade (CASTRO & GARCIA, 1996). Em geral, os recursos mais passíveis de competição são os nutrientes minerais essenciais, a luz, a água e o espaço físico (PITELLI, 1987).

Há fatores que contribuem para o aumento da capacidade competitiva das espécies, dentre eles os relacionados com o tamanho da planta, a matéria seca radicular e as características foliares. Também a plasticidade da espécie em responder a variações na disponibilidade de recursos no ambiente, isto é, rápidos ajustes morfológicos em resposta à falta desses recursos facilitam a captura de água, luz, nutrientes e espaço pela planta, tornando-a mais competitiva (DIAS-FILHO, 2006). Entretanto, o grau de competição depende de fatores ligados à comunidade infestante, à própria cultura e à época e extensão do período de convivência, além das condições edáficas, climáticas e de tratos culturais, que interferem no processo (PITELLI, 1985).

As espécies daninhas possuem maior variabilidade genética o que lhes garante adaptação ao ambiente competitivo, comparado às espécies selecionadas pelo homem (BIANCHI et al., 2006b; RIGOLI et al., 2008). Essa habilidade ainda é pouco elucidada, apresentando muitas vezes respostas divergentes (CARVALHO et al., 2011b).

Em áreas agrícolas, a densidade da cultura é mantida constante enquanto a densidade das plantas daninhas varia conforme o grau de infestação do local. Assim ocorre variação na proporção entre a densidade de plantas da cultura e de espécies de plantas daninhas, sendo importante avaliar, em estudos de competição, não apenas o fator densidade, mas também a variação na proporção entre as espécies (CHRISTOFFOLETI & VICTORIA FILHO, 1996; PASSINI, 2001). Avaliações precisas das interações competitivas entre espécies de plantas requerem, dessa forma, modelos apropriados e métodos para análise de dados. A densidade de plantas, a proporção de uma espécie sobre a outra e as interações intra e inter-específicas são fatores-chave na competição entre plantas (ROUSH et al., 1989).

Em estudos de competição, a predição das perdas de rendimento das culturas em função da interferência exercida pelas plantas daninhas são quantificadas pela ocorrência destas em períodos estabelecidos do ciclo da cultura, o que permite conhecer as épocas adequadas ao controle das plantas daninhas e o período do ciclo da cultura em que o controle deve ser feito. Porém, não é apropriado na avaliação da intensidade das interações intra e interespecíficas e não determina se as espécies envolvidas ocupam nichos ecológicos diferenciados (PASSINI, 2001).

Dessa forma, os experimentos substitutivos convencionais são os mais utilizados para esclarecer as relações de interferência de uma espécie sobre outra (FLECK et al., 2008), pois possibilitam o estudo da competição inter e intra-específica (RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2010) e refletem a capacidade competitiva das espécies em função da variação populacional (AGOSTINETTO et al., 2008). Estes modelos incluem análises de monoculturas das espécies que se deseja investigar, bem como misturas destas, em que as proporções das duas espécies estudadas variam enquanto que a densidade total de plantas é mantida constante para todos os tratamentos. Dessa forma, a premissa dos modelos substitutivos é de que as produtividades das misturas podem ser determinadas pela comparação com as produtividades das espécies em monoculturas (COUSENS, 1991; RADOSEVICH, 1997).

O principal objetivo deste modelo experimental é analisar qual das duas espécies ou biótipos é o melhor competidor e de que forma estes interagem entre si. A maneira em que plantas interagem pode ser determinada pela forma dos diagramas obtidos dos experimentos e comparados com os índices de produtividade em monocultura (COUSENS, 1991).

Fleck et al. (2006) apontam que o tamanho da planta é positivamente associado à sua habilidade competitiva, sendo a matéria seca frequentemente utilizada como indicadora de competitividade. Em experimentos cuja finalidade foi avaliar a competição entre espécies cultivadas e daninhas, observou-se comportamentos distintos entre plantas, tendo em vista a competitividade de cada espécie envolvida. Algumas vezes a cultura mostra-se mais competitiva

(HOFFMANN & BUHLER, 2002; YAMAUTI et al., 2011) e outras vezes é a planta daninha quem se sobrepõe (AGOSTINETTO et al., 2004a; BIANCHI et al., 2006b).

O gênero *Chloris* é pouco conhecido e apresenta um grande número de plantas que estão distribuídas por regiões tropicais e subtropicais nos diversos continentes. Muitas espécies pertencentes ao gênero ocorrem no território brasileiro de forma nativa. No entanto, há relativamente poucos trabalhos que apresentam as espécies de ocorrência no Brasil. Alguns estudos regionais tem sido feitos para identificação das espécies presentes (KISSMANN, 1997).

Dentre as espécies pertencentes ao gênero *Chloris*, tem-se observado indivíduos da espécie *Chloris distichophylla* (Lag) (sinonímia: *Eustachys distichophylla*), isto é, o falso-capim-de-rhodes, como é conhecido popularmente, distribuídos em lavouras de soja e áreas de fruticultura na região Sul do Brasil (NUNES et al., 2007).

Tendo em vista a disseminação de *C. distichophylla* em regiões do sul do Brasil, especialmente em lavouras do Rio Grande do Sul, e considerando que não há pesquisas suficientes sobre esta espécie e sobre os riscos que pode causar às culturas agrícolas, estudos que visam investigar a morfologia, comportamento e habilidade competitiva desta planta no ambiente são extremamente importantes para o manejo desta espécie, especialmente em ambientes agrícolas.

A hipótese dessa pesquisa é de que as plantas daninhas apresentam menor habilidade competitiva que plantas cultivadas, quando ocorrem em proporções iguais a esta. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi investigar as interações competitivas de soja e

milho com a espécie daninha *C. distichophylla*, através de experimentos em série de substituição.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na estação de crescimento 2010/2011, no Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) pertencente à Universidade de Passo Fundo – Rio Grande do Sul, Brasil.

Utilizaram-se sementes da espécie daninha *Chloris distichophylla* (Lag), coletadas em área agrícola pertencente ao município de Redentora, região norte do estado do Rio Grande do Sul; e de soja e milho, respectivamente *Glycine max* (L.) Merr - cultivar NA 5909 RG e *Zea mays* L. – híbrido DKB 240 YG.

O experimento 1 (*C. distichophylla* x milho) e o experimento 2 (*C. distichophylla* x soja) foram realizados em casa-de-vegetação com sistema de irrigação controlado automaticamente para 2 horas de irrigação diária. As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos com capacidade volumétrica de 8 L e altura de 25 cm, preenchidos com solo oriundo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo que a posição dos vasos foi alterada periodicamente, a fim de obter condições experimentais homogêneas.

Os tratamentos foram proporções baseadas em experimentos de série substitutiva. A densidade populacional utilizada



para cada unidade experimental foi obtida de acordo com a “Lei da produção final constante” determinada em outros ensaios (dados não relatados) onde a população foi de oito plantas vaso<sup>-1</sup>, equivalente a 250 plantas m<sup>-2</sup>.

As proporções de soja ou milho e da espécie daninha foram: 8:0, 6:2, 4:4, 2:6 e 0:8 e correspondeu a 100, 75, 50, 25, 0% de plantas de soja ou milho e o inverso para a espécie daninha, isto é, 0, 25, 50, 75 e 100%, respectivamente. Tais valores percentuais também corresponderam ao rendimento esperado de cada espécie, caso as competitividades fossem equivalentes (DIAS et al., 2010).

Sementes da espécie daninha foram postas para germinar em câmara de germinação do tipo B.O.D. na temperatura de 25°C e ausência de luz por aproximadamente três dias. Após emissão da radícula, foram transplantadas para bandejas de isopor contendo 128 células, preenchidas com substrato comercial e aí permaneceram até a emergência, por um período de 24 dias. Quando emergiram, as plântulas recém-formadas foram então transplantadas definitivamente para as unidades experimentais, isto é, os vasos plásticos, que coincidiu com a emergência das plântulas de soja e milho, ambas semeadas sete dias antes do estabelecimento final das unidades experimentais, contendo as culturas e a planta daninha, no mesmo estágio fenológico.

No plantio de soja e milho, colocou-se sementes além da população desejada e posteriormente, após a emergência das plântulas, fez-se o desbaste mantendo-se apenas o número de plântulas necessárias em cada unidade experimental.

Por ocasião do florescimento da soja, aos 60 dias após e emergência (DAE) e aos 42 DAE do milho, fez-se a coleta de todas as plantas de cada tratamento e repetições. As variáveis analisadas foram estatura de plantas, mensuradas desde a distância da base até a extremidade da última folha, e matéria seca total (raiz + parte aérea). Não houve separação entre a raiz e a parte aérea em virtude das plantas de *Chloris* estarem com raízes muito pequenas, o que dificultava a secagem e pesagem das mesmas. Para obtenção da matéria seca, as plantas coletadas foram lavadas em água corrente e acondicionadas em sacos de papel identificados, sendo mantidas em estufa na temperatura de 60 °C, por um período de 72 horas. Em seguida fez-se a pesagem da matéria seca total de cada tratamento e repetição.

Para análise das variáveis utilizou-se o método da análise gráfica ou convencional para experimentos substitutivos (ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991), que consiste na construção de diagramas com base na produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT), nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% da cultura e da planta daninha.

A produtividade relativa das variáveis analisadas foi calculada dividindo-se a média da mistura pela média da monocultura, incluindo-se no cálculo a média por planta de cada espécie em cada unidade experimental. A PRT representou a soma das produtividades relativas dos competidores nas respectivas proporções de plantas (RIGOLI et al., 2008).

As fórmulas para o cálculo das produtividades relativas e totais foram baseadas em trabalho publicado por Hoffman & Buhler (2002):

$$PRa = (p) (Amix/Amon)$$

$$PRb = (1 - p) (Bmix/Bmon)$$

$$PRT = PRa + PRb, \text{ onde:}$$

PRa = produtividade relativa da espécie “a” (cultura)

PRb = produtividade relativa da espécie “B” (daninha)

p = proporção de “a” em % dividido por 100

Amix = valor da variável a ser analisada (por exemplo: matéria seca) de “A” em mistura

Amon = valor da variável a ser analisada de “A” em monocultura

Bmix = valor da variável a ser analisada de “B” em mistura

Bmon = valor da variável a ser analisada de “B” em monocultura

PRT = produtividade relativa total

Também foram calculados os índices de competitividade, isto é, CR, K e A, que fornecem uma idéia mais precisa da habilidade competitiva das espécies envolvidas. Os índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de agressividade (A) foram calculados na proporção de 50% de plantas de cada cultura e da espécie daninha (RIGOLI et al., 2008). O CR representa o crescimento comparativo da espécie A (culturas – soja ou milho) em relação à espécie B (planta daninha); K indica a

dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual espécie é mais competitiva (COUSENS, 1991).

A espécie A é mais competitiva que a espécie B quando  $CR > 1$ ,  $Ka > Kb$  e  $A > 0$ . A espécie B é mais competitiva quando  $CR < 1$ ,  $Ka < Kb$  e  $A < 0$ . As fórmulas destes índices são dadas a seguir, segundo Hoffman & Buhler (2002):

$$CR = ((1 - p)/p) (PRa/PRb)$$

$$Ka = ((1 - p)/p) (PRa/(1 - PRa))$$

$$Kb = ((1 - p)/p) (PRb/(1 - PRb))$$

$$A = (PRa/2p) - (PRb/(2(1 - p)))$$

Para a análise estatística da produtividade relativa, calculou-se primeiramente as diferenças para os valores de PR (DPR) obtidos nas proporções de 25, 50 e 75% de plantas em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas nas respectivas proporções: 0,25, 0,50 e 0,75 (PASSINI, 2001; FLECK et al., 2008; RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2011). Utilizou-se o teste 't' a 5% de probabilidade de erro para testar as diferenças relativas aos índices DPR, PRT, CR, K e A em relação às retas hipotéticas (HOFFMAN & BUHLER, 2002; FLECK et al., 2008), através do software estatístico SAS (Statistical Analysis System versão 8.0).

As hipóteses de nulidade para testar as diferenças de DPR e A eram de que as médias fossem iguais a zero ( $H_0 = 0$ ); para PRT e CR, que as médias fossem iguais à unidade ( $H_0 = 1$ ); e para o índice K, de que as médias das diferenças entre  $Ka$  e  $Kb$  fossem iguais a zero [ $H_0 = (Ka - Kb) = 0$ ].

As variáveis matéria seca total e estatura foram também expressas em valores médios por planta e submetidos à análise de

variância pelo teste F. Se significativo, compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Dunnett, considerando-se as monoculturas como testemunhas. A probabilidade de erro em todas as análises estatísticas foi de 5% ( $p \leq 0,05$ ).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise gráfica dos resultados obtidos para PR da matéria seca total do milho mostra uma linha próxima ou superior à unidade em todas as combinações com o falso-capim-de-rhodes. No entanto, os valores encontrados não diferem dos valores hipotéticos, para todas as proporções. Isto significa que a cultura do milho, mesmo sob condições competitivas com a planta daninha, manteve a produtividade como se estivesse em estande puro (Figura 1 e Tabela 1). Quando a linha observada não difere da linha esperada, pode-se inferir que a habilidade de cada espécie em interferir sobre a outra foi equivalente, sendo que cada espécie contribuiu com matéria total de sua proporção direta na mistura (RADOSEVICH et al., 1997; PASSINI, 2001), ou então a competição inter-específica com a planta daninha não foi diferente da competição intra-específica que ocorre quando as plantas da cultura crescem livre de plantas infestantes (RADOSEVICH et al., 1997).

Sangoi et al. (2010b) destacam que o milho é um dos cereais de importância econômica com maior potencial de produção de matéria seca, o que se deve à dimensão de seu aparato fotossintético e à alta eficiência da espécie em converter energia

luminosa em química, decorrente do mecanismo C4 de fixação do carbono.

A Figura 1 mostra que a linha observada para PR da matéria seca total do falso-capim-de-rhodes sofreu desvios da linha de produtividade esperada, sendo superior na proporção 75/25 (milho/falso-capim-de-rhodes) e inferior nas proporções 50/50 e 25/75. Entretanto, tais valores só diferem significativamente da linha hipotética na proporção de 25% de milho e 75% da planta daninha. Este resultado indica que a planta daninha sofreu por efeitos competitivos quando estava em maior proporção na mistura, ou seja, sofreu mais por competição com plantas da própria espécie comparado às plantas de milho. A PRT mostra desvios em relação à linha hipotética, no entanto, os valores observados foram significativamente diferentes dos esperados apenas na proporção de 25% de milho e 75% da planta daninha. Nesta proporção ocorreu antagonismo entre os indivíduos envolvidos, pois  $PRT < 1$  (RADOSEVICH et al., 1997). A PRT também indica que houve competição pelos mesmos recursos ambientais, mas estes foram suficientes para a sobrevivência das duas espécies (Figura 1 e Tabela 1).

Para PR e PRT da estatura de plantas, observou-se que os valores encontrados foram próximos aos valores esperados, para todas as proporções de plantas, não diferindo da linha hipotética que indica ausência de competição (Figura 2). Neste caso, pode-se concluir que a estatura de plantas não foi influenciada pela competição entre as espécies (Tabela 1).

