



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

LEONARDO BRUNETTO

**MANEJO DE CARURU-ROXO (*Amaranthus hybridus*) INFESTANTE DE
CULTURAS AGRÍCOLAS DE VERÃO**

ERECHIM

2022

LEONARDO BRUNETTO

**MANEJO DE CARURU-ROXO (*Amaranthus hybridus*) INFESTANTE DE
CULTURAS AGRÍCOLAS DE VERÃO**

Dissertação de mestrado, apresentada para o Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

**ERECHIM
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Brunetto, Leonardo
MANEJO DE CARURU-ROXO (*Amaranthus hybridus*)
INFESTANTE DE CULTURAS AGRÍCOLAS DE VERÃO / Leonardo
Brunetto. -- 2022.
83 f.:il.

Orientador: D. Sc. Leandro Galon

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da
Fronteira Sul, N, N, 2022.

1. Competição entre plantas. 2. Manejo integrado de
plantas daninhas. 3. Eficácia de herbicidas. 4.
Habilidade competitiva. I. Galon, Leandro, orient. II.
Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

LEONARDO BRUNETTO

**MANEJO DE CARURU-ROXO (*Amaranthus hybridus*) INFESTANTE DE
CULTURAS AGRÍCOLAS DE VERÃO**

Dissertação de mestrado, apresentada para o Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 29/03/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon– UFFS
Orientador

Prof. Dr. Gismael Francisco Perin- UFFS
Avaliador

Eng. Agrônomo Dr. Alexandre Ferreira da Silva- Embrapa Milho e Sorgo
Avaliador

MANEJO DE CARURU-ROXO (*Amaranthus hybridus*) INFESTANTE DE CULTURAS AGRÍCOLAS DE VERÃO

RESUMO

As plantas daninhas do gênero *Amaranthus* são infestantes de várias culturas de interesse agrônomo. Podem ocasionar prejuízos econômicos e/ou reduzir a qualidade do produto colhido. Essas espécies são consideradas agressivas quando em competição com as culturas por apresentarem ciclo fotossintético do tipo C₄, toleram temperaturas elevadas e estresse hídrico. Dentre elas o *A. hybridus* destaca-se devido a presença de biótipos resistentes a herbicidas, a elevada produção de sementes, rápido estabelecimento, crescimento e desenvolvimento. Diante disso, objetivou-se com o trabalho avaliar a eficácia de herbicidas aplicados em pré e pós-emergência, além da habilidade competitiva de *A. hybridus* infestando das culturas do milho, feijão e soja. Para avaliar a eficácia de herbicidas, aplicados em pré e pós emergência da planta daninha, foram instalados 2 experimentos em casa de vegetação, no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. No experimento I foram utilizados os herbicidas pré-emergentes: diclosulam, imazethapyr, imazethapyr+flumioxazin, S-metolachlor, atrazina, [atrazina+simazina], metribuzin, flumioxazin, sulfentrazone, [sulfentrazone+diuron] e uma testemunha sem herbicidas. No experimento II utilizou-se os herbicidas em pós-emergência: chlorimuron-ethyl, imazethapyr, mesotrione, glyphosate, diquat, metribuzin, atrazina, [mesotrione+atrazina], [atrazina+simazina], amonio-glufosinato, saflufenacil, carfentrazone, flumioxazin, fomesafen, 2,4-D colina e amina, dicamba e uma testemunha sem aplicação de herbicidas. O imazethapyr não apresentou bom controle, tanto quando aplicado em pré, como em pós emergência, bem como não demonstraram boa eficiência o diclosulam usado em pré e o chlorimuron-ethyl em pós-emergência. Os herbicidas atrazina e [atrazina+ simazina] demonstraram boa eficácia independentemente da modalidade de aplicação. A aplicação de [imazethapyr+ flumioxazin], flumioxazin, sulfentrazone e [sulfentrazone+diuron] em pré-emergência apresentou os melhores resultados de controle do até os 60 dias após a aplicação (DAT). O chlorimuron-ethyl e o imazethapyr usados em pós-emergência não demonstram efeito satisfatório de controle. Os experimentos envolvendo o estudo da habilidade competitiva das culturas do milho, feijão e soja em competição com *A. hybridus* foram instalados em casa de vegetação, nas combinações das proporções de 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100% ou 20:0, 15:5; 10:10; 5:15 e 0:20 plantas por vaso, da cultura *versus* planta daninha. Aos 50 dias após a emergência determinou-se variáveis morfológicas como a estatura, área foliar e massa seca da parte aérea das plantas e, as variáveis fisiológicas, para obtenção da taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração, concentração interna de CO₂, eficiência de carboxilação, eficiência de uso da água e o índice de clorofila. Os resultados obtidos permitem inferir que a competição do *A. hybridus* interfere negativamente nas variáveis morfológicas e fisiológicas do milho, feijão e da soja. A competição interespecífica foi mais prejudicial para as culturas do que a intraespecífica. O milho e o feijão demonstraram melhor habilidade competitiva na presença da infestante enquanto a soja foi mais afetada. O *A. hybridus* é uma planta daninha que deve ser controlada mesmo em baixas densidades de infestação em milho, feijão e soja pois ocasiona efeitos negativos no crescimento e desenvolvimento das culturas.

Palavras-chave: Competição entre plantas. Manejo integrado de plantas daninhas. Eficácia de herbicidas. Habilidade competitiva.

MANAGEMENT OF SMOOTH PIGWEED (*Amaranthus hybridus*) INFESTING SUMMER AGRICULTURAL CROPS

ABSTRACT

Amaranthus genus plants are weeds of several crops of agronomic interest, causing economic. Can cause reducing the quality of the harvested product. These species are considered aggressive when competing with crops due to have C₄ photosynthetic cycle, with high temperatures and water stress. Among them, *A. hybridus* stands out due to the presence of herbicide-resistant biotypes, has high seed production, rapid establishment, growth and development. In light of this, the objective of this work was evaluate herbicides efficacy when applied in pre and post-emergence, in addition to evaluate *A. hybridus* competitive ability when weed in corn, bean and soybean crops. In order to evaluate herbicide efficacy, applied in weed pre and post-emergence, it was installed 2 experiments in greenhouse, in randomized block design with four replications. In experiment I, it were used pre-emergent herbicides: diclosulam, imazethapyr, imazethapyr+flumioxazin, S-metolachlor, atrazine, [atrazine+simazine], metribuzin, flumioxazin, sulfentrazone, [sulfentrazone+diuron] and control, without herbicides. In experiment II, post-emergent herbicides were used: chlorimuron-ethyl, imazethapyr, mesotrione, glyphosate, diquat, metribuzin, atrazine, [mesotrione+atrazine], [atrazine+simazine], glufosinate-ammonium, saflufenacil, carfentrazone, flumioxazin, fomesafen, 2,4-D choline e amine, dicamba and a control without herbicide application. Imazethapyr did not show good control, both when applied pre and post emergence, as well as diclosulam in pre-emergence and chlorimuron-ethyl in post emergence. Herbicides atrazine and [atrazine+simazine] showed good efficacy regardless application modality. Application of [imazethapyr+ flumioxazin], flumioxazin, sulfentrazone e [sulfentrazone+diuron] in pre-emergence showed the best results controlling until 60 days after application. Chlorimuron-ethyl and imazethapyr in post-emergence of *A. hybridus* did not showed satisfactory control effect. Experiments about the study of competitive ability of corn, bean and soybean in competition with *A. hybridus* were carried out in greenhouse, in proportion combinations of 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 and 0:100% or 20:0, 15:5; 10:10; 5:15 and 0:20 plants per pot, crop versus weed. At 50 days after emergence, morphological variables such as height, leaf area and aerial part dry mass of the plants were determined, and, the physiological variables were determined to obtain the photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration, internal CO₂ concentration, carboxylation efficiency, water use efficiency and chlorophyll content. The results obtained allow us to infer that *A. hybridus* competition interferes negatively in the morphological and physiological variables of corn, bean and soybean. Interspecific competition was more harmful to crops than intraspecific competition. Corn and bean showed better competitive ability in *A. hybridus* presence while soybean was more negatively affected. *A. hybridus* must be controlled even at low infestation densities in corn, bean and soybean as it causes negative effects on crop growth and development.

Keywords: Competition between plants. Weed integrated management. Herbicides efficacy. Competitive ability.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	6
REFERÊNCIAS	11
ARTIGO I - EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE CARURU-ROXO (<i>Amaranthus hybridus</i>)	14
INTRODUÇÃO	15
MATERIAL E MÉTODOS	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
CONCLUSÕES.....	23
REFERÊNCIAS	24
ARTIGO II - HABILIDADE COMPETITIVA DE <i>Amaranthus hybridus</i> EM CONVIVÊNCIA COM MILHO	26
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS	43
ARTIGO III - HABILIDADE COMPETITIVA DE <i>Amaranthus hybridus</i> EM CONVIVÊNCIA COM FEIJÃO.....	46
INTRODUÇÃO	47
MATERIAL E MÉTODOS	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS	63
ARTIGO IV - HABILIDADE COMPETITIVA DE <i>Amaranthus hybridus</i> EM CONVIVÊNCIA COM SOJA	66
INTRODUÇÃO	67
MATERIAL E MÉTODOS	68
RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82

INTRODUÇÃO GERAL

As plantas daninhas podem ocasionar perdas de produtividade nos sistemas agrícolas, sendo elas diretas e/ou indiretas. Planta daninha é qualquer espécie vegetal que cresce em local indesejado, incluindo plantas voluntárias ou tiguerras em culturas cultivadas subsequentemente (LORENZI, 2014). Elas são consideradas indesejadas pelos diversos problemas que podem causar aos cultivos agrícolas, elevando o custo de produção, aumentando a concentração de inóculo de doenças, hospedando insetos pragas, aumentando os riscos com acidentes em rodovias, ferrovias e hidrovias pela falta de visibilidade, reduzindo à integridade de ambientes aquáticos e à geração de energia elétrica, dentre outras importantes interferências (PITELLI, 2015).