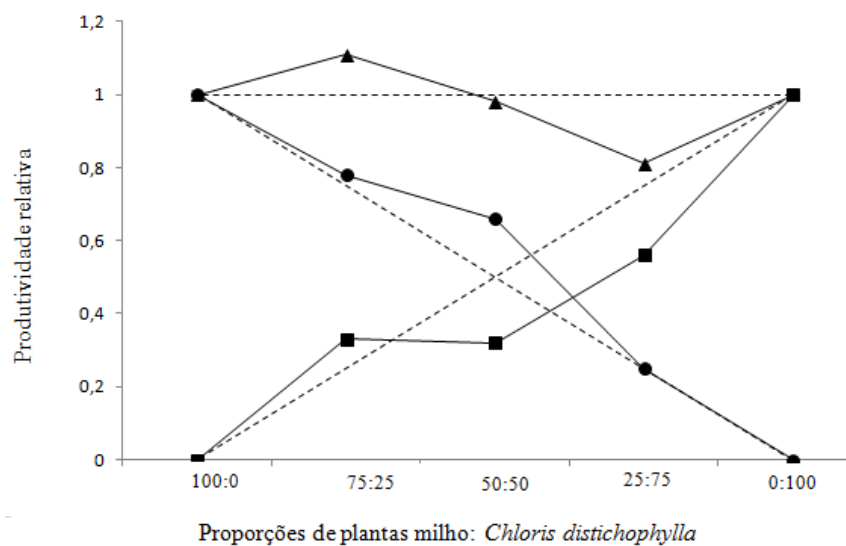


Figura 1 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de milho e *Chloris distichophylla*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

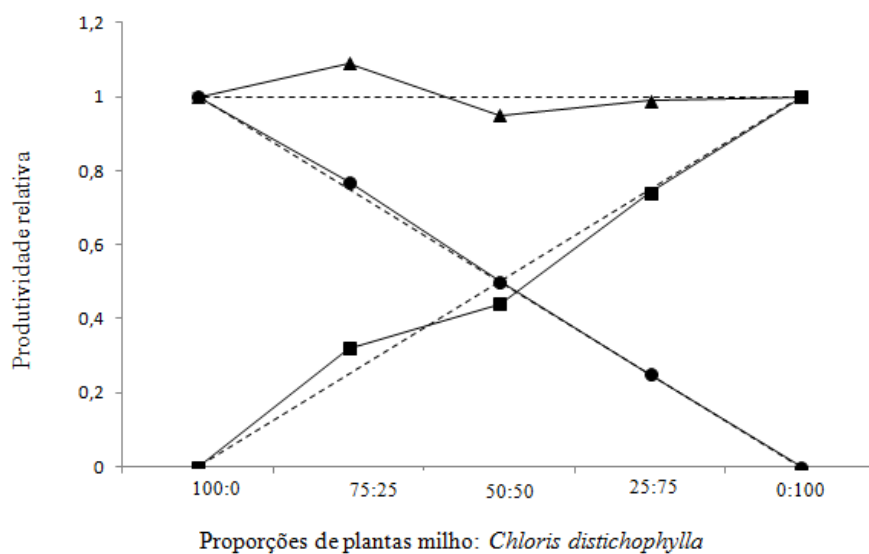


Figura 2 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de milho e *Chloris distichophylla*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de milho, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.



Tabela 1 – Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de milho em convivência com o falso-capim-de-rhodes. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (milho /falso-capim-de-rhodes )</b> |                             |                              |                              |
|--|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
|  | 75/25                       | 50/50                        | 25/75                        |
| <b>MST<sup>1</sup></b>                                       |                             |                              |                              |
| DPR milho  | 0,03 (± 0,06) <sup>ns</sup> | 0,08 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | 0 (± 0,02) <sup>ns</sup>     |
| DPR falso-capim-de-rhodes                                    | 0,17 (± 0,05) <sup>ns</sup> | -0,18 (± 0,07) <sup>ns</sup> | -0,32 (± 0,07) *             |
| PRT  | 1,2 (± 0,11) <sup>ns</sup>  | 0,9 (± 0,10) <sup>ns</sup>   | 0,68 (± 0,06) *              |
| <b>EP<sup>2</sup></b>  |                             |                              |                              |
| DPR milho  | 0,02 (± 0,03) <sup>ns</sup> | 0,01 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | 0 (± 0,01) <sup>ns</sup>     |
| DPR falso-capim-de-rhodes                                    | 0,07 (± 0,05) <sup>ns</sup> | -0,05 (± 0,02) <sup>ns</sup> | -0,01 (± 0,12) <sup>ns</sup> |
| PRT  | 1,10 (± 0,07) <sup>ns</sup> | 0,95 (± 0,05) <sup>ns</sup>  | 0,99 (± 0,12) <sup>ns</sup>  |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. MST<sup>1</sup>: matéria seca total (raiz + parte aérea); EP<sup>2</sup>: estatura de plantas.

Embora não ocorreu diferença significativa na estatura de plantas de milho e do falso-capim-de-rhodes quando em competição, foi visível o rápido crescimento da cultura em relação à planta daninha. O falso-capim-de-rhodes apresenta lento crescimento inicial e, dessa forma, provavelmente recruta menos recursos do solo que o milho em sua fase inicial, por apresentar porte menor (GAVIRAGHI, 2012). Assim, os recursos ficam disponíveis para ambas as espécies até que a demanda seja inferior às necessidades das plantas. Há uma hipótese de que o falso-capim-de-rhodes possa ser mais competitivo

quando apresenta rebrote, pois neste caso já possui características que lhe propiciam maior habilidade competitiva, no entanto, é preciso mais pesquisas a fim de avaliar a veracidade desta hipótese.

Os índices de competitividade do milho e do falso-capim-de-rhodes indicam que a cultura é mais competitiva que a planta daninha. Apesar do índice CR não mostrar diferença significativa pelo teste t, o índice K e o índice A foram significativos e indicam qual espécie é mais agressiva e domina em relação à outra espécie (HOFFMAN & BUHLER, 2002). Sendo que  $K_a > K_b$  e  $A > 0$ , o milho domina em relação ao falso-capim-de-rhodes e também é mais agressivo que este. A estatura de plantas não foi influenciada pela competição das espécies, dessa forma, nenhum índice de competitividade desta variável foi significativamente diferente pelo teste t (Tabela 2).

Tabela 2 – Índices de competitividade do milho e do falso-capim-de-rhodes, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| Variáveis        | CR                          | $K_m = \text{milho}$        | $K_f = \text{falso-capim-de-rhodes}$ | A                           |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| MST <sup>1</sup> | 2,01(± 0,35) <sup>ns</sup>  | 1,40 (± 0,17) *             | 0,53 (± 0,17) *                      | 0,26 (± 0,06) *             |
| EP <sup>2</sup>  | 1,14 (± 0,06) <sup>ns</sup> | 1,05 (± 0,16) <sup>ns</sup> | 0,81 (± 0,07) <sup>ns</sup>          | 0,06 (± 0,03) <sup>ns</sup> |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. MST<sup>1</sup>: matéria seca total (raiz + parte aérea); EP<sup>2</sup>: estatura de plantas.

Dal Magro et al. (2010) destacam que a ocorrência de maior capacidade competitiva da cultura em relação à planta daninha é

uma característica desejável, pois proporciona o planejamento do manejo de plantas daninhas. Christoffoleti & Victoria Filho (1996) concluíram que o milho foi melhor competidor que o caruru (*Amaranthus retroflexus*). Também observaram que para a cultura, a competição intra-específica foi mais importante que a inter-específica com o caruru; e que ambas as espécies competiram pelos mesmos recursos ambientais. Também o feijão-comum foi mais competitivo que o capim-marmelada (PASSINI et al., 2003), o nabo forrageiro mais competitivo que o azevém (DAL MAGRO et al., 2010) e o triticale mais competitivo que a nabiça (YAMAUTI et al., 2011).

Em geral, experimentos substitutivos demonstram maior habilidade competitiva para a cultura, quando estão em proporções iguais às plantas daninhas, estando de acordo com o observado no presente estudo. Isto porque no ambiente as plantas daninhas encontram-se em maior densidade que as plantas cultivadas, aparentando assim maior capacidade competitiva que estas (BIANCHI et al., 2006b). Outros estudos que verificaram superioridade competitiva das culturas em relação às plantas daninhas foram relatados por Roush et al. (1989), Hoffman & Buhler (2002), Carvalho & Chrostoffoleti (2008) Rigoli et al. (2008) e Dal Magro et al. (2011).

A convivência do milho com o falso-capim-de-rhodes incrementou a produção de matéria seca total para a planta daninha quando esta encontrava-se em menor proporção, comparado ao seu monocultivo, o que indica que a competição intra-específica foi mais importante para esta espécie. Não foram observadas diferenças significativas entre a matéria seca total do milho em mistura e em monocultura, indicando que não houve dominância de competição

intra ou inter-específica. A estatura de plantas das misturas não reduziu ou aumentou significativamente com relação às monoculturas, não sendo influenciada pela competição entre as espécies (Tabela 3).

Tabela 3 – Resposta do milho à interferência com o falso-capim-de-rhodes, aos 42 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (milho/ falso-capim-de-rhodes)</b> |           |         |       |       |           |        |
|---|-----------|---------|-------|-------|-----------|--------|
| <b>Variáveis</b>  | 100/0 (T) | 75/25   | 50/50 | 25/75 | 0/100 (T) | CV (%) |
| <b>MST<sup>1</sup></b>                                      |           |         |       |       |           |        |
| Milho   | 1,67      | 1,74    | 1,93  | 1,67  | -         | 15,94  |
| Falso-capim-de-rhodes                                       | -         | 0,017 * | 0,006 | 0,005 | 0,010     | 33,64  |
| <b>EP<sup>2</sup></b>                                       |           |         |       |       |           |        |
| Milho   | 45,27     | 46,75   | 45,73 | 45,75 | -         | 10,16  |
| Falso-capim-de-rhodes                                       | -         | 4,98    | 3,42  | 3,78  | 3,84      | 26,62  |

\* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). CV = coeficiente de variação. MST<sup>1</sup>: matéria seca total (raiz + parte aérea); EP<sup>2</sup>: estatura de plantas.

Puliaficio et al. (2011) verificaram que espécies do gênero *Poaceae* foram mais competitivas que espécies do gênero *Festuca*, sendo que estas apresentaram também maior competição intra-específica em comparação à competição inter-específica com *Cardaria draba* (Brassicaceae).

A análise gráfica dos experimentos de competição entre soja e o falso-capim-de-rhodes mostram que a PR para matéria seca total da cultura sofreu desvios em relação à reta hipotética, sendo significativamente diferente pelo teste t apenas na proporção de 25% de soja e 75% da planta daninha. Este resultado sugere que a soja, sob

competição, produz mais que o esperado quando está em menor proporção na mistura, ou seja, a competição intra-específica é mais importante que a competição inter-específica (Figura 3 e Tabela 4).

Lamego et al. (2005) destacam que a soja apresenta elevada plasticidade e mostra respostas adaptativas às condições de ambiente e manejo ao qual é submetida. Dessa forma, sob condições competitivas, é capaz de incrementar a produção de matéria seca a fim de superar a capacidade competitiva da espécie daninha. Segundo Casper & Jackson (1997), ajustes morfológicos em resposta a mudanças na disponibilidade de recursos facilitam a captura de água, luz, nutrientes e espaço pela planta, tornando-as mais competitiva.

A PR da matéria seca total do falso-capim-de-rhodes mostrou desvios significativos e inferiores à unidade em todas as combinações com a cultura, indicando que a planta daninha sofreu por efeitos competitivos da soja e produziu menos que o esperado para o rendimento total. A PRT da matéria seca total indicou prejuízo para ambas as espécies em associação, pois  $PRT < 1$  em todas as combinações (RADOSEVICH et al., 1997) e significativamente diferente pelo teste t nas combinações onde a cultura estava em igual e maior proporção que a planta daninha (Figura 3 e Tabela 4). Dessa forma, pode-se inferir que as espécies competiram pelos mesmos recursos ambientais, mas a soja conseguiu manter sua produtividade quando estava em competição, enquanto a planta daninha foi prejudicada na associação.

Da mesma forma que no experimento entre milho e o falso-capim-de-rhodes, a PR e PRT da estatura de plantas não foi afetada pela competição da soja com a planta daninha, embora as

linhas de produtividade relativa tenham desviado-se da linha hipotética. Os valores observados para esta variável não diferiram dos valores esperados, em nenhuma proporção de plantas, indicando ausência de competição ou que a habilidade das espécies em competirem pelos recursos do meio foram equivalentes (Figura 4 e Tabela 4).

Dias-Filho (2006) destaca que o crescimento em estatura depende do suprimento de energia que provém dos órgãos de reserva, da capacidade fotossintética e da morfologia da planta. E, para que a planta alcance rápido crescimento em estatura, expansão de raízes e acúmulo de reservas, é necessário elevada taxa de crescimento para que consiga captar os recursos do solo com maior rapidez do que as plantas vizinhas.

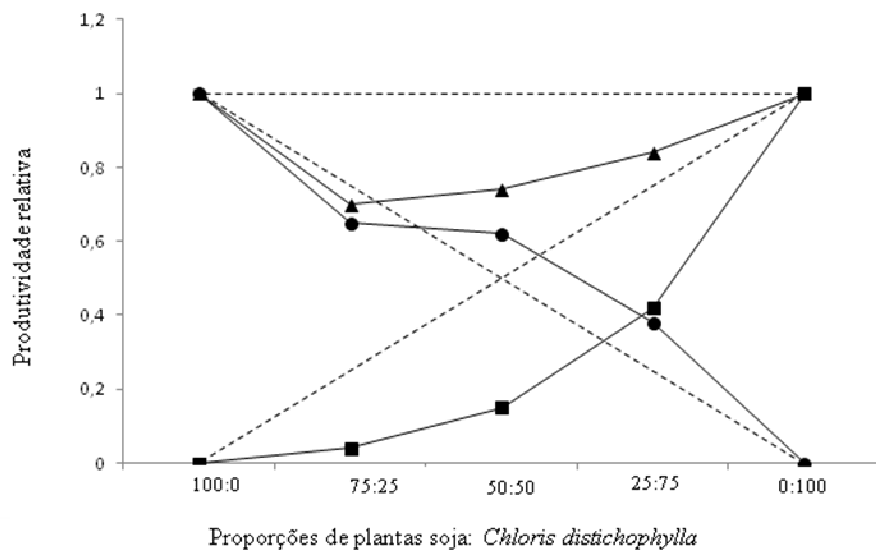


Figura 3 – Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria total (raiz + parte aérea) de plantas de soja e *Chloris distichophylla*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 4 – Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de soja em convivência com o falso-capim-de-rhodes. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (soja/falso-capim-de-rhodes )</b> |                               |                               |                              |
|--|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|  | 75/25                         | 50/50                         | 25/75                        |
| <b>MST<sup>1</sup></b>                                     |                               |                               |                              |
| DPR soja   | - 0,09 (± 0,04) <sup>ns</sup> | 0,10 (± 0,05) <sup>ns</sup>   | 0,17 (± 0,03) *              |
| DPR falso-capim-de-rhodes                                  | -0,21 (± 0,01) *              | -0,35 (± 0,03) *              | -0,33 (± 0,05) *             |
| PRT  | 0,70 (± 0,04) *               | 0,74 (± 0,04) *               | 0,84 (± 0,05) <sup>ns</sup>  |
| <b>EP<sup>2</sup></b>                                      |                               |                               |                              |
| DPR soja   | -0,04 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | - 0,04 (± 0,03) <sup>ns</sup> | -0,03 (± 0,02) <sup>ns</sup> |
| DPR falso-capim-de-rhodes                                  | -0,07 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | -0,03 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | 0,11 (± 0,08) <sup>ns</sup>  |
| PRT  | 0,89 (± 0,06) <sup>ns</sup>   | 0,93 (± 0,05) <sup>ns</sup>   | 1,08 (± 0,10) <sup>ns</sup>  |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. MST<sup>1</sup>: matéria seca total (raiz + parte aérea); EP<sup>2</sup>: estatura de plantas.