O gênero *Amaranthus*, conhecido popularmente como caruru, possui cerca de 60 espécies botânicas registradas no mundo, sendo aproximadamente dez consideradas plantas daninhas de lavouras em várias regiões do país. São espécies anuais, que apresentam reprodução sexuada e podem gerar até 200 a 600 mil sementes por planta (KISSMANN & GROTH, 1999; NETTO et al., 2016), podem atingir maturação fisiológica entre 80 e 90 dias após emergência (CARVALHO; CRISTOFFOLETI, 2008). Nas culturas agrícolas cultivadas no Estado do Rio Grande do Sul diversas espécies de *Amaranthus* infestam as lavouras, tais como: *A. viridis*, *A. deflexus*, *A. spinosus*, *A. hybridus*, *A. cruentus*, *A. muricatus*, *A. rosengurtii*, *A. blitum* e *A. retroflexus* (MARCHIORETTO, 2014).

As plantas daninhas do gênero *Amaranthus* são infestantes de várias culturas como, soja, milho, feijão, hortaliças, frutas, pastagens dentre outras, ocasionando danos econômicos ou mesmo a perda na qualidade do produto colhido. Quando em convivência com as culturas, competem por nutrientes, espaço, luz, água ou mesmo por serem hospedeiras de insetos e doenças que possam vir atacar as culturas (COSTA; RIZZARDI, 2015; FORTE et al., 2017; GALON et al., 2022). O *A. hybridus* pode ainda hospedar nematoides do gênero *Meloydogine* e ser tóxica quando ingerida por bovinos (KISSMANN; GROTH, 1999).

Os *Amaranthus* possuem ciclo fotossintético do tipo C₄, isso lhes confere maior capacidade de produção de fixação de carbono e melhor aproveitamento no uso da água, em relação a plantas com metabolismo C₃ (TAIZ; ZEIGER, 2017). Além disso, em condições de estresse hídrico reduz a taxa de expansão foliar, massa seca e a condutância estomática, evitando a desidratação dos tecidos foliares (LIU; STÜTZEL, 2004). Esses fatores possibilitam as plantas de *Amaranthus* a se adaptarem em ambientes distintos, podendo tolerar temperaturas

mais elevadas e estresse hídrico. Portanto, essa planta possui elevada habilidade em competir com espécies cultivadas, impactando significativamente na sua produtividade (VAZIN et al., 2012).

O *A. hybridus* dispõe de folhas com pecíolos longos e limbo com ápice ovalada ou lanceolada. O seu caule é ereto de cor roxo avermelhado e pouco ramificado. O comprimento do pecíolo apresenta metade do comprimento das lâminas foliares ou quase igual ao tamanho. As inflorescências são terminais e axilares, de coloração roxa para variedade *Paniculatus*, podendo ser ou não roxa na variedade *Patulus* (MOREIRA; BRAGANÇA, 2011; MARCHIORETTO, 2014).

Nas áreas agrícolas os *Amaranthus* são considerados de difícil controle, devido ao elevado banco de sementes viáveis que as espécies podem deixar no solo. Assim, garantem longevidade na germinação das plantas, sendo que estas apresentam rápido estabelecimento e desenvolvimento, com difícil identificação das espécies a campo, quando em estádios iniciais, devido às semelhanças na morfologia com outras espécies do gênero (HORAK; LOUGHIN, 2000; BARROSO et al., 2012; NETTO et al., 2016). O *A. hybridus* é considerada uma planta fotoblástica neutra, ou seja, a luz é um fator indiferente para que ocorra a germinação das sementes. As maiores taxas e velocidades de germinação são obtidas em condições de fotoperíodo com variação da temperatura de 8 h de luz a 30 °C e 16 h de escuro a 20 °C (CARVALHO; CRISTOFFOLETI, 2007).

A competição entre plantas afeta quantitativamente e qualitativamente a produção das culturas e modifica a eficiência de aproveitamento dos recursos do meio, tais como, água, luz e nutrientes (BIANCHI et al., 2006). Este fato, em muitas situações implica na necessidade de adoção de algum métodos de controle, elevando assim os custos de produção. Em uma comunidade de plantas, aquelas que se estabelecem primeiro, tendem a se beneficiar na competição pelos recursos do meio. Isso acarreta que menores quantidades de recursos ficarão disponíveis, aumentando o dano ao competidor (AGOSTINETTO et al., 2013). O *A. hybridus* possui boa germinação de sementes, rápido crescimento inicial, alto desenvolvimento de área foliar e acúmulo de massa seca (CARVALHO; CRISTOFFOLETI, 2007), características de boa competitividade entre plantas.

No estado do Rio Grande do Sul, destaca-se a produção de grãos, como soja, milho e feijão. Estas culturas, quando submetidas a competição com plantas daninhas, apresentam perdas de produtividades significantes. A cultura do feijão, apresentou perdas de produtividade variando de 30% a 91% quando infestada por *Ipomoea* spp., *Richardia brasiliensis*, *Bidens pilosa* e *Urochloa plantaginea* (VOGT et al., 2013; FRANCESCHETTI et al., 2019), além dos efeitos negativos na qualidade do produto. Em soja, Nepomuceno et al. (2007), constataram

perdas de até 46% na produtividade quando essa conviveu com *Alternanthera tenella*, *Senna obtusifolia* e *Panicum maximum*, podendo variar conforme métodos de cultivo adotado ou cultivar. Resultado similar foi obtido por Agostinetto et al., (2017), que observaram perdas de até 95% na produtividade da soja infestada com *Conyza bonariensis*. A interferência de plantas daninhas na cultura do milho, pode comprometer o crescimento e o desenvolvimento e refletir na produção e na qualidade dos grãos (LAMEGO et al., 2015). A ausência de controle da comunidade infestante pode ocasionar severas perdas de produtividade a cultura (SILVA et al., 2020). A competição de *A. hybridus* com a cultura do milho promoveu perdas de produtividade de 26% até 66% (SEVERINO et al., 2005). Ocorre diferenciação na habilidade competitiva de acordo com o híbrido de milho semeado nas lavouras. Galon et al., (2021) constataram que os híbridos são afetados negativamente quando convivem com as plantas daninhas, neste caso, o milho foi mais competitivo do que a *Ipomoea indivisa* e menos que a *Digitaria ciliaries*.

A soja, quando em competição com *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa*, apresentou menor produção de massa seca e área foliar, sendo afetada negativamente inclusive com baixas infestações das plantas daninhas (FORTE et al., 2017). Em experimento testando habilidade de competição de *A. hybridus* com feijão, foi observado que em mesmas densidades na convivência, a cultura mostrou-se mais competitiva, porém com reduções em suas variáveis morfológicas (CARVALHO et al., 2008). Normalmente, em condições de lavouras, as plantas daninhas ocorrem em densidades mais elevadas, o que as faz assim apresentarem boa habilidade competitiva (AGOSTINETTO et al., 2013; FORTE et al., 2017; FRANDOLOSO et al., 2019).

Para o controle de plantas daninhas os herbicidas são ferramentas importantes pela eficácia, rapidez e menor custo quando comparado a outros métodos de controle (CHAUHAN et al. 2012). Destaca-se que os herbicidas devem ser aplicados e usados de acordo com as recomendações técnicas, tomando-se os cuidados necessários para evitar danos as culturas, ao ambiente, ao homem e aos animais. A eficácia de um herbicida depende de diversos fatores, como, dose aplicada, das características das espécies, do estágio de desenvolvimento da planta daninha, das técnicas de aplicação, das características edafoclimáticas, dentre outras (PROCÓPIO et al., 2003).

Com o desenvolvimento das culturas resistentes ao glyphosate (Roundup Ready - RR), esse herbicida passou a ser utilizado quase de forma exclusiva nas lavouras (NUNES et al., 2018). Isso pode ser considerado um problema, pois o uso intensivo aumenta a pressão de seleção favorecendo o aumento da frequência de espécies resistentes. Com o passar do tempo esta tecnologia vem perdendo a sua efetividade, em virtude do surgimento das plantas daninhas resistentes ou mesmo pelas tolerantes ao glyphosate (VARGAS, 2016; MATTE et al., 2019).

Dessa maneira, a associação e rotação de herbicidas, de diferentes mecanismos de ação, devem ser consideradas no manejo de plantas daninhas de difícil controle (RIAR et al., 2013; GAZZIERO, 2015). Neste cenário, o uso de herbicidas pré-emergentes tem se destacado como uma alternativa para inserção de um novo mecanismo de ação e favorecer o estabelecimento da cultura no limpo (GALON et al., 2017).

No ano de 2018, foi identificado no Brasil casos de resistência de *A. hybridus* aos herbicidas glyphosate e chlorimuron-ethyl (HEAP, 2022). As populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas se desenvolvem em função do seu manejo equivocado (ULGUIM et al., 2013; REDLICK et al., 2017; NANDULA et al., 2019; KANATAS et al., 2021). A sua disseminação vem resultando em problemas para o agricultor, dificultando o controle e o tornando oneroso. O manejo de plantas daninhas resistentes, em alguns casos, pode aumentar os gastos com herbicidas entre 200% e 400% (VARGAS et al., 2016).