Durante a execução dos experimentos, pode-se observar que a soja apresentou crescimento e desenvolvimento vegetativo mais rápido comparado à planta daninha. O falso-capim-de-rhodes apresentou lento crescimento inicial e, dessa forma, em sua fase inicial é provável que recrute poucos recursos do solo comparado à cultura. Assim, a cultura leva vantagem competitiva sobre a planta daninha. A soja ocupou os espaços do solo com maior rapidez e prejudicou as condições de luminosidade da planta daninha, o que afetou



consequentemente a produção de matéria seca, que depende principalmente da fotossíntese.

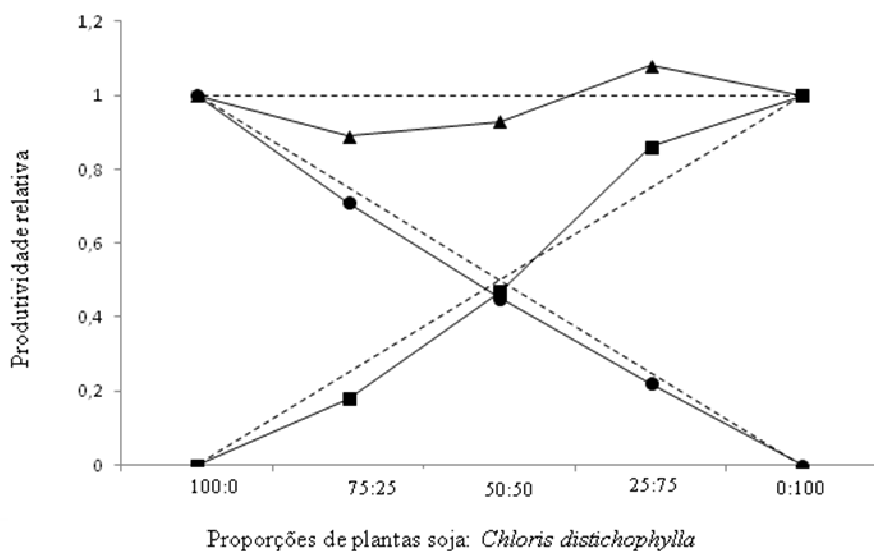


Figura 4 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de soja e *Chloris distichophylla*, em função da proporção de plantas. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do cultivar de soja, (■) PR do competidor e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

O falso-capim-de-rhodes em convivência com o milho foi afetado significativamente apenas quando estava em maior proporção na mistura (Figura 1 e Tabela 1). Ao contrário, a planta daninha quando em convivência com a cultura da soja foi afetada em todas as proporções (Figura 3 e Tabela 4). Assim, o que pode-se inferir é que a

soja recruta recursos do solo mais intensamente que o milho, deixando-os indisponíveis para a planta daninha. O milho, por sua vez, consegue manter-se normalmente sob condições competitivas com o falso-capim-de-rhodes, em virtude de a planta daninha apresentar lento crescimento inicial. Mas ela também não é prejudicada pelo milho, talvez porque os recursos estejam disponíveis para ambas as espécies e o milho não seja tão agressivo quanto a soja no recrutamento dos recursos do solo, sendo que a planta daninha só foi significativamente afetada quando havia maior proporção de plantas da mesma espécie na mistura. Segundo Dias-Filho (2006), a competição só passa a existir quando os recursos disponíveis no ambiente não estiverem excedendo as necessidades das plantas.

Os índices de competitividade (CR, K e A) indicam que para a variável matéria seca total, a soja é mais competitiva que o falso-capim-de-rhodes, pois  $K_a > K_b$  e  $A > 0$  (HOFFMAN & BUHLER, 2002), quando ambas as espécies estão em mesmas proporções. Os índices também indicam que a estatura não foi afetada pela competição entre a soja e a planta daninha, sendo que os valores desta variável não diferiram dos valores esperados (Tabela 5).

Bianchi et al. (2006b) destacam que a habilidade competitiva de uma espécie não é definida somente por uma única característica, mas depende do recurso pelo qual compete e das características da espécie competidora. Dessa forma, para a soja, a produção de matéria seca é fator essencial na superioridade competitiva da espécie.

Os resultados do presente trabalho diferem dos encontrados por Rejmánek et al. (1989), que por meio de experimento

substitutivo entre a espécie *Echinochloa crus-galli* e tomate, verificaram maior habilidade competitiva para a planta daninha, sendo que as curvas de PR da planta daninha apresentaram comportamento convexo, enquanto a cultura apresentou curvas de PR côncavas. Dessa forma, para a planta daninha a competição intra-específica foi mais importante que a inter-específica com o tomate e o inverso foi verificado para a cultura.

Tabela 5 – Índices de competitividade da soja e do falso-capim-de-rhodes, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| Variáveis        | CR                                | $K_{s=soja}$                      | $K_{f=falso-capim-de-rhodes}$     | A                                  |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| MST <sup>1</sup> | 4,68 ( $\pm 1,23$ ) <sup>ns</sup> | 1,66 ( $\pm 0,46$ ) <sup>*</sup>  | 0,17 ( $\pm 0,03$ ) <sup>*</sup>  | 0,45 ( $\pm 0,08$ ) <sup>*</sup>   |
| EP <sup>2</sup>  | 0,98 ( $\pm 0,10$ ) <sup>ns</sup> | 0,85 ( $\pm 0,10$ ) <sup>ns</sup> | 0,93 ( $\pm 0,13$ ) <sup>ns</sup> | -0,02 ( $\pm 0,05$ ) <sup>ns</sup> |

<sup>ns</sup> Não-significativo e <sup>\*</sup> significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. MST<sup>1</sup>: matéria seca total (raiz + parte aérea); EP<sup>2</sup>: estatura de plantas.

Estudos que observaram maior habilidade competitiva da soja em relação a outras espécies daninhas foram relatados por Ovejero et al. (2007), Moraes et al. (2009) e Fontana et al. (2010).

A convivência da soja com o falso-capim-de-rhodes aumentou a matéria seca total por planta da cultura, quando esta encontrava-se em menor proporção na mistura, comparado ao seu monocultivo. O contrário foi observado para a planta daninha em relação à mesma variável, sendo que obteve decréscimos nos valores quando em mistura, comparado ao monocultivo. Este resultado

significa que a soja prefere conviver com a planta daninha a com uma planta da mesma espécie e o inverso para o falso-capim-de-rhodes, isto é, prefere vizinhar com uma planta da própria espécie que uma planta de soja, indicando que a competição intra-específica é mais importante para a cultura e a inter-específica é mais significativa para a planta daninha. Ao comparar a estatura de plantas de ambas as espécies em monocultura e em mistura, observou-se que os valores não diferiram do esperado, indicando ausência de competição intra ou inter-específica das espécies, isto é, ambas competem pelos mesmos recursos ambientais, mas a competição entre elas não afeta a estatura das mesmas (Tabela 6).

Experimentos substitutivos são eficazes na análise da competitividade de espécies, pois permitem verificar os efeitos da competição intra ou inter-específica (RIGOLI et al., 2008). Vangessel et al. (1995) acrescentam que quando a distribuição das plantas daninhas em uma área é desigual ou desuniforme, pode haver efeitos de competição intra-específica na área. Dessa forma, é importante a compreensão da interação entre a densidade e a distribuição de plantas daninhas, uma vez que ocasionam perdas de rendimento nas culturas agrícolas. Norris et al. (2001) constataram que a distribuição de capim-arroz aglutinado na lavoura contribuiu mais na perda de rendimento de tomate, do que se estivesse em arranjos regulares ou aleatórios.

Tabela 6 – Resposta da soja à interferência do falso-capim-de-rhodes, aos 60 dias após a emergência. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011

| <b>Proporções de plantas (soja/ falso-capim-de-rhodes)</b> |           |       |       |        |           |        |
|--|-----------|-------|-------|--------|-----------|--------|
| <b>Variáveis</b>   | 100/0 (T) | 75/25 | 50/50 | 25/75  | 0/100 (T) | CV (%) |
| <b>MST<sup>1</sup></b>                                     |           |       |       |        |           |        |
| Soja   | 9,39      | 8,21  | 11,19 | 15,65* | -         | 16,68  |
| Falso-capim-de-rhodes                                      | -         | 0,10* | 0,16* | 0,31*  | 0,56      | 24,13  |
| <b>EP<sup>2</sup></b>                                      |           |       |       |        |           |        |
| Soja   | 52,56     | 49,93 | 47,89 | 46,43  | -         | 11,75  |
| Falso-capim-de-rhodes                                      | -         | 12,25 | 16,28 | 19,73  | 17,13     | 20,23  |

\* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). CV = coeficiente de variação. MST<sup>1</sup>: matéria seca total (raiz + parte aérea); EP<sup>2</sup>: estatura de plantas.

West et al. (2010) verificaram que a espécie *Cayratia japonica* não apresentou redução na estatura de plantas devido à competição intra-específica, mas reduziu a produção de matéria seca quanto maior foi a competição imposta por plantas da própria espécie.

Juskiw et al. (2000) observaram que a produtividade foi maior quando a cevada, aveia e triticale conviveram juntos, comparado aos monocultivos.

A capacidade de prever as respostas das plantas cultivadas em competição com plantas daninhas é fator essencial para programas de controle e manejo em ecossistemas agrícolas. Tais previsões podem ser feitas com base em experimentos de competição, como os em série de substituição (REJMÁNEK et al., 1989). Neste contexto, outros estudos devem ser realizados a fim de verificar a resposta das culturas em relação à competição com as espécies daninhas existentes,

especialmente aquelas que sugerem riscos à produtividade, pois somente com o conhecimento da morfologia e competitividade de cada espécie envolvida é possível minimizar as interferências que ocorrem nestes ambientes.

#### **4 CONCLUSÕES**

As culturas de soja e milho apresentam superioridade competitiva em relação à espécie daninha *Chloris distichophylla*.

A estatura de plantas não é afetada pela competição entre as culturas e a espécie daninha.

## CAPÍTULO IV

### INTERFERÊNCIA DE INFESTAÇÕES MISTAS DE *Sorghum sudanense* E *Eleusine indica* COM SOJA E MILHO

ALANA CRISTINA DORNELES WANDSCHEER<sup>1</sup>

**RESUMO** – As infestações naturais são compostas por inúmeras espécies que interagem entre si. Dessa forma, elas competem pelos recursos do meio, como água, luz, nutrientes e espaço físico, causando prejuízos para indivíduos da mesma espécie – competição intra-específica – ou indivíduos de espécies diferentes – competição inter-específica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a interferência de infestações mistas de *Sorghum sudanense* e *Eleusine indica* em convivência com soja e milho. Os experimentos foram realizados em casa-de-vegetação pertencente à Universidade de Passo Fundo - RS, na estação de cultivo 2010/2011. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. As unidades experimentais consistiram de vasos plásticos com capacidade volumétrica de 8 L. Os tratamentos foram associações de plantas de *S. sudanense* e *E. indica* nas proporções de 8:0, 6:2, 4:4, 2:6 e 0:8, respectivamente, que corresponderam a 100, 75, 50, 25 e 0% de *S. sudanense* e o inverso para *E. indica*. Em todos os tratamentos mantiveram-se constantes quatro plantas de soja ou milho por unidade

---

<sup>1</sup> Bióloga, mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração em Produção Vegetal.

experimental. As variáveis analisadas nas plantas daninhas foram matéria seca da parte aérea, raiz e total, por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos e índices de competitividade. Nas culturas avaliou-se a matéria seca total, cujas médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Quando em infestações mistas com a cultura do milho, *E. indica* foi mais competitiva que *S. sudanense*. Entretanto, *S. sudanense* reduziu a matéria seca total do milho mais intensamente em comparação à *E. indica*. Quando em convivência com a cultura da soja, observou-se maior competitividade de *S. sudanense* em relação à *E. indica*. As maiores reduções na matéria seca total da soja foram verificadas na presença de proporções iguais das duas espécies daninhas.

**Palavras-chave:** capim-sudão, capim-pé-de-galinha, infestações mistas.

**INTERFERENCE OF MIXED INFESTATIONS *Sorghum sudanense* AND *Eleusine indica* WITH SOYBEAN AND CORN**

**ABSTRACT** – The natural infestations are composed of many interacting species. Thus, they compete for environmental resources such as water, light, nutrients and space, causing damage to individuals of the same species - intraspecific competition - or individuals of different species - interspecific competition. The objective of this study was to evaluate the interference of mixed infestations of *Sorghum sudanense* and *Eleusine indica* in



coexistence with soybean and corn. The experiments were conducted in green-house belonging to the University of Passo Fundo - RS, the growing season 2010/2011. The experimental design was completely randomized with four replications. The experimental units consisted of plastic pots with a volume capacity of 8 L. The treatments were associations of plants *S. sudanense* and *E. indica* in the proportions 8:0, 6:2, 4:4, 2:6 and 0:8, respectively, corresponding to 100, 75, 50, 25 and 0%. In all treatments remained constant four soybean or corn plants per experimental unit. The variables analyzed in the weeds were root and shoot dry weight, total and height of plants. The competitive analysis was accomplished through diagrams applied to replacement series experiment and indexes of competitiveness. In crops evaluated the total dry weight, whose averages were compared by Tukey test at 5% level of probability. When in mixed infestations with corn, *E. indica* was more competitive than *S. sudanense*. However, *S. sudanense* reduced the total dry weight of corn more intensely compared to *E. indica*. When in coexistence with the soybean, there was a higher relative competitiveness of *S. sudanense* to *E. indica*. The largest reductions in total dry weight of soybean were observed in the presence of equal proportions of both weed species.

**Key-words:** sudangrass, goosegrass, mixed infestations.

## 1 INTRODUÇÃO

O termo interferência refere-se ao conjunto de ações sobre determinada cultura agrícola em virtude da presença de plantas daninhas. A competição entre plantas é um dos principais mecanismos de interferência verificado nos ecossistemas agrícolas (PITELLI, 1985).

De acordo com Dias-Filho (2006), a competição é resultante da reação de uma planta sobre os fatores ambientais físicos, bem como o efeito desses recursos alterados nos competidores. Dessa forma, a competição apenas existirá se os recursos disponíveis no ambiente não estiverem excedendo as necessidades das plantas. Para que ocorra competição é necessário haver sobreposição de nichos dos indivíduos envolvidos, de forma que eles utilizem os mesmos recursos (CASTRO & GARCIA, 1996; MALUF, 1999).

A competição por recursos ambientais que se estabelece entre a comunidade infestante e as plantas cultivadas, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, depende da densidade de plantas daninhas que, por sua vez, é reflexo da capacidade que as plantas tem de incrementar suas populações no agroecossistema (PITELLI, 1985). Além disso, depende da morfologia da planta, de sua capacidade de extrair água e nutrientes do solo e da resposta diferencial à temperatura e exigência por luz (CASTRO & GARCIA, 1996).

As interações competitivas de culturas e plantas daninhas foram investigadas por vários autores, sendo que a maioria dos estudos concentram-se nos efeitos de uma única espécie (RIZZARDI et al., 2004). Porém, no ambiente natural há diferentes espécies que

interagem entre si e, dessa forma, é importante considerar a combinação destes efeitos (RIZZARDI et al., 2004). Estudos entre soja e três espécies de *Amaranthus* mostraram redução no rendimento da cultura quando em presença das espécies daninhas. A espécie mais competitiva foi *A. palmeri*, seguida de *A. rudis* e *A. retroflexus*. Além disso, as espécies que emergiram junto com a soja apresentaram maior habilidade competitiva que aquelas que emergiram mais tarde (BENSCH et al., 2003).

Oliver et al. (1976) consideram que na avaliação da competição entre culturas e plantas daninhas, é necessário primeiramente verificar os efeitos da competição intra-específica para depois determinar os efeitos da competição inter-específica. Os mesmos autores observaram que a soja foi mais competitiva que a espécie *Ipomoea purpurea* apenas nas primeiras seis a oito semanas após a emergência, sendo que a espécie daninha foi mais competitiva quando a cultura chegou ao estágio reprodutivo. Em outro estudo com infestações mistas, corda-de-viola foi mais competitiva que leiteira (RIZZARDI et al., 2004).

Na maioria das vezes, em ecossistemas agrícolas, as plantas daninhas apresentam maior vantagem competitiva comparado às plantas cultivadas. Isto porque o melhoramento genético das culturas agrícolas objetivou aumentar o rendimento econômico destas e com isso decresceu o potencial competitivo das culturas (PITELLI, 1985; VARGAS et al., 2006). Em algumas situações, no entanto, a cultura apresenta potencial competitivo maior, que é mascarado pela elevada densidade de infestação de plantas daninhas na lavoura. Este fato pode levar a inferir que possuem habilidade competitiva superior

à cultura, o que na realidade é um efeito da densidade (BIANCHI et al., 2006a).

Para determinar as interações competitivas entre plantas são utilizados vários métodos que levam em consideração os fatores população, proporção de espécies e arranjo espacial (RADOSEVICH et al., 1997).

O experimento em série de substituição é um dos mais utilizados e permite avaliar o efeito da competição intra e interespecífica (RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2010). Neste tipo de experimento, mantém-se a mesma densidade de plantas em todos os tratamentos, porém, as proporções entre as espécies em mistura são variadas (COUSENS, 1991), sendo uma alternativa na compreensão dos efeitos competitivos relacionados à densidade e a proporção de plantas em uma comunidade infestante (CHRISTOFFOLETI & VICTORIA FILHO, 1996). Os resultados obtidos de experimentos substitutivos são avaliados qualitativamente, por meio dos diagramas aplicados a estes experimentos ou quantitativamente, por meio de equações matemáticas (PASSINI et al., 2003).

Dessa forma, o conhecimento obtido de experimentos substitutivos permite o desenvolvimento de estratégias mais eficientes no manejo de plantas daninhas (AGOSTINETTO et al., 2009).

Tendo como hipótese que as plantas cultivadas apresentam maior habilidade competitiva que as plantas daninhas, quando ambas encontram-se em mesmas proporções, o objetivo deste estudo foi investigar a interferência de infestações mistas de *Eleusine indica* e

*Sorghum sudanense*, quando em convivência com plantas de soja e milho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação, em área experimental pertencente ao Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV), Universidade de Passo Fundo – Rio Grande do Sul, Brasil, na estação de cultivo 2010/2011. Utilizou-se sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merr - cultivar NA 5909 RG) e milho (*Zea mays* L. – híbrido DKB 240 YG) e das espécies daninhas *Eleusine indica* (capim-pé-de-galinha) e *Sorghum sudanense* (capim-sudão).

As unidades experimentais foram vasos plásticos com capacidade volumétrica de 8 L e altura de 25 cm, preenchidos com solo oriundo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. Os experimentos compararam associações do capim-pé-de-galinha e do capim-sudão em convivência com plantas de soja e milho, ambos estabelecidos juntos e no mesmo estágio fenológico. Os experimentos foram mantidos sob sistema de irrigação controlado automaticamente para 2 horas de irrigação diária.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento, sendo que a posição dos vasos ou unidades experimentais foi alterada periodicamente, a fim de obter condições experimentais homogêneas.

Em cada unidade experimental mantiveram-se 4 plantas de soja ou milho e fez-se o transplante das espécies daninhas em proporções variadas, com base em experimento de séries substitutivas, mantendo-se 12 plantas vaso<sup>-1</sup> como densidade total, sendo oito das plantas daninhas e quatro das culturas, o que equivale a aproximadamente 375 plantas m<sup>-2</sup>. Os tratamentos ou proporções entre *S. sudanense* e *E. indica* foram respectivamente: 8:0, 6:2, 4:4, 2:6 e 0:8, isto é, 100, 75, 50, 25 e 0% do capim-sudão e o inverso para o capim-pé-de-galinha. Tais valores percentuais também corresponderam ao rendimento esperado de cada espécie, caso as competitividades fossem equivalentes (DIAS et al., 2010).

Para a implantação das unidades experimentais com ambas as espécies no mesmo estágio fenológico, colocou-se sementes do capim-pé-de-galinha em placas de Petri e em câmara de germinação do tipo B.O.D com as temperaturas e condições de luminosidade alternadas para 16 horas a 20 °C (escuro) e 8 horas a 30 °C (claro) por aproximadamente quatro dias, conforme Dal Magro et al. (2010).

Após a germinação das sementes, estas foram transferidas para bandejas de isopor, contendo 128 células, preenchidas com substrato comercial e ali permaneceram até a emergência, aproximadamente 20 dias. Sementes de soja ou milho foram postas para germinar diretamente nos vasos plásticos e um dia após, fez-se a semeadura de *S. sudanense*, que levou aproximadamente seis dias até a emergência. Desta forma, foi possível a obtenção das três espécies no mesmo estágio fenológico, quando da implantação definitiva das unidades experimentais, visto que as plântulas do capim-pé-de-galinha

foram transferidas para os vasos após emergência. Na ocasião da semeadura da soja ou milho e do capim-sudão, foram colocadas sementes além da população desejada e, após estas emergirem, fez-se o desbaste para o estabelecimento da população definitiva.

Após o florescimento da soja, aos 60 dias após a emergência (DAE) e 42 DAE do milho, fez-se a coleta de todas as plantas. As variáveis analisadas nas plantas daninhas foram estatura de plantas, mensuradas desde a distância da base até a extremidade da última folha; e matéria seca da parte aérea, raiz e total. Para obtenção da seca, as plantas coletadas foram separadas em parte aérea e raiz e estas foram postas para secar, acondicionadas em sacos de papel e identificadas, sendo mantidas em estufa na temperatura de 60 °C, por um período de 72 horas. Em seguida fez-se a pesagem das partes vegetais desejadas, sendo que a matéria seca total correspondeu à soma da matéria seca da parte aérea + matéria seca da raiz em cada proporção.

Para as culturas, avaliou-se a matéria seca total (raiz + parte aérea) quando da coleta das plantas.

Para análise da competitividade das plantas daninhas utilizou-se o método da análise gráfica ou convencional para experimentos substitutivos (ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991), que consiste na construção de diagramas com base na produtividade relativa (PR) e produtividade relativa total (PRT), nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% de plantas de capim-sudão e do capim-pé-de-galinha.

A produtividade relativa das variáveis analisadas foi calculada dividindo-se a média da mistura pela média da monocultura,

incluindo-se no cálculo a média por planta de cada espécie em cada unidade experimental. A PRT representou a soma das produtividades relativas dos competidores nas respectivas proporções de plantas (RIGOLI et al., 2008).

As fórmulas para o cálculo das produtividades relativas e totais são dadas a seguir, segundo Hoffman & Buhler (2002):

$$PRa = (p) (Amix/Amon)$$

$$PRb = (1 - p) (Bmix/Bmon)$$

$$PRT = PRa + PRb, \text{ onde:}$$

PRa = produtividade relativa da espécie “a” (capim-sudão)

PRb = produtividade relativa da espécie “B” (capim-pé-de-galinha)

p = proporção de “a” em % dividido por 100

Amix = valor da variável a ser analisada (por exemplo: matéria seca) de “A” em mistura

Amon = valor da variável a ser analisada de “A” em monocultura

Bmix = valor da variável a ser analisada de “B” em mistura

Bmon = valor da variável a ser analisada de “B” em monocultura

PRT = produtividade relativa total

Os índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de agressividade (A) foram calculados na proporção de 50% de plantas de capim-sudão e do capim-pé-de-galinha. O CR representa o crescimento comparativo da espécie A (capim-sudão) em relação à espécie B (capim-pé-de-galinha); K indica



a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual espécie é mais competitiva (COUSENS, 1991). A interpretação conjunta desses valores permite inferir o grau de competitividade entre as espécies com maior segurança (RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2011). A espécie A é mais competitiva que a espécie B quando  $CR > 1$ ,  $Ka > Kb$  e  $A > 0$ . A espécie B é mais competitiva quando  $CR < 1$ ,  $Ka < Kb$  e  $A < 0$ . As fórmulas destes índices são dadas a seguir, segundo Hoffman & Buhler (2002):

$$CR = ((1 - p)/p) (PRa/PRb)$$

$$Ka = ((1 - p)/p) (PRa/(1 - PRa))$$

$$Kb = ((1 - p)/p) (PRb/(1 - PRb))$$

$$A = (PRa/2p) - (PRb/(2(1 - p)))$$

Para a análise estatística da produtividade relativa, calculou-se primeiramente as diferenças para os valores de PR (DPR) obtidos nas proporções de 25, 50 e 75% de plantas em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas nas respectivas proporções: 0,25, 0,50 e 0,75 (PASSINI, 2001; FLECK et al., 2008; RIGOLI et al., 2008; DAL MAGRO et al., 2011). Utilizou-se o teste 't' a 5% de probabilidade de erro para testar as diferenças relativas aos índices DPR, PRT, CR, K e A em relação às retas hipotéticas (HOFFMAN & BUHLER, 2002; FLECK et al., 2008), através do software estatístico SAS (Statistical Analysis System versão 8.0).

As hipóteses de nulidade para testar as diferenças de DPR e A eram de que as médias fossem iguais a zero ( $H_0 = 0$ ); para PRT e CR, que as médias fossem iguais à unidade ( $H_0 = 1$ ); e para o índice K, de que as médias das diferenças entre  $Ka$  e  $Kb$  fossem iguais a zero [ $H_0 = (Ka - Kb) = 0$ ].

As variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas foram também expressas em valores médios por planta e submetidos à análise de variância. Se significantes pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ) considerando as monoculturas como testemunhas.

Para análise da matéria seca total de plantas de milho e soja em convivência com diferentes proporções de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, submeteram-se os dados à análise de variância, com aplicação do teste F, seguido da comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, através do software estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta – 2011.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise gráfica dos experimentos substitutivos de plantas de milho e das espécies daninhas capim-sudão e capim-pé-de-galinha, quando em convivência, mostram resultados semelhantes para matéria seca da parte aérea, raiz e total (Figuras 1, 2 e 3).

A PR da matéria seca da parte aérea do capim-sudão apresentou incremento significativo quando este encontrava-se em maior proporção na mistura. Nas demais proporções, o capim-sudão manteve a produtividade como se estivesse em estande puro, não diferindo da linha hipotética que indica ausência de competição. O capim-pé-de-galinha, por sua vez, competiu mais pelos recursos do meio e obteve incrementos na matéria seca da parte aérea quando em proporções iguais ou inferiores ao capim-sudão. A PR da matéria seca

da parte aérea do capim-pé-de-galinha reduziu quando este encontrava-se em proporções maiores na mistura, o que indica que esta espécie compete mais com ela mesma que com o capim-sudão (Figura 1 e Tabela 1). Resultado semelhante foi observado na Tabela 2, onde mostra que o capim-pé-de-galinha produziu mais matéria seca da parte aérea quando em proporções menores que o capim-sudão, sendo a competição intra-específica mais importante para esta espécie. Ao contrário, os valores de matéria seca da parte aérea do capim-sudão em mistura não diferiram do valor obtido em monocultivo. A PRT da matéria seca da parte aérea mostra que as duas espécies beneficiaram-se da associação quando o capim-sudão encontrava-se em proporções iguais ou superiores ao capim-pé-de-galinha, de forma que nestas proporções não houve prejuízo para nenhuma espécie. Ao contrário, em proporções maiores do capim-pé-de-galinha, houve um prejuízo mútuo ao crescimento, sendo o capim-pé-de-galinha prejudicado por efeitos da competição intra-específica (Figura 1 e Tabela 1).

Para análise de diagramas em série de substituição considera-se que se a PR resultar em linha reta não há efeito de uma espécie sobre a outra ou a habilidade das espécies em interferir uma sobre a outra são equivalentes; se a PR resultar em linha côncava significa que ocorre prejuízo ao crescimento de uma ou ambas as espécies envolvidas; e se a PR resultar em linha convexa ocorre benefício ao crescimento de uma ou ambas as espécies. Para PRT, se a mesma resultar em linha reta, sendo igual a um, significa que a competição ocorre pelos mesmos recursos ambientais; sendo superior a um (convexa) não ocorre competição, devido ao suprimento de

recursos superar a demanda ou porque as espécies possuem diferentes nichos ecológicos; quando inferior a um (côncava), significa que ocorre antagonismo, com prejuízo mútuo das espécies envolvidas (RADOSEVICH et al., 1997).