Ao mesmo tempo em que se observa plantas daninhas resistentes a herbicidas, tem-se a necessidade de se entender a relação de interferência dessas espécies ao infestarem as plantas cultivadas. Esta compreensão permite a elaboração de estratégias que possibilitam diminuir o uso de herbicidas e adoção do manejo integrado de plantas daninhas (GALON et al., 2016). Para isso, o desenvolvimento de trabalhos que visam identificar a habilidade competitiva de plantas daninhas é relevante, principalmente, quando essas informações são escassas, como é o caso do *A. hybridus*.

Poucos trabalhos buscam identificar as melhores alternativas para o controle químico desta espécie. Pesquisas desta natureza são importantes para avaliar a eficácia de herbicidas que podem possibilitar a rotação de mecanismos de ação para o controle, evitando assim, uso repetitivo de glyphosate e a proliferação dos biótipos resistentes nas lavouras.

Pretende-se com este trabalho, reunir informações que permitam o melhor entendimento sobre a habilidade competitiva de *A. hybridus* e sua influência sobre o crescimento e o desenvolvimento, ao conviver com milho, feijão e soja. Além disso busca-se também avaliar a eficácia de diferentes herbicidas aplicados em pré e pós-emergência para o seu controle. Assim, proporcionar aos produtores informações técnicas científicas, que irão auxiliar na tomada de decisão, frente a adoção de métodos de manejo mais efetivos. Desse modo, tem-se a possibilidade de reduzir os custos de produção, os potenciais impactos ao ambiente e aos produtores, causados pelo uso inadequado dos herbicidas

As hipóteses deste trabalho são: a) O *A. hybridus* apresenta suscetibilidade diferencial a herbicidas de diferentes mecanismos de ação, quando aplicados em sua pré e pós-emergência; b) O *A. hybridus* ocasiona redução nas variáveis morfológicas e fisiológicas das culturas do

milho, feijão e soja; c) Ocorre competição pelos mesmos recursos disponíveis no meio entre as espécies cultivadas e daninhas.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO D. et al. Soybean yield loss and economic thresholds due to glyphosate resistant hairy flea-bane interference. *Arquivo do Instituto Biológico*. v.84, p. e0022017, 2017.
- AGOSTINETTO, D. et al. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.10, p.1315-1322, 2013.
- BARROSO, A. A. M. et al. Efeito da densidade e da distância de caruru-de-mancha e amendoim-bravo na cultura do feijoeiro. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 47-53, 2012.
- 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, 2006.
- CHAUHAN, B. S.; SINGH, R. G.; MAHAJAN, G. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. **Crop Protection**, v. 38, p. 57-65, 2012.
- CARVALHO, S. J. P de; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007.
- CARVALHO, S.J.P. de; CHRISTOFFOLETI, P.J. Competition of *Amaranthus* species with dry bean plants. **Scientia Agricola**, v. 65, p.239-245, 2008.
- COSTA, L. O.; RIZZARDI, M. A. Habilidade competitiva de trigo em convivência com biótipos de *Raphanus raphanistrum* L. resistente e suscetível aos herbicidas inibidores de ALS. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.2, p. 121-130, 2015.
- FORTE, C. T. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 185-193, 2017.
- FRANCESCHETTI, M. B. et al. Interference of *Urochloa plantaginea* on morphophysiology and yield components of black beans. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 9, p.272-280, 2019.
- FRANDOLOSO, F. et al. Competition of maize hybrids with alexandergrass (*Urochloa plantaginea*). **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 9, p. 1447-1455, 2019.
- GALON, L. et al. Fitorremediação de solo contaminado com herbicidas inibidores de FSII e de ALS. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, n.4, p.307-324, 2017.
- GALON, L. et al. Habilidade competitiva de alface com azevém. **Planta Daninha**, v. 34, n. 2, p. 239-248, 2016.
- GALON, L. et al. Weed interference period and economic threshold level in barley. **Journal of Plant Protection Research**, v.62, n.1, p.1-16, 2022.
- GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v.33, n.1, p.83-92, 2015.