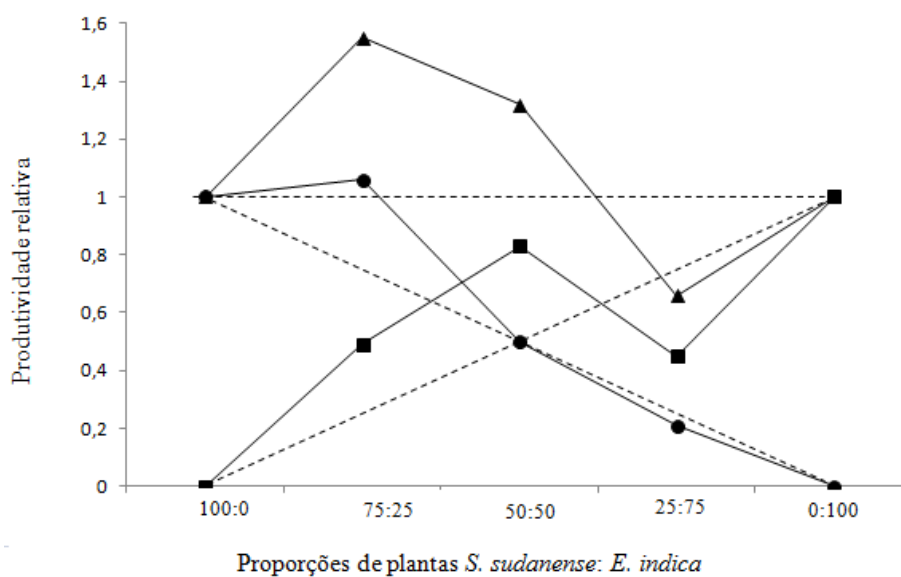


Figura 1 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria da parte aérea de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com o milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 1 – Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, quando em convivência com a cultura do milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (capim-sudão /capim-pé-de-galinha)</b> |                              |                               |                              |
|---|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|   | 75/25                        | 50/50                         | 25/75                        |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>   |                              |                               |                              |
| DPR capim-sudão   | 0,31 (± 0,01) *              | -0,001 (± 0,03) <sup>ns</sup> | -0,03 (± 0,03) <sup>ns</sup> |
| DPR capim-pé-de-galinha   | 0,25 (± 0,04) *              | 0,33 (± 0,01) *               | -0,30 (± 0,03) *             |
| PRT   | 1,55 (± 0,04) *              | 1,33 (± 0,03) *               | 0,67 (± 0,03) *              |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>  |                              |                               |                              |
| DPR capim-sudão   | 0,22 (± 0,07) <sup>ns</sup>  | -0,07 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | -0,14 (± 0) *                |
| DPR capim-pé-de-galinha   | 0,29 (± 0,04) *              | 0,16 (± 0,02) *               | -0,18 (± 0,02) *             |
| PRT   | 1,51 (± 0,09) *              | 1,10 (± 0,05) <sup>ns</sup>   | 0,68 (± 0,02) *              |
| <b>MST<sup>3</sup></b>  |                              |                               |                              |
| DPR capim-sudão   | 0,19 (± 0,09) <sup>ns</sup>  | -0,04 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | -0,09 (± 0,02) *             |
| DPR capim-pé-de-galinha   | 0,26 (± 0,04) *              | 0,27 (± 0,01) *               | -0,26 (± 0,01) *             |
| PRT   | 1,45 (± 0,11) *              | 1,23 (± 0,04) *               | 0,65 (± 0,01) *              |
| <b>EP<sup>4</sup></b>   |                              |                               |                              |
| DPR capim-sudão   | 0,01 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | -0,02 (± 0,02) <sup>ns</sup>  | -0,04 (± 0,02) <sup>ns</sup> |
| DPR capim-pé-de-galinha   | 0,002 (± 0,02) <sup>ns</sup> | -0,07 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | -0,26 (± 0,04) *             |
| PRT   | 1,01 (± 0,04) <sup>ns</sup>  | 0,91 (± 0,04) <sup>ns</sup>   | 0,71 (± 0,05) *              |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Tabela 2 - Resposta do capim-sudão à interferência com o capim-pé-de-galinha, aos 42 dias após a emergência do milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (capim-sudão/capim-pé-de-galinha)</b> |                  |              |              |              |                  |               |
|--|------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|---------------|
| <b>Variáveis</b>   | <b>100/0 (T)</b> | <b>75/25</b> | <b>50/50</b> | <b>25/75</b> | <b>0/100 (T)</b> | <b>CV (%)</b> |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>  |                  |              |              |              |                  |               |
| Capim-sudão  | 0,075            | 0,089        | 0,075        | 0,065        | -                | 22,19         |
| Capim-pé-de-galinha  | -                | 2,13*        | 1,94*        | 0,64         | 1,07             | 16,92         |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>   |                  |              |              |              |                  |               |
| Capim-sudão  | 0,073            | 0,094        | 0,064        | 0,032*       | -                | 24,08         |
| Capim-pé-de-galinha  | -                | 1,16*        | 0,71         | 0,40         | 0,54             | 13,95         |
| <b>MST<sup>3</sup></b>   |                  |              |              |              |                  |               |
| Capim-sudão  | 0,148            | 0,185        | 0,138        | 0,097*       | -                | 16,52         |
| Capim-pé-de-galinha  | -                | 3,30*        | 2,65*        | 1,05         | 1,61             | 14,39         |
| <b>EP<sup>4</sup></b>  |                  |              |              |              |                  |               |
| Capim-sudão  | 22,8             | 23,08        | 21,75        | 19,37        | -                | 13,98         |
| Capim-pé-de-galinha  | -                | 37,31        | 31,97        | 24,25*       | 36,89            | 15,88         |

\* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Constatou-se que biótipos de capim-colchão suscetíveis e resistentes aos herbicidas inibidores de ALS apresentaram habilidades competitivas equivalentes e semelhante adaptação ecológica. No entanto, a soja foi mais competitiva que ambos os biótipos (OVEJERO et al., 2007).

A PR da matéria seca da raiz do capim-sudão reduziu significativamente quando o capim-pé-de-galinha estava em maior

proporção na mistura. Para o capim-pé-de-galinha, observaram-se incrementos da matéria seca da raiz, comparado ao monocultivo, quando estava em proporções iguais e menores na mistura, havendo redução desta variável apenas quando o capim-pé-de-galinha encontrava-se em maior proporção (Figura 2). Dessa forma, novamente a competição intra-específica foi maior para o capim-pé-de-galinha e a inter-específica mais importante para o capim-sudão (Tabela 2). A PRT da matéria seca da raiz mostrou benefício para as espécies quando o capim-pé-de-galinha encontrava-se em menor proporção e prejuízo quando estava em maior proporção. Dessa forma, pode-se verificar o capim-pé-de-galinha é capaz de reduzir a sua própria produtividade e a do capim-sudão (Figura 2 e Tabela 1).

A capacidade competitiva abaixo do solo está relacionada com a densidade de raízes, área de superfície e as propriedades enzimáticas envolvidas na absorção de nutrientes (CASPER & JACKSON, 1997). Além disso, Christoffoleti & Victoria Filho (1996) destacam que o grau de competição entre as espécies depende de fatores relacionados à comunidade de plantas daninhas, dos quais a população de plantas é um dos mais importantes. Assim, quanto maior a população de plantas, mais indivíduos estão competindo pelos mesmos recursos ambientais (PITELLI, 1985).

A ocupação dos espaços do solo pelas raízes tem elevada importância na competição, podendo haver diferenças competitivas entre plantas de diferentes espécies, caso as habilidades competitivas dos sistemas radiculares sejam diferentes. O ideal é que em associações de espécies diferentes de plantas, se opte por um arranjo espacial que minimize a competição por luz, bem como a utilização de

plantas com sistemas radiculares diferenciados, que explorem áreas distintas do solo (ZANINE & SANTOS, 2004), já que o tamanho do sistema radical geralmente sofre redução quando a planta cresce sob competição com plantas vizinhas (RIZZARDI et al., 2001).

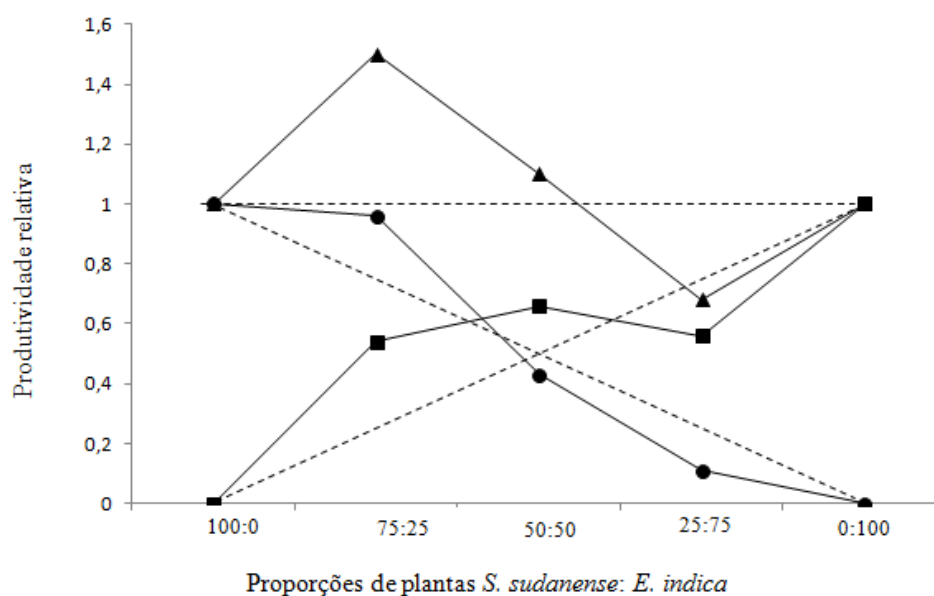


Figura 2 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria da raiz de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com o milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.



A análise da produtividade relativa, baseada nas proporções das duas espécies de plantas daninhas, mostrou que a matéria seca total do capim-sudão foi significativamente reduzida quando este se encontrava na menor proporção e o capim-pé-de-galinha em maior proporção da mistura (25/75). Ao contrário, o capim-pé-de-galinha mostrou comportamento semelhante ao verificado para matéria seca da raiz e da parte aérea, com aumentos de produtividade quando em igual ou menor proporção que o capim-sudão (50/50 e 75/25), e redução de produtividade quando estava em maior proporção que o capim-sudão (25/75). A PRT mostrou benefício para as espécies nas proporções de 75/25 e 50/50 (capim-sudão/capim-pé-de-galinha) e prejuízo na proporção de 25/75 (Figura 3 e Tabela 1). Dessa forma, pode-se inferir novamente que a competição intra-específica foi maior para o capim-pé-de-galinha, enquanto a inter-específica foi mais importante para o capim-sudão (Tabela 2).

Em vários trabalhos objetivando avaliar a competitividade entre espécies, observou-se que a espécie mais competitiva sofre mais pela competição intra-específica que pela competição inter-específica, porque geralmente a planta com maior habilidade de competição acaba prejudicando a si própria, por falta de espaço ou recursos ambientais (DAL MAGRO et al., 2010; CARVALHO et al. 2011b; DAL MAGRO et al., 2011; YAMAUTI et al., 2011).

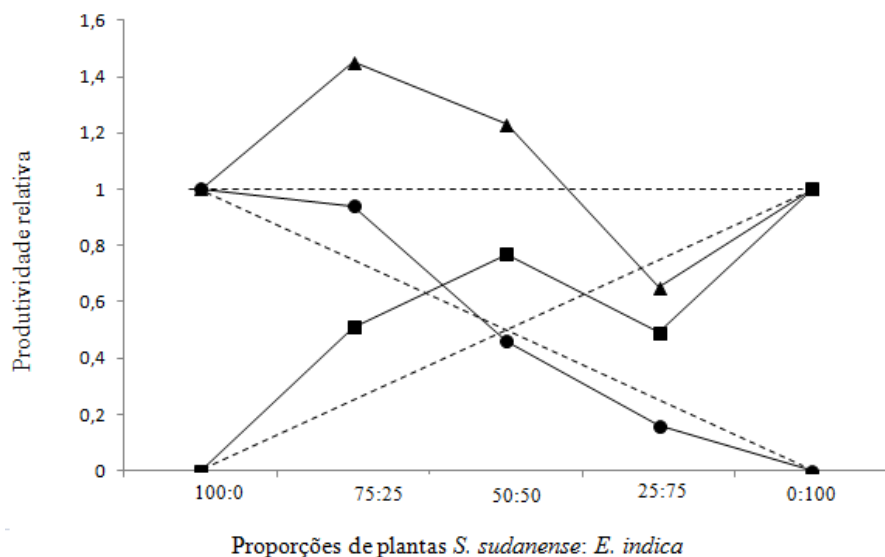


Figura 3 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca total (raiz + parte aérea) de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com o milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Não foram observadas reduções na estatura de plantas de capim-sudão quando em convivência com diferentes proporções do capim-pé-de-galinha. Entretanto, o capim-pé-de-galinha reduziu a estatura quando estava em maior proporção na mistura (25/75). A PRT, dessa forma, mostrou que as espécies foram prejudicadas quando o capim-pé-de-galinha encontrava-se na maior proporção, que

foi devido aos efeitos da competição intra-específica desta espécie (Figura 4 e Tabela 1).

Pela análise da Tabela 2 pode-se constatar que não há efeitos de competição intra ou inter-específica com relação à estatura de plantas do capim-sudão, sendo que os valores das proporções não diferem dos valores obtidos no monocultivo. Porém, para o capim-pé-de-galinha, observou-se que a estatura foi relativamente menor quando esta espécie estava em maior proporção na mistura, comparado ao monocultivo, o que indica que a competição intra-específica é mais importante que a competição inter-específica. Para Roush et al. (1989), as interações intra e inter-específicas são fatores-chave no processo competitivo entre plantas.

Klingaman & Oliver (1994) observaram que a densidade de plantas de *Amaranthus palmeri* teve pouco efeito sobre a estatura da soja. Entretanto, Dias-Filho (2006) destaca que a diferença no tamanho das espécies é um dos atributos que melhor se correlaciona com a competição, de modo que a planta será competitivamente superior se apresentar capacidade de capturar os recursos do meio com maior rapidez do que as plantas vizinhas. O mesmo autor ressalta que o crescimento das plantas em altura depende principalmente do suprimento de energia fornecida por órgãos de reserva, bem como da capacidade fotossintética que apresenta e da morfologia individual da planta.

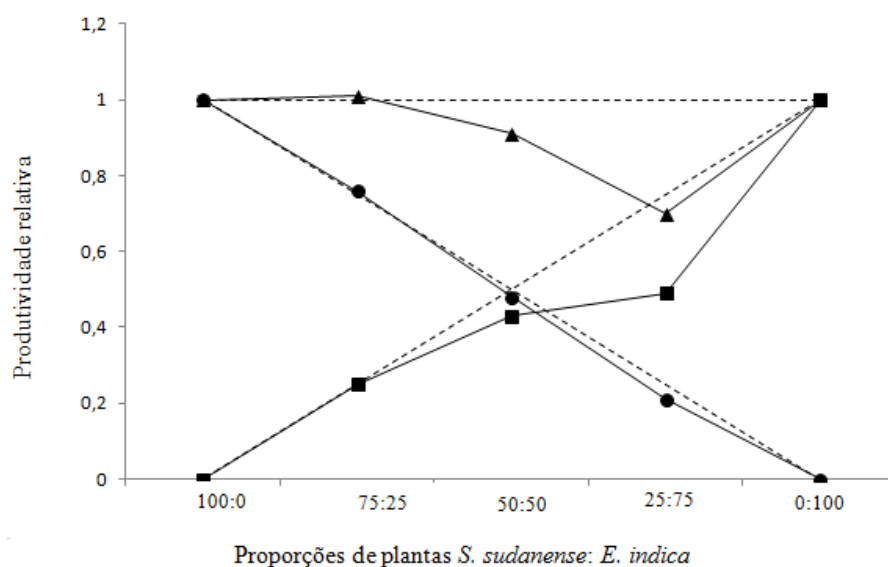


Figura 4 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com o milho. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Os índices de competitividade refletem com mais segurança qual espécie é mais competitiva, quando ambas estão em proporções iguais em uma mistura (HOFFMAN & BUHLER, 2002). Dessa forma, pelos resultados obtidos neste estudo, o capim-pé-de-galinha mostrou ser um competidor muito mais agressivo que o capim-sudão, para as variáveis matéria seca da parte aérea, raiz e total,

sendo que  $CR < 1$ ,  $K_a < K_b$  e  $A < 0$ . Para a variável estatura de plantas não houve diferença para as duas espécies (Tabela 3).

Tabela 3 – Índices de competitividade do capim-sudão e do capim-pé-de-galinha quando em convivência com a cultura do milho, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| Variáveis         | CR                                | $K_{s=\text{capim-sudão}}$        | $K_c = \text{capim-pé-de-galinha}$ | A                                 |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| MSPA <sup>1</sup> | 0,60 ( $\pm 0,03$ ) *             | 1,00 ( $\pm 0,11$ ) *             | 4,86 ( $\pm 0,33$ ) *              | -0,33 ( $\pm 0,03$ ) *            |
| MSR <sup>2</sup>  | 0,65 ( $\pm 0,05$ ) *             | 0,78 ( $\pm 0,10$ ) *             | 2,00 ( $\pm 0,17$ ) *              | -0,23 ( $\pm 0,03$ ) *            |
| MST <sup>3</sup>  | 0,59 ( $\pm 0,04$ ) *             | 0,86 ( $\pm 0,11$ ) *             | 3,35 ( $\pm 0,13$ ) *              | -0,31 ( $\pm 0,03$ ) *            |
| EP <sup>4</sup>   | 1,14 ( $\pm 0,15$ ) <sup>ns</sup> | 0,91 ( $\pm 0,07$ ) <sup>ns</sup> | 0,79 ( $\pm 0,14$ ) <sup>ns</sup>  | 0,04 ( $\pm 0,06$ ) <sup>ns</sup> |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Rigoli et al. (2008) não observaram diferença para o índice CR, demonstrando que o nabo não teve crescimento superior ao trigo. Entretanto, constatou-se dominância do nabo sobre o trigo, comprovada pela significância dos índices K e A. Bagavathiannan et al. (2011) observaram que não houve superioridade competitiva entre biótipos de *Echinochloa crus-galli* resistentes e suscetíveis ao propanil e clomazone.

Alguns autores ao realizar experimentos substitutivos verificaram superioridade competitiva para as plantas daninhas em comparação com as culturas (REJMÁNEK et al., 1989;

AGOSTINETTO et al., 2004a; BIANCHI et al., 2006b; AGOSTINETTO et al., 2008; FERREIRA et al., 2008). Em outros trabalhos foi verificado o oposto, onde foram as culturas quem apresentaram maior capacidade de competição (HOFFMAN & BUHLER, 2002; MORAES et al., 2009; FONTANA et al., 2010; YAMAUTI et al., 2011).

Na associação entre plantas de soja, corda-de-viola e leiteira, foi a corda-de-viola a espécie mais competitiva. O incremento no número de plantas de leiteira com relação ao de corda-de-viola diminuiu a intensidade de redução na matéria seca da soja, sendo que na presença de 100% de corda-de-viola, as perdas foram de 54% e foram reduzidas para 25% quando na presença de 100% de plantas de leiteira (RIZZARDI et al., 2004).

A análise da matéria seca total de plantas de milho em convivência com diferentes proporções de capim-sudão e capim-pé-de-galinha demonstrou que o capim-sudão foi capaz de causar maiores prejuízos à cultura em comparação ao capim-pé-de-galinha, visto que a matéria seca total do milho apresentou maiores reduções quando na presença de 100% do capim-sudão em comparação a 100% do capim-pé-de-galinha (Tabela 4).

Tabela 4 - Matéria seca total do milho em convivência com diferentes proporções de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, aos 42 DAE. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Tratamentos</b>                      | <b>Matéria seca total<br/>(g)</b> |
|---|-----------------------------------|
| 100% capim-sudão                        | 7,76 c *                          |
| 75% capim-sudão/25% capim-pé-de-galinha | 9,60 ab                           |
| 50% capim-sudão/50% capim-pé-de-galinha | 9,21 abc                          |
| 25% capim-sudão/75% capim-pé-de-galinha | 8,60 bc                           |
| 100% capim-pé-de-galinha                | 10,81 a                           |
| CV (%)                                  | 9,12                              |

\* Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em experimentos isolados entre plantas de milho e do capim-pé-de-galinha, pode-se observar que a habilidade competitiva das espécies foram equivalentes (capítulo I) e entre milho e o capim-sudão, a cultura foi mais competitiva (capítulo II), quando ambas as espécies conviveram em densidade populacional de aproximadamente 250 plantas m<sup>-2</sup>. Rizzardi et al. (2004) destacam que muitas vezes os resultados obtidos de experimentos de competição entre duas espécies não são adequados para prever os efeitos competitivos entre múltiplas espécies, isto porque quando as espécies convivem simultaneamente podem ocorrer interações que influenciam a ocupação do espaço e o acesso aos recursos ambientais e, dessa forma, podem ocorrer mudanças nas relações de competição. Os mesmos autores observaram que em infestações mistas entre soja, corda-de-viola e leiteira, a corda-de-viola foi mais competitiva, ao passo que em infestações isoladas entre as três espécies, Voll et al. (2002)

encontraram maior competitividade para a leiteira que para a corda-de-viola.

Távora et al. (2007) observaram que o rendimento de grãos das culturas de milho, sorgo e feijão-caupi foi reduzido nos plantios consorciados em comparação aos cultivos isolados. Para este estudo, o milho e o sorgo comportaram-se como dominantes quando associados ao feijão-caupi. Da mesma forma, os consórcios entre girassol e feijão-caupi causaram reduções na produtividade em comparação aos seus monocultivos (VALE et al., 2011).

Para MCGilchrist & Trenbath (1971), muitos experimentos foram realizados a fim de comparar o rendimento de espécies convivendo em misturas e quando crescem sob estandes puros. Geralmente, quando crescem em misturas, as plantas dominantes, isto é, com maior habilidade competitiva, mostram maior teor de matéria seca total em comparação a monoculturas de mesma densidade. Segundo Dias et al. (2010), o total de matéria seca produzida pela cultura e pelas plantas daninhas em competição é uma variável importante de ser avaliada quando se estuda o crescimento de plantas em experimentos substitutivos, e pode contribuir na predição de perdas de produtividade (AGOSTINETTO et al., 2004a).

A análise gráfica das produtividades relativas obtidas na mistura de plantas de soja, capim-sudão e capim-pé-de-galinha mostrou que as espécies competiram entre si pelos recursos do meio, sendo que os resultados variaram conforme a proporção das espécies.

Os diagramas obtidos de experimentos substitutivos de plantas de capim-sudão e capim-pé-de-galinha demonstraram superioridade competitiva do capim-sudão, sendo que manteve a



produtividade quando em maior proporção e produziu acima do esperado em proporções iguais e inferiores ao capim-pé-de-galinha. Este, por sua vez, decresceu em relação à matéria seca da parte aérea quando em igual e menor proporção que o capim-sudão, produzindo acima do esperado apenas quando estava em maior proporção na mistura. A PRT para a matéria seca da parte aérea das duas espécies indicou prejuízo para as proporções de 75/25 e 50/50 (capim-sudão/capim-pé-de-galinha) e benefício ao crescimento de ambas as espécies na proporção de 25/75, o que indica que o capim-sudão foi um competidor mais agressivo que o capim-pé-de-galinha, quando as espécies estavam em convivência com a cultura da soja (Figura 5 e Tabela 5).

Christoffoleti & Victoria Filho (1996) destacam que a maioria dos estudos de competição entre culturas e plantas daninhas não levam em consideram os efeitos da densidade e da proporção entre as espécies, a importância da competição intra e inter-específica e a diferenciação de nicho ecológico. Os mesmos autores observaram que entre plantas de milho e caruru sob competição, o milho foi mais competitivo, sendo que produziu matéria seca acima da esperada enquanto o caruru produziu abaixo do esperado. Fontana et al. (2010) também observaram superioridade competitiva para a cultura, no caso a soja, quando em convivência com plantas de milhã (*Digitaria ciliaris*). Rigoli et al. (2008), da mesma forma, verificaram maior competitividade do trigo em relação ao azevém.

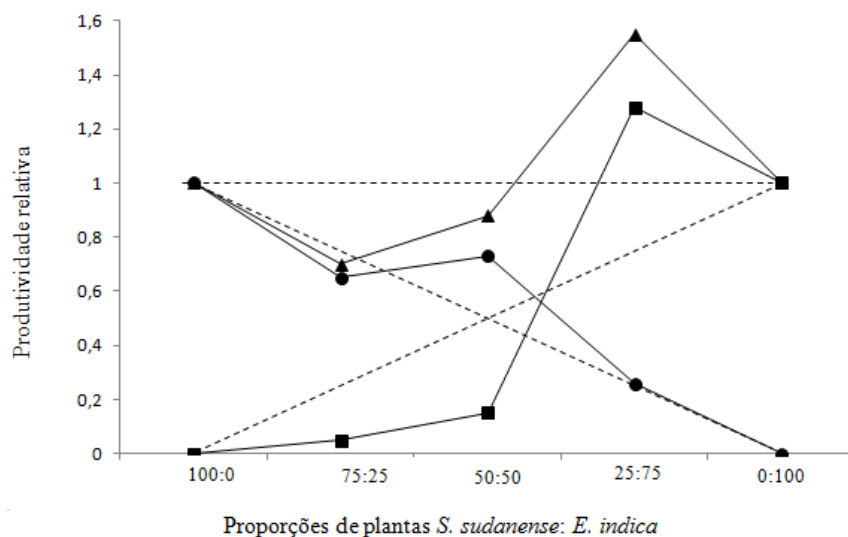


Figura 5 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria da parte aérea de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com a soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Tabela 5 – Diferenças relativas de produtividade (DPR) para as variáveis matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca total e estatura de plantas; e produtividade relativa total (PRT), nas proporções 75/25, 50/50 e 25/75 de plantas de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, quando em convivência com a cultura da soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (capim-sudão /capim-pé-de-galinha)</b> |                              |                              |                              |
|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|   | 75/25                        | 50/50                        | 25/75                        |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>   |                              |                              |                              |
| DPR capim-sudão   | -0,10 (± 0,03) <sup>ns</sup> | 0,23 (± 0,01) *              | 0,01 (± 0) *                 |
| DPR capim-pé-de-galinha   | -0,20 (± 0) *                | -0,35 (± 0,02) *             | 0,54 (± 0,01) *              |
| PRT   | 0,70 (± 0,03) *              | 0,88 (± 0,02) *              | 1,55 (± 0,02) *              |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>  |                              |                              |                              |
| DPR capim-sudão   | 0,01 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | 0,12 (± 0,04) *              | 0,03 (± 0,02) <sup>ns</sup>  |
| DPR capim-pé-de-galinha   | -0,09 (± 0,02) *             | -0,09 (± 0,04) <sup>ns</sup> | 0,01 (± 0,19) <sup>ns</sup>  |
| PRT   | 0,92 (± 0,02) *              | 1,03 (± 0,06) <sup>ns</sup>  | 1,04 (± 0,20) <sup>ns</sup>  |
| <b>MST<sup>3</sup></b>  |                              |                              |                              |
| DPR capim-sudão   | -0,06 (± 0,03) <sup>ns</sup> | 0,19 (± 0,02) *              | 0,02 (± 0,01) <sup>ns</sup>  |
| DPR capim-pé-de-galinha   | -0,16 (± 0,01) *             | -0,27 (± 0,02) *             | 0,38 (± 0,05) *              |
| PRT   | 0,77 (± 0,03) *              | 0,92 (± 0,03) <sup>ns</sup>  | 1,40 (± 0,05) *              |
| <b>EP<sup>4</sup></b>   |                              |                              |                              |
| DPR capim-sudão   | -0,03 (± 0,01) <sup>ns</sup> | 0,03 (± 0,02) <sup>ns</sup>  | 0,01 (± 0,01) <sup>ns</sup>  |
| DPR capim-pé-de-galinha   | -0,07 (± 0,01) *             | -0,11 (± 0,01) *             | -0,05 (± 0,04) <sup>ns</sup> |
| PRT   | 0,89 (± 0,01) *              | 0,91 (± 0,01) *              | 0,96 (± 0,05) <sup>ns</sup>  |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Considerando a matéria seca da raiz, observaram-se diferenças de competitividade dependendo da proporção das espécies daninhas envolvidas. Para esta variável, o capim-sudão produziu acima do esperado quando em proporções iguais ao capim-pé-de-galinha e manteve a produtividade nas demais proporções. O oposto ocorreu para o capim-pé-de-galinha, que reduziu a matéria seca da raiz quando o capim-sudão estava em maior proporção na mistura e manteve a produtividade nas demais proporções. A PRT indicou que as espécies competiram pelos mesmos recursos ambientais, mas ocorreu prejuízo na proporção em que o capim-sudão prevalecia (Figura 6 e Tabela 5).

Cultivares de milho acumularam menor matéria seca quando em competição com seis espécies de plantas daninhas (*Bidens pilosa*, *Cenchrus echinatus*, *Brachiaria brizantha*, *Commelina benghalensis*, *Brachiaria plantaginea* e *Euphorbia heterophylla*), sendo as folhas e caules os órgãos mais afetados. No entanto, para as espécies competidoras, as raízes foram os órgãos mais prejudicados e as espécies *Brachiaria brizantha* e *Commelina benghalensis* foram as que apresentaram maior capacidade de competição com a cultura do milho (CARVALHO et al., 2011b).

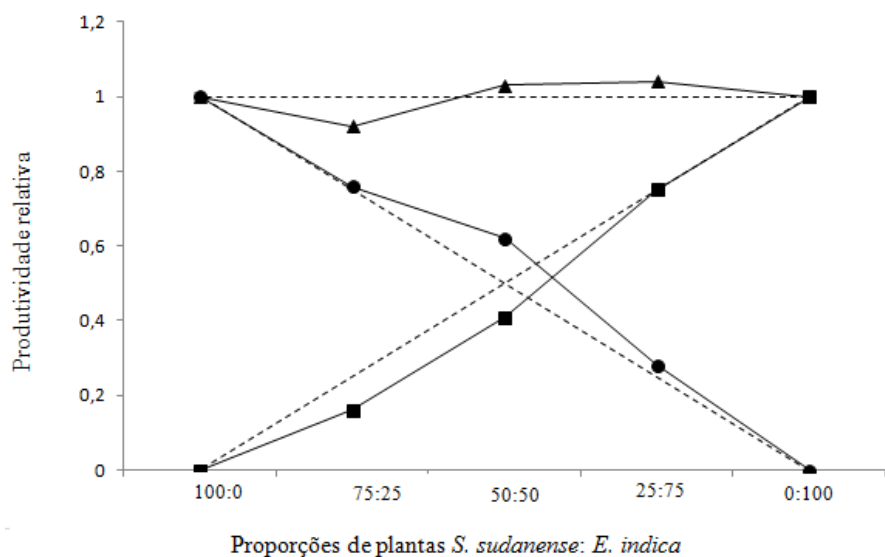


Figura 6 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca da raiz de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com a soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Ao comparar as duas espécies de plantas daninhas, observou-se redução da matéria seca total do capim-pé-de-galinha quando em proporções iguais e inferiores ao capim-sudão. Quando em proporções maiores, produziu acima do esperado. A produção acima da esperada também foi constatada para o capim-sudão quando em proporções iguais ao seu competidor na mistura. A PRT para matéria

seca total indicou prejuízo ao crescimento das espécies quando em proporções maiores do capim-sudão e benefício quando em proporções maiores do capim-pé-de-galinha, indicando que o capim-sudão foi um competidor mais agressivo (Figura 7 e Tabela 5).

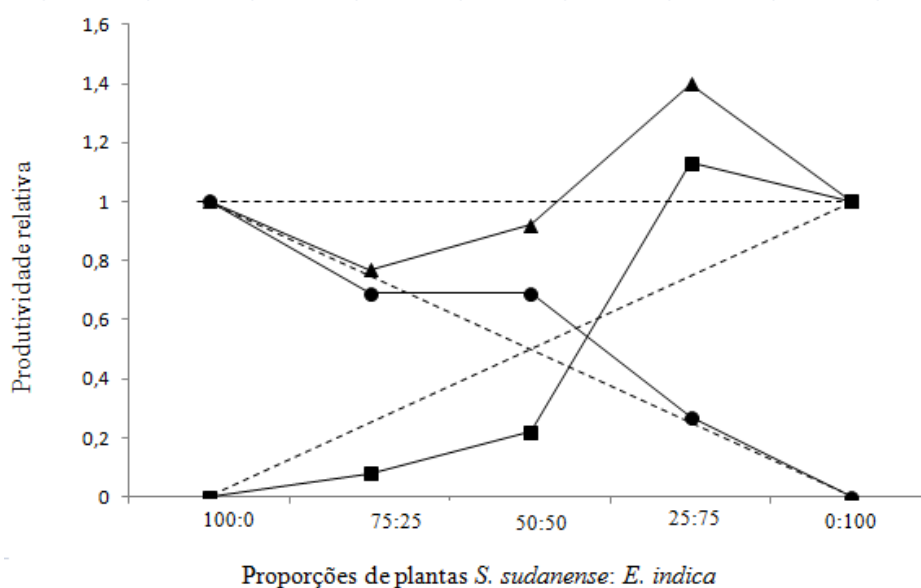


Figura 7 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para matéria seca total (raiz + parte aérea) de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com a soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.

Oliveira & Schreiner (1987) enfatizam que a competição entre plantas pode ocorrer de muitas formas, de modo que a produtividade de uma espécie pode aumentar ou diminuir em relação ao seu monocultivo. Passini (2001) verificaram que o feijão foi mais competitivo que o capim-marmelada quanto à variável matéria seca. Houve diferenciação parcial de nicho ecológico, sendo que as plantas competiram pelos mesmos recursos do meio, mas o feijão evita a presença do capim-marmelada. Zanine & Santos (2004) destacam que quando há alteração na proporção da população de plantas daninhas e cultivadas, pode haver também uma alteração na produção de matéria seca acumulada pelas plantas, em virtude da competição.