- HEAP, I.A. (2022). **Criteria for confirmation of the herbicide-resistant weeds**. Disponível em: <http://weedscience.org/Pages/Species.aspx>. Acesso em: 06/02/2021.
- HORAK, M. J.; LOUGHIN, T.M. Growth analysis of for *Amaranthus* species, **Weed Science**, v.48, n.3, p. 347-355, 2000.
- KANATAS, P. et al. Screening glyphosate-alternative weed control options in important perennial crops. **Weed Science**, v. 69, n. 6, p. 704-718, 2021.
- KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. São Paulo: BASF, v.2, p. 978, 1999.
- LAMEGO, F.P. et al. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.1, p.97-105, 2015.
- LIU, F.; STÜTZEL, H. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to soil drying. **European Journal of Agronomy**, v. 16, n. 2, p. 137-150, 2004.
- LORENZI, H. **Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas**: Plantio direto e convencional. Plantarum, ed.7, p.338, 2014.
- MARCHIORETTO, M. S. Chaves de identificação dos gêneros e espécies de Amaranthaceae no Rio Grande do Sul. **Botânica**, v. 65, n. 65, p. 123-128, 2014.
- MATTE, W.D. et al. Residual Activity of Sulfentrazone Applied to Soybean on Cotton Crop in Succession. **Planta Daninha**. v. 37 n. e019187015. 2019.
- MOREIRA, H. J. da C.; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes**. FMC Agricultural Products, Campinas, 1017p, 2011.
- NANDULA, V. K. et al. Herbicide metabolism: crop selectivity, bioactivation, weed resistance, and regulation. **Weed Science**, v. 67, n. 2, p. 149-175, 2019.
- NEPOMUCENO, M. et al. 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.
- NETTO, A, G. et al. Multiple resistance of *Amaranthus palmeri* to ALS and EPSPS inhibiting herbicides in the State of Mato Grosso, Brasil. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 581-587, 2016.
- NUNES, A. L. et al. A Multy-Year Study Reveals the Importance of residual herbicides on weed control in glyphosate-resistant soybean. **Planta Daninha**, v. 36, n.1, p. 1-10, 2018.
- PITELLI, R. A. O termo planta-daninha. **Planta Daninha**. v. 33, n. 3, p. 1-2, 2015.
- PROCÓPIO, S. O. et al. **Anatomia foliar de plantas daninhas do Brasil**. Viçosa, MG: Edição dos Autores, v. 1, p. 118, 2003.

REDLICK, C. et al. Developing an integrated weed management system for herbicide-resistant weeds using lentil (*Lens culinaris*) as a model crop. **Weed Science**, v. 65, n. 6, p. 778-786, 2017.

RIAR, D.S et al. Adoption of best management practices for herbicide-resistant weeds in midsouthern united states cotton, rice, and soybean. **Weed Technology**, v.27, n.4, p.788-797, 2013.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferência mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. I implicações sobre a cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, v.23, n. 4, p. 589-596, 2005.

SILVA, M. R. et al. Weed management in glyphosate-resistant maize. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.87, p. 1-9, n. e0862019, 2020.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 888, 2017.

ULGUIM, A. R. et al. Manejo de capim pé-de-galinha em lavouras de soja transgênica resistente ao glifosato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.48, n.1, p.17-24, 2013.

VARGAS, L et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHEDE, D. K.; GAZZIERO, D. L. P. **A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem**. Londrina: Midiograf II, p. 219-239. 2016.

VAZIN, F. The effects of pigweed redroot (*Amaranthus retroflexus*) weed competition and its economic thresholds in corn (*Zea mays*). **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 477-485, 2012.

VOGT, G.A. et al. Competitive ability of black common bean genotypes with weeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 5, p. 397-403, 2013.

ARTIGO I - EFICÁCIA DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE CARURU-ROXO
(*Amaranthus hybridus*)

EFFICACY OF HERBICIDES IN CONTROL OF SMOOTH PIGWEED (*Amaranthus hybridus*)

RESUMO

Para se ter êxito no controle de *A. hybridus* é necessário o adequado posicionamento de herbicidas. Assim sendo, objetivou-se com o trabalho avaliar a eficácia de herbicidas aplicados em pré e/ou pós-emergência para o controle de *A. hybridus*. Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação. O primeiro avaliou a eficácia dos herbicidas pré-emergentes; diclosulam, imazethapyr, [imazethapyr+flumioxazin], S-metolachlor, atrazina, [atrazina+simazina], metribuzin, flumioxazin, sulfentrazone, [sulfentrazone+diuron], mais uma testemunha infestada. O segundo avaliou a eficácia dos pós-emergentes; chlorimuron-ethyl, imazethapyr, mesotrione, glyphosate, diquat, metribuzin, atrazina, [mesotrione+atrazina], [atrazina+simazina], glufosinato de amônio, saflufenacil, carfentrazone, flumioxazin, fomesafen, 2,4-D colina, 2,4-D amina, dicamba, em pós-emergência, mais uma testemunha sem aplicação. O imazethapyr não apresentou bom desempenho em pré e pós-emergência, assim como não tiveram boa eficiência o diclosulam usado em pré e o chlorimuron-ethyl em pós-emergência. O uso de atrazina e [atrazina+ simazina] demonstraram-se com boa eficácia em ambos os experimentos. A aplicação de [imazethapyr+ flumioxazin], flumioxazin, sulfentrazone e [sulfentrazone+diuron] em pré-emergência apresentaram os melhores resultados de controle do *A. hybridus*. Os herbicidas chlorimuron-ethyl e imazethapyr aplicados em pós-emergência de *A. hybridus* não demonstram efeito satisfatório para o controle de *A. hybridus*.