Em relação à estatura de plantas, foi observada significativa redução do capim-pé-de-galinha quando em proporções iguais e inferiores ao capim-sudão. Este, por sua vez, manteve a produtividade não sendo influenciado pela associação com o competidor. A PRT da estatura de plantas indicou prejuízo ao crescimento nas proporções de 75/25 e 50/50 de plantas de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, respectivamente, o que indica novamente que o capim-sudão foi mais competitivo (Figura 8 e Tabela 5).

Alguns estudos tentaram quantificar os fatores que proporcionam à cultura da soja maior habilidade competitiva com plantas daninhas e dentre eles a estatura de plantas, número de ramos e comprimento destes contribuíram para expressar maior capacidade de competição (BIANCHI et al., 2006b). No entanto, a matéria seca da parte aérea, a cobertura do solo pelo dossel da cultura e a produção

de grãos foram as características mais importantes (BIANCHI et al., 2006b).

Galon et al. (2011) verificaram que para a variável estatura de plantas, cultivares de cevada em competição com o azevém apresentaram valores acima dos esperados, indicando que houve benefício de crescimento para a cultura, na associação com a planta daninha.

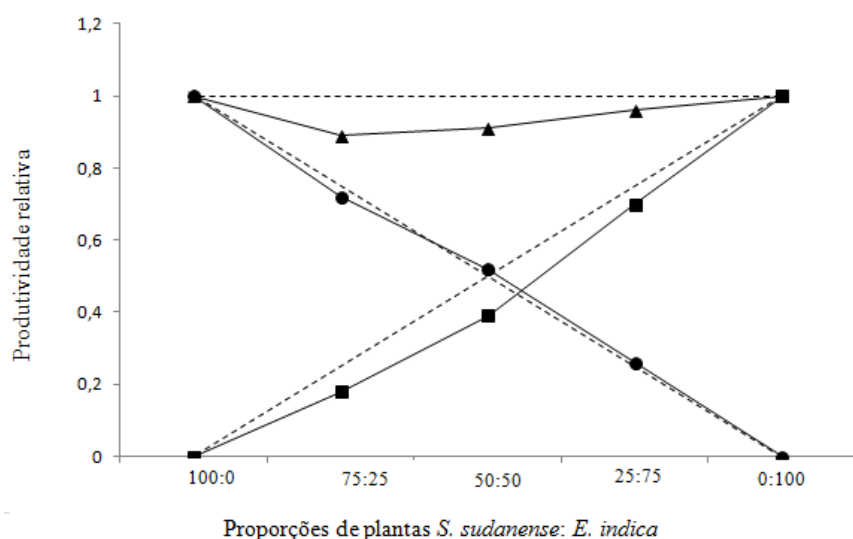


Figura 8 - Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de *S. sudanense* e *E. indica*, em função da proporção de plantas e em convivência com a soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011. (●) PR do *S. sudanense*, (■) PR de *E. indica* e (▲) PRT. Linhas tracejadas representam as produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra.



Os índices de competitividade (CR, K e A) indicaram que em proporções iguais de plantas, o capim-sudão foi mais competitivo que o capim-pé-de-galinha, para todas as variáveis estudadas, sendo que  $CR > 1$ ,  $K_a > K_b$  e  $A > 0$  (Tabela 6). Pelos mesmos índices de competitividade, Hoffman & Buhler (2002) demonstraram que o sorgo cultivado foi mais competitivo que o *Sorghum halepense*; o capim-arroz foi mais competitivo que cultivares de arroz irrigado (AGOSTINETTO et al., 2008); a soja mais competitiva que o arroz-vermelho (MORAES et al., 2009) e o triticale mais competitivo que a nabiça (YAMAUTI et al., 2011).

As relações de interferência entre as espécies diferem quando estão em estandes puros, com duas espécies ou com múltiplas espécies. Dessa forma, pelo presente trabalho, na associação entre o capim-sudão, capim-pé-de-galinha e a soja, o capim-sudão foi mais competitivo que o capim-pé-de-galinha. Ao contrário, na associação das mesmas plantas daninhas com a cultura do milho, o capim-sudão foi menos competitivo que o capim-pé-de-galinha (Tabela 3).

Tabela 6 – Índices de competitividade do capim-sudão e do capim-pé-de-galinha quando em convivência com a cultura da soja, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e agressividade (A). FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| Variáveis         | CR                   | $K_{s=\text{capim-sudão}}$ | $K_{c=\text{capim-pé-de-galinha}}$ | A                    |
|-------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------|
| MSPA <sup>1</sup> | 5,14 ( $\pm$ 0,51) * | 2,73 ( $\pm$ 0,12) *       | 0,17 ( $\pm$ 0,02) *               | 0,58 ( $\pm$ 0,01) * |
| MSR <sup>2</sup>  | 1,53 ( $\pm$ 0,15) * | 1,69 ( $\pm$ 0,23) *       | 0,72 ( $\pm$ 0,11) *               | 0,21 ( $\pm$ 0,04) * |
| MST <sup>3</sup>  | 3,13 ( $\pm$ 0,25) * | 2,27 ( $\pm$ 0,17) *       | 0,29 ( $\pm$ 0,03) *               | 0,47 ( $\pm$ 0,02) * |
| EP <sup>4</sup>   | 1,36 ( $\pm$ 0,08) * | 1,11 ( $\pm$ 0,07) *       | 0,63 ( $\pm$ 0,03) *               | 0,14 ( $\pm$ 0,03) * |

<sup>ns</sup> Não-significativo e \* significativo pelo teste t ( $p \leq 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o erro-padrão da média. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Ao verificar a resposta do capim-sudão à interferência com o capim-pé-de-galinha, observou-se que o capim-sudão sofreu por efeitos de competição intra-específica considerando a matéria seca da parte aérea e matéria seca total, sendo que os valores destas variáveis foram significativamente maiores nas proporções onde a espécie estava em menor proporção, comparado ao monocultivo. O contrário foi observado para o capim-pé-de-galinha, que obteve reduções nestas variáveis quando estava em menores proporções na mistura, o que indica que para esta espécie a competição inter-específica é mais importante. Para a matéria seca da raiz e estatura de plantas do capim-sudão, os valores não diferiram dos obtidos nos monocultivos. O capim-pé-de-galinha, para a variável estatura de plantas, mostrou valores significativamente menores quando estava

em menores proporções na mistura, em comparação ao seu monocultivo, o que sugere prevalência da competição inter-específica (Tabela 7).

Quando ocorre competição entre espécies no ambiente, um ou mais recursos indispensáveis ao crescimento encontram-se em quantidades limitadas para atender às necessidades das plantas envolvidas, assim pode ocorrer competição intra ou inter-específica (RADOSEVICH et al., 1997). Rejmánek et al. (1989) destacam que na competição entre plantas de tomate e de *Echinochloa crus-galli*, a interferência de uma planta da espécie daninha foi equivalente a 3,7 plantas de tomate, enquanto uma planta de tomate equivaleu-se a 0,14 plantas da espécie daninha. Dessa forma, a planta daninha mostrou ser mais competitiva. Na associação entre plantas de soja e papuã, houve antagonismo entre as espécies, de forma que não ocorreu dominância competitiva de uma espécie sobre a outra e, para ambas as espécies, a competição intra-específica foi mais importante que a competição inter-específica (AGOSTINETTO et al., 2009). Radosevich et al. (1997) destacam que, em geral, a competição intra-específica entre plantas cultivadas é mais severa que a competição inter-específica de plantas daninhas sobre culturas.

Tabela 7 – Resposta do capim-sudão à interferência com o capim-pé-de-galinha, aos 60 dias após a emergência da soja. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Proporções de plantas (capim-sudão/capim-pé-de-galinha)</b> |           |        |        |       |           |        |
|--|-----------|--------|--------|-------|-----------|--------|
| <b>Variáveis</b>   | 100/0 (T) | 75/25  | 50/50  | 25/75 | 0/100 (T) | CV (%) |
| <b>MSPA<sup>1</sup></b>  |           |        |        |       |           |        |
| Capim-sudão  | 3,28      | 2,84*  | 4,80*  | 3,45  | -         | 5,54   |
| Capim-pé-de-galinha  | -         | 0,25*  | 0,35*  | 2,05* | 1,20      | 7,92   |
| <b>MSR<sup>2</sup></b>   |           |        |        |       |           |        |
| Capim-sudão  | 1,77      | 1,78   | 2,19   | 2,01  | -         | 11,90  |
| Capim-pé-de-galinha  | -         | 0,33   | 0,41   | 0,50  | 0,50      | 32,39  |
| <b>MST<sup>3</sup></b>   |           |        |        |       |           |        |
| Capim-sudão  | 5,06      | 4,63   | 7,0*   | 5,47  | -         | 5,51   |
| Capim-pé-de-galinha  | -         | 0,58*  | 0,76*  | 2,56* | 1,69      | 10,12  |
| <b>EP<sup>4</sup></b>  |           |        |        |       |           |        |
| Capim-sudão  | 99,65     | 95,29  | 104,81 | 105   | -         | 8,78   |
| Capim-pé-de-galinha  | -         | 33,87* | 37,31* | 44,83 | 48,03     | 9,02   |

\* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). CV = coeficiente de variação. <sup>1</sup>MSPA: matéria seca da parte aérea; <sup>2</sup>MSR: matéria seca da raiz; <sup>3</sup>MST: matéria seca total (raiz + parte aérea); <sup>4</sup>EP: estatura de plantas.

Observou-se que a redução na matéria seca total de soja foi maior quando em convivência com proporções iguais de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, em comparação às monoculturas das espécies daninhas. O capim-sudão em monocultivo reduziu mais intensamente a matéria seca total da soja em comparação ao monocultivo com capim-pé-de-galinha (Tabela 8).

Tabela 8 - Matéria seca total de soja em convivência com diferentes proporções de capim-sudão e capim-pé-de-galinha, aos 60 DAE. FAMV/UPF, Passo Fundo/RS, 2011.

| <b>Tratamentos</b>                      | <b>Matéria seca total<br/>(g)</b> |
|---|-----------------------------------|
| 100% capim-sudão                        | 14,40 bc*                         |
| 75% capim-sudão/25% capim-pé-de-galinha | 16,35 b                           |
| 50% capim-sudão/50% capim-pé-de-galinha | 10,91 d                           |
| 25% capim-sudão/75% capim-pé-de-galinha | 12,96 cd                          |
| 100% capim-pé-de-galinha                | 22,07 a                           |
| CV (%)                                  | 7,82                              |

\* Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em experimentos de série de substituição entre plantas de *E. indica* e soja (capítulo I) ou plantas de *S. sudanense* e soja (Capítulo II), observou-se superioridade competitiva da cultura em relação à planta daninha, quando a densidade populacional era de aproximadamente 250 plantas m<sup>-2</sup>.

Pitelli (1985) ressalta que a composição específica da comunidade de plantas daninhas é fator de fundamental importância na determinação da competição, pois as espécies integrantes tem seus hábitos de crescimento diferenciados, bem como exigências nutricionais e demais recursos do meio. Para este autor, em comunidades com inúmeros indivíduos, cada organismo não cresce de acordo com seu potencial genético, mas de acordo com a quantidade de recursos que conseguir recrutar do meio, na intensa competição a que está submetido.

A caracterização da capacidade competitiva de culturas como soja e milho fornecem importantes subsídios para o melhoramento genético e o desenvolvimento de estratégias em sistemas de manejo integrado de plantas daninhas (FLECK et al., 2006).

Dessa forma, pelos dados obtidos no presente estudo, pode-se inferir que as interações competitivas entre plantas cultivadas e daninhas apresentam mudanças conforme as espécies envolvidas, a proporção que as mesmas se encontram na mistura e as interações com o meio. Efeitos verificados em misturas de duas espécies podem ser diferenciados dos obtidos em misturas de múltiplas espécies. É de fundamental importância conhecer os efeitos advindos das interferências entre espécies cultivadas e daninhas para que seja possível minimizar ao máximo as interações negativas sobre espécies de interesse.

#### **4 CONCLUSÕES**

Quando em infestações mistas com a cultura do milho, o capim-pé-de-galinha é mais competitivo que o capim-sudão. Entretanto, o capim-sudão reduz mais intensamente a matéria seca total do milho em comparação ao capim-pé-de-galinha.

Quando em convivência com a cultura da soja, observa-se maior competitividade do capim-sudão em relação ao capim-pé-de-galinha. As maiores reduções na matéria seca total da soja são verificadas na presença de proporções iguais das duas espécies daninhas.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos neste estudo confirmaram a hipótese de que, em proporções iguais de plantas daninhas e culturas, há superioridade competitiva para as culturas, o que pode ser mascarado no ambiente agrícola em virtude da maior densidade de plantas daninhas em uma lavoura, comparado às plantas cultivadas.

São necessários trabalhos adicionais que avaliem a competição em condições de campo, a fim de confirmar os resultados obtidos em casa-de-vegetação.

**REFERÊNCIAS**

AGOSTINETTO, D., FLECK, N.G., RIZZARDI, M.A.; BALBINOT JR., A.A. Perdas de rendimento de grãos na cultura de arroz irrigado em função da população de plantas e da época relativa de emergência de arroz-vermelho ou de seu genótipo simulador de infestação de arroz-vermelho. *Planta Daninha*, v. 22, n.2, p.175-183, 2004a.

AGOSTINETTO, D.; FLECK, N.G.; RIZZARDI, M.A.; BIANCHI, M.A.; SILVA, P.R.F. da. Comparação de modelos matemáticos na estimativa das perdas de produtividade de grãos em arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.9, p.847-856, 2004b.

AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; MORAES, P.V.D.; RIGOLI, R.P.; TIRONI, S.P.; PANOZZO, L.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de capim-arroz (*Echinochloa* spp.). *Planta Daninha*, v.26, n.4, p.757-766, 2008.

AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; GALON, L.; MORAES, P.V.D. de; FONTANA, L.C. Competitividade relativa da soja em convivência com papuã (*Brachiaria plantaginea*). *Scientia Agrária*, v.10, n.3, p.185-190, 2009.

BAGAVATHIANNAN, M.V.; NORSWORTHY, J.K.; JHA, P.; SMITH, K. Does resistance to propanil or clomazone alter the growth and competitive abilities of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*)? *Weed Science*, v.59, n.3, p.353-358, 2011.

BENSCH, C.N.; HORAK, M.J.; PETERSON, D. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. *Weed Science*, v.51, n.1, p.37-43, 2003.

BERGER, U.; PIOU, C.; SCHIFFERS, K.; GRIMM, V. Competition among plants: concepts, individual-based modeling approaches, and a proposal for a future research strategy. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v.9, n.3-4, p.121-135, 2008.



BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P. Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. *Ciência Rural*, v.36, n.5, p.1380-1387, 2006a.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; FEDERIZZI, L.C. Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. *Bragantia*, v.65, n.4, p.623-632, 2006b.

BLOSSEY, B.; NÖTZOLD, R. Evolution of increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: a hypothesis. *Journal of Ecology*, v.83, n.5, p.887-889, 1995.

BOOTH, B.D.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C.J. Interactions between populations I: competition and allelopathy. In: BOOTH, B.D.; MURPHY, S.D.; SWANTON, C.J. *Weed ecology in natural and agricultural Systems*. Wallingford: CAB International, 2003. 288p.

BUSSAN, A. J.; BURNSIDE, O. C.; ORF, J. H.; RISTAU, E. A.; PUETTMANN, K. J. Field evaluation of soybean (*Glycine max*) genotypes for weed competitiveness. *Weed Science*, v.45, n.1, p.31-37, 1997.