Palavras-chave: Manejo Químico. Planta Daninha. Sistemas de produção.

ABSTRACT

In order to success controlling *A. hybridus*, adequate herbicide placement is necessary. Thus, the objective of this work was to evaluate herbicide efficacy applied on pre and/or post-emergence for *A. hybridus* control. Experiments in greenhouse were carried out, in the first, it was applied the pre-emergent herbicides; diclosulam, imazethapyr, [imazethapyr+flumioxazin], S-metolachlor, atrazine, [atrazine+simazine], metribuzin, flumioxazin, sulfentrazone, [sulfentrazone+diuron], in addition to an infested control. The second experiment, it was used the herbicides chlorimuron-ethyl, imazethapyr, mesotrione, glyphosate, diquat, metribuzin, atrazine, [mesotrione+atrazine], [atrazine+simazine], glufosinate-ammonium, saflufenacil, carfentrazone, flumioxazin, fomesafen, 2,4-D choline, 2,4-D amin, dicamba, plus a control without application. Imazethapyr did not perform well in pre and post-emergence, as diclosulam used in pre-emergence and chlorimuron-ethyl in post-emergence. Atrazine and [atrazine + simazine] had good efficacy in both experiments. Application of [imazethapyr+ flumioxazin], flumioxazin, sulfentrazone and [sulfentrazone+diuron] in pre-emergence showed the best results for *A. hybridus* control. The herbicides chlorimuron-ethyl and imazethapyr applied in *A. hybridus* post-emergence do not demonstrate satisfactory effect for *A. hybridus* control.

Keywords: Chemical management. Weed. Productions systems.

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem evoluindo constantemente nos últimos anos. O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores de grãos do mundo, com expectativa de produzir 125,47 milhões de toneladas de soja, 112,34 milhões de toneladas de milho e 3,06 milhões de toneladas de feijão na safra 2021/22 (CONAB, 2022). Pode-se atingir maiores produtividades ou aumentar ainda mais a produção, porém há vários desafios que são enfrentados e ainda estão presentes no setor. Um deles é o controle insatisfatório de plantas daninhas infestantes das lavouras que causam elevadas perdas em quantidade e qualidade dos grãos colhidos (GALON et al., 2017).

Entre os métodos de controle, o químico se destaca, em especial para a agricultura em larga escala. Isto pode ser atribuído a sua eficácia, rapidez e menor custo quando comparado a outras práticas de controle (SANTOS et al., 2013).

A associação e rotação de herbicidas, aplicados em pré-emergência e/ou pós-emergência, de diferentes mecanismos de ação, devem ser consideradas no manejo das plantas daninhas (RIAR et al., 2013; GAZZIERO, 2015; MARTINS et al., 2020). Assim como, o uso de herbicidas pré-emergentes com efeito residual prolongado no solo, para reduzir os fluxos de emergência das plantas daninhas durante o estabelecimento da cultura (VIECELLI et al., 2021).

O *A. hybridus* (caruru-roxo), se destaca como uma importante planta infestante, principalmente, no sul do Brasil. Essa espécie apresenta metabolismo fotossintético do tipo C₄, rápido estabelecimento e desenvolvimento inicial, considerada de difícil controle devido a elevada produção de sementes viáveis, garantindo elevada densidade e longevidade do banco de sementes, além da presença de biótipos resistentes a herbicidas. O *A. hybridus* é uma espécie de difícil identificação a campo quando em estádios iniciais por possuir semelhanças com outras espécies do gênero *Amaranthus* (NETTO et al., 2016).

Em 2018 foram identificados casos de resistência no Brasil de biótipos de *A. hybridus* aos herbicidas glyphosate e chlorimuron-ethyl (inibidores de aceto lactato sintetase - ALS e da enol-piruvil-shiquimato-fosfato sintase - EPSPs, respectivamente) e em outros países essa espécie também apresenta resistência aos mimetizadores de auxinas (2,4-D e dicamba), inibidores de FS II (atrazina e metribuzim), de ALS (imazethapyr e imazamox) e de Protox (lactofen, fomesafen e sulfentrazone) (HEAP, 2022).

Este cenário demonstra a importância da adoção de programas de manejo integrados, como o uso de dessecantes, em conjunto com práticas culturais e o adequado posicionamento de herbicidas aplicados na modalidade de pré e/ou pós-emergência (RIAR et al., 2013).

A hipótese do trabalho é que o *A. hybridus* apresenta sensibilidade diferencial aos herbicidas pertencentes a diferentes mecanismos de ação quando aplicados em sua pré e/ou pós-emergência. Desse modo, objetivou-se com o trabalho, avaliar a eficiência dos herbicidas aplicados em pré e pós-emergentes para o controle de *A. hybridus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus Erechim* (RS), nas coordenadas geográficas com latitude 27°43'44"S e longitude 52°17'15"W, com altitude de 754 m, no ano de 2021.

Os experimentos foram instalados em delineamento de bloco casualizados, com quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com capacidade para 3,0 dm³, preenchidos com solo, classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (EMBRAPA, 2013). A análise físico-química do solo correspondeu a: pH em água de 4,8; M.O. = 4,9%; P = 7,1 mg dm⁻³; K = 408,0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,4 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 38,6 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 12,3 cmol_c dm⁻³; CTC_{efetiva} = 8,9 cmol_c dm⁻³; CTC_{pH7} = 14,8 cmol_c dm⁻³; H+Al = 6,2 cmol_c dm⁻³; Saturação de bases = 58%; e Argila = 56%.

Para o experimento I, foram utilizados os herbicidas aplicados em pré-emergência da planta daninha. As unidades experimentais foram infestadas com sementes de *A. hybridus*. As sementes foram coletadas em 21/05/2020 nas coordenadas geográficas latitude 27°43'59.8"S e longitude 52°47'53.0"W e altitude de 601 m, no município de Ronda Alta (RS) em lavoura com histórico de cultivo de soja de pelo menos duas safras. Imediatamente após o semeio foi realizada a aplicação dos tratamentos (Tabela 1).

No experimento II foram utilizados os herbicidas em pós-emergência. As unidades experimentais foram constituídas por duas plantas de *A. hybridus*, o que equivale a uma infestação de 44,25 plantas m⁻². As plantas receberam os tratamentos (Tabela 2), quando apresentavam quatro folhas desenvolvidas. As sementes utilizadas nesse experimento eram provindas da mesma localidade descrita no experimento I. As sementes inicialmente foram semeadas em bandejas de polietileno e quando estavam com os cotilédones desenvolvidos foram transplantadas para as unidades experimentais definitivas com capacidade para 3 dm⁻³ de

solo. O solo utilizado no experimento II apresenta as mesmas características do utilizado no experimento I.

Tabela 1. Tratamentos, doses e empresas fabricantes dos produtos aplicados em pré-emergência de *A. hybridus*. Experimento I. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Tratamentos	Dose (L/kg i.a ha ⁻¹)	Dose P.C (L/kg ha ⁻¹)	Nome Comercial	Empresa fabricante
T01 - Diclosulam	0,025	0,030	Spider 840 WG	Dow Agrosiences
T02 - Imazerthapyr	0,100	0,500	Pivot	Basf
T03 - [Imazerthapyr+flumioxazin]	0,120+0,060	0,600	Zethamaxx	Sumitomo
T04 - S-metolachlor	1,440	1,500	Dual Gold	Syngenta
T05 - Atrazina	3,250	6,500	Atrazina	Nortox
T06 - [Atrazina+simazina]	2,000+2,000	8,000	Primatop SC	Syngenta
T07-Metribuzin	0,480	1,000	Sencor 480	Bayer
T08 - Flumioxazin	0,060	0,120	Flumizym 500	Sumitomo Chemical
T09 - Sulfentrazone	0,600	1,200	Boral 500 SC	FMC
T10 - [Sulfentrazone+ diuron]	0,210+	1,200+0,420	Stone	FMC
T11 - Testemunha sem herbicidas	---	---	---	---

i.a: ingrediente ativo. P.C: produto comercial.

Os herbicidas utilizados nos experimentos I e II foram aplicados com o solo em capacidade de campo, sem presença de palha na superfície. A umidade relativa do ar se encontrava em 60%, temperatura de 24°C e vento de 3 km h⁻¹. No dia seguinte a aplicação, foi realizado irrigação das unidades experimentais com 6 mm de água, dividido em três momentos. Quando as plantas estavam desenvolvidas, foi realizado irrigação por aspersão, automatizada, mantendo o solo em capacidade de campo. Os herbicidas usados no trabalho foram os recomendados para às culturas da soja, feijão, milho e para dessecações em pré-semeadura. As doses aplicadas de acordo com a recomendação do fabricante, expressas nas Tabelas 1 e 2.

A aplicação dos tratamentos foi efetuada com pulverizador costal de precisão, pressurizado a CO₂, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque modelo DG 110-02, distanciadas em 0,5 m entre si, com pressão constante de 2,0 kgf cm⁻², o que pulverizou um volume de calda de 150 L ha⁻¹.

As avaliações de controle para os dois experimentos foram realizadas visualmente aos 7, 14, 21, 30, 45 e 60 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). Foram atribuídas notas percentuais de 0% aos tratamentos com ausência de controle de e 100% para a morte da planta daninha, de acordo com a metodologia proposta pela SBCPD (1995).

Tabela 2. Tratamentos com doses, nome comercial, empresa fabricante e adjuvante aplicados em pós-emergência. Experimento II. UFFS. Erechim, 2020.

Tratamentos	Dose (L/kg i.a ha ⁻¹)	Dose P.C (L/kg ha ⁻¹)	Nome Comercial