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

CARVALHO, F.P.; SANTOS, J.B.; CURY, J.P.; VALADÃO SILVA, D.; BRAGA, R.R.; BYRRO, E.C.M. Alocação de seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. *Planta Daninha*, v.29, n.2, p.373-382, 2011a.

CARVALHO, L.B. de; ALVES, P.L. da C. A.; MARTINS, J.V.F. Effects of plant density and proportion on the interaction between wheat with alexandergrass plants. *Bragantia*, v.70, n.1, p.40-45, 2011b.

CASPER, B.B.; JACKSON, R.B. Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v.28, n.1, p.545-570, 1997.

CASTRO, C.R.T. de.; GARCIA, R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. *Ciência Rural*, v.26, n.1, p.167-174, 1996.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Benefícios potenciais de plantas daninhas: I. Nutricêuticos e fitodescontaminantes ambientais. *Planta Daninha*, v.19, n.1, p.151-153, 2001.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. *Planta Daninha*, v.14, n.1, p.42-47, 1996.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. *Weed Technology*, v.5, n.3, p.664-673, 1991.

DAL MAGRO, T.; SOLDATELLI, P.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Supressão da dormência de sementes de capim pé de galinha (*Eleusine indica*). CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. *Anais...*, Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p.1177-1181.

DAL MAGRO, T.; SCHAEGLER, C.E.; FONTANA, L.C.; AGOSTINETTO, D.; VARGAS, L. Habilidade competitiva entre biótipos de *Cyperus difformis* L. resistente ou suscetível a herbicidas inibidores de ALS e destes com arroz irrigado. *Bragantia*, v.70, n.2, p.294-301, 2011.

DEUBER, R. *Ciência das plantas infestantes: manejo*. 2 ed. Campinas – SP: Degaspari, 1997. 285p.

DIAS, A.C.R.; CARVALHO, S.J.P.; MARCOLINI, L.W.; MELO, M.S.C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Competitiveness of Alexandergrass or Bengal Dayflower with soybean. *Planta Daninha*, v.28, n.3, p.515-522, 2010.

DIAS, M.A.N.; PINTO, T.L.F.; VAZ MONDO, V.H.; CICERO, S.M.; PEDRINI, L.G. Direct effects of soybean seed vigor on weed competition. *Revista Brasileira de Sementes*, v.33, n.2, p.346-351, 2011.

DIAS-FILHO, M.B. *Competição e sucessão vegetal em pastagens*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. (Documentos Online, 240).

DUARTE, J. de O. *Cultivo do milho: mercado e comercialização*. 6. ed. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistema de Produção, 1).

ESTORNINOS JR., L.E.; GEALY, D.R.; TALBERT, R.E. Growth response of rice (*Oryza sativa*) and red rice (*O. sativa*) in a replacement series study. *Weed Technology*, v.16, n.2, p.401-406, 2002.

FERREIRA, A.G.; AQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.12 (Edição especial), p. 175-204, 2000.

FERREIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.A.; REIS, M.R.; VARGAS, L.; VIANA, R.G.; GUIMARÃES, A.A.; GALON, L. Potencial competitivo de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). *Planta Daninha*, v.26, n.2, p.261-269, 2008.

FLECK, N.G.; CANDEMIL, C.R.G. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Ciência Rural*, v.25, n.1, p.27-32, 1995.

FLECK, N.G.; BIANCHI, M.A.; RIZZARDI, M.A.; AGOSTINETTO, D. Interferência de *Raphanus sativus* sobre cultivares de soja durante a fase vegetativa de desenvolvimento da cultura. *Planta Daninha*, v.24, n.3, p.425-434, 2006.

FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P.; SCHAEGLER, C.E.; FERREIRA, F.B. Resposta de cultivares de soja à competição com cultivar simuladora da infestação de plantas concorrentes. *Scientia Agraria*, v.8, n.3, p.213-218, 2007.

FLECK, N.G.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SCHAEGLER, C.E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e

biótipo de arroz-vermelho. *Planta Daninha*, v.26, n.1, p.101-111, 2008.

FLECK, N. G.; SCHAEGLER, C.E.; AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R.P.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S.P. Associação de características de planta em cultivares de aveia com habilidade competitiva. *Planta Daninha*, v.27, n.2, p. 211-220, 2009.

FONTANA, L.C.; MARKUS, C.; POLIDORO, E.; OLIVEIRA, C. de.; WESTENDORFF, N. da R.; AGOSTINETTO, D. Interferência entre soja (*Glycine max*) e milhã (*Digitaria ciliaris*). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., 2010, Pelotas. *Anais...*, Pelotas: UFPel, 2010.

GALON, L.; TIRONI, S.P.; ROCHA, P.R.R.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.F.; VARGAS, L.; SILVA, A.A.; FERREIRA, E.A.; MINELLA, E.; SOARES, E.R.; FERREIRA, F.A. Habilidade competitiva de cultivares de cevada convivendo com azevém. *Planta Daninha*, v.29, n.4, p.771-781, 2011.

GAVIRAGHI, F. *Chloris distichophylla: aspectos anatômicos e de manejo em seu controle*. 2012. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012. No prelo.

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.

HOFFMAN, M.L.; BUHLER, D.D. Utilizing *Sorghum* as a functional model of crop-weed competition. I. Establishing a competitive hierarchy. *Weed Science*, v.50, n.4, p.466-472, 2002.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A.F. da; PEREIRA, J.L.; SILVA, A.A. da; FERREIRA, L.R.; VIVIAN, R. Efeitos de densidade e época de emergência de *Brachiaria brizantha* em competição com plantas de milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 28, n.3, p. 373-378, 2006.

JUSKIW, P.E.; HELM, J.H.; SALMON, D.F. Competitive ability in mixtures of small grain cereals. *Crop Science*, v.40, n.1, p.159-164, 2000.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A.L.; OLIVEIRA, M.F. de. *Plantas daninhas na cultura do milho*. Sete Lagoas – MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica, 79).

KARAM, D. MELHORANÇA, A. L.; OLIVEIRA, M. F. de; SILVA, J. A. A. *Cultivo do milho: plantas daninhas*. 6. ed. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistema de Produção, 1).

KISSMANN, K.G. *Plantas infestantes e nocivas*. 2. ed. São Paulo: BASF Brasileira S.A., 1997. 825p. T.1.

KLINGAMAN, T.E., OLIVER, L.R. Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) interference in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, v.42, n.4, p.523-527, 1994.

KNEZEVIC, S.Z.; WEISE, S.F.; SWANTON, C.J. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) in corn (*Zea mays*). *Weed Science*, v.42, n.4, p.568-573, 1994.

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

KOZLOWSKI, L. A.; KOEHLER, H. S.; PITELLI, R. A. Épocas e extensões do período de convivência das plantas daninhas interferindo na produtividade da cultura do milho (*Zea mays*). *Planta Daninha*, v. 27, n.3, p.481-490, 2009.

KROPFF, M.J. Modelling the effects of weeds on crop production. *Weed Research*, v.28, n.6, p.465-471, 1988.

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

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

LEE, L. J.; NGIM, J. A first report of glyphosate-resistant goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaertn) in Malaysia. *Pest Management Science*, v.56, n.1, p.36-339, 2000.

LORENZI, H. *Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional*. 5. Ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 380p.

MALUF, A.M. Interferência interespecífica entre *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.5, p.723-732, 1999.

MARTINS, B.A.B.; CHAMMA, H.M.C.P.; DIAS, C.T.S.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Germinação de *Borreria densiflora* var. latifolia sob condições controladas de luz e temperatura. *Planta daninha*, v. 28, n.2, p. 301-307, 2010.

MARTINS, D. Interferência de capim-marmelada na cultura da soja. *Planta Daninha*, v.12, n.2, p.93-99, 1994.

McGILCHRIST, C.A.; TRENBATH, B.R. A revised analysis of plant competition. *Biometrics*, v.27, n.3, p.659-671, 1971.

MENNAN, H.; ISIK, D. The competitive ability of *Avena* spp. And *Alopecurus myosuroides* Huds. influenced by different wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, v.28, n.4, p.245-251, 2004.

MORAES, P.V.D.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; RIGOLI, L.P. Competitividade relativa de soja com arroz-vermelho. *Planta Daninha*, v.27, n.1, p.35-40, 2009.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P.L.C.A.; DIAS, T.C.S.; PAVANI, M.C.M.D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da

soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. *Planta Daninha*, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NISENSOHN, L., TUESCA, D., FACCINI, D., PURICELLI, E., VITTA, J. Factores biológicos que determinan la competencia de *Commelina erecta* con otras malezas em sistemas de cultivo. *Planta Daninha*, v. 29, n. 1, p. 97-106, 2011.

NORRIS, R.F.; ELMORE, C.L.; REJMÁNEK, M.; AKEY, W.V. Spatial arrangement, density, and competition between barnyardgrass and tomato: I. Crop growth and yield. *Weed Science*, v.49, n.1, p.61-68, 2001.

NUNES, A.L.; VIDAL, R.A.; TREZZI, M.M.; KALSING, A.; GOULART, I.C.G. dos R. Herbicidas no controle de *Chloris distichophylla* (Falso-capim-de-rhodes). *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.6, n.1, p.13-21, 2007.

OLIVEIRA, E.B. de; SCHREINER, H.G. Caracterização e análise estatística de experimentos de agrossilvicultura. *Boletim de Pesquisa Florestal*, v.1, n.15, p.19-40, 1987.

OLIVER, L.R.; FRANS, R.E.; TALBERT, R.E. Field competition between tall morningglory and soybean. *Weed Science*, v.24, n.5, p.482-488, 1976.

OVEJERO, R.F.L.; NOVO, M. do C. de S.S.; CARVALHO, S.J.P. de; NICOLAI, M.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento e competitividade de biótipos de capim-colchão resistente e suscetível aos herbicidas inibidores da acetil coenzima A carboxilase. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.1, p.1-8, 2007.

PASSINI, T. *Competitividade e predição de perdas de rendimento da cultura de feijão quando em convivência com Brachiaria plantaginea (Link) Hitchc.* 2001. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PASSINI, T.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; YADA, I.F.U. Competitivity of the common-bean plant relative to the weed alexandergrass

[*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch.] *Scientia Agricola*, v.60, n.2, p.259-268, 2003.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*, v.11, n.129, p.16-25, 1985.

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

PULIAFICO, K.P.; SCHWARZLÄNDER, M., PRICE, W.J.; HARMON, B.L.; HINZ, H.L. Native and exotic grass competition with invasive hoary cress (*Cardaria draba*). *Invasive Plant Science and Management*, v.4, n.1, p.38-49, 2011.

PURICELLI, E.C.; FACCINI, D.E.; ORIOLI, G.A.; SABBATINI, M.R. Spurred anoda (*Anoda cristata*) competition in narrow- and wide-row soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, v.17, n.3, p.446-451, 2003.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. Plant-plant associations. In: RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. *Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management*. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1997. 454p.

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

REJMÁNEK, M. ROBINSON, G.R.; REJMÁNKOVÁ, E. Weed-crop competition: experimental designs and models for data analysis. *Weed Science*, v. 37, n.2, p.276-284, 1989.

RIGOLI, R.P.; AGOSTINETTO, D.; SCHAEGLER, C.E.; DAL MAGRO, T.; TIRONI, S. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). *Planta Daninha*, v.26, n.1, p.93-100, 2008.



RIZZARDI, M.A.; FLECK, N.G.; VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A.; AGOSTINETTO, D. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. *Ciência Rural*, v.31, n.4, p.707-714, 2001.

RIZZARDI, M.A., FLECK, N.G., MUNDSTOCK, C.M., BIANCHI, M.A. Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guanxuma. *Ciência Rural*, v. 33, n.4, p.621-627, 2003.

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 de soja. *Planta Daninha*, v.22, n.1, p.29-34, 2004.

ROUSH, M.L.; RADOSEVICH, S.R.; WAGNER, R.G.; MAXWELL, B.D.; PETERSEN, T.D. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. *Weed Science*, v.37, n.2, p.268-275, 1989.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G. *Estratégias de manejo e arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho*. Lages: Graphel, 2010a. 64p.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G., RAMBO L. *Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos*. Lages: Graphel, 2010b. 87p.

SANTOS, J.B.; SILVEIRA, T.P.; COELHO, P.S.; COSTA, O.G.; MATTA, P.M.; SILVA, M.B.; DRUMOND NETO, A.P. Interferência de plantas daninhas na cultura do quiabo. *Planta Daninha*, v.28, n.2, p.255-262, 2010.

SILVA, P.S.L.; SILVA, P.I.B.; SILVA, K.M.B.; OLIVEIRA, V.R.; PONTES FILHO, F.S.T. Corn growth and yield in competition with weeds. *Planta Daninha*, v.29, n.4, p.793-802, 2011.

SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MAIOMONI-RODELLA, R.C.S. Efeito alelopático de plantas daninhas e concentrações de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de

eucalipto (*Eucalyptus grandis*. *Planta Daninha*, v.21, n.3, p.343-354, 2003.

TÁVORA, F.J.A.F.; SILVA, C.S.A. da; BLEICHER, E. Sistemas de consórcio do milho, sorgo e feijão-caupi em séries de substituição. *Revista Brasileira Agrociência*, v.13, n.3, p.311-317, 2007.

VALE, E.H.; PINTO, C. de M.; SIZENANDO FILHO, F.A.; PITOMBEIRA, J.B. Comportamento do girassol e feijão caupi consorciados em série de substituição. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.6, n.2, p.69-74, 2011.

VANGESSEL, M.J.; SCHWEIZER, E.E.; GARRETT, K.A.; WESTRA, P. Influence of weed density and distribution on corn (*Zea mays*) yield. *Weed Science*, v.43, n.2, p.215-218, 1995.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C.M.; ROMAN, E.S. *Manejo de plantas daninhas na cultura do milho*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. (Documentos Online, 61).

VIDAL, R., A.; SPADER, V.; LAMBERT, W.J.; BAUMAN, T.T.; MEROTTO JR., A.; FLECK, N.G. Análise comparativa da interferência de Poáceas na cultura do milho nos EUA e no Brasil. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.5, n.3, p.182-184, 1999.

VILÀ, M.; GÓMEZ, A.; MARON, J.L. Are alien plants more competitive than their native conspecifics? a test using *Hipericum perforatum* L. *Oecologia*, v.137, n.2, p.211-215, 2003.

VIVIAN, R.; SILVA, A.A.; GIMENES, Jr., M.; FAGAN, E.B.; RUIZ, S.T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve revisão. *Planta Daninha*, v.26, n.3, p.695-706, 2008.

VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P.; BRIGHENTI, A.M.; ADEGAS, F.S. Competição relativa de espécies de plantas daninhas com duas cultivares de soja. *Planta Daninha*, v.20, n.1, p.17-24, 2002.

VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P.; BRIGHENTI, A.M.; ADEGAS, F.S.; GAUDÊNCIO, C. de A.; VOLL, C.E. *A dinâmica das plantas*

*daninhas e práticas de manejo*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. (Documentos Online, 260).

WEST, A.M.; RICHARDSON, R.J.; ARELLANO, C.; BURTON, M.G. Bushkiller (*Cayratia japonica*) growth in interspecific and intraspecific competition. *Weed Science*, v.58, n.3, p.195-198, 2010.

YAMAUTI, M.S.; ALVES, P.L.C.A.; CARVALHO, L.B. Interações competitivas de triticale (*Triticum turgidosecale*) e nabiça (*Raphanus raphanistrum*) em função da população e proporção de plantas. *Planta Daninha*, v.29, n.1, p.129-135, 2011.

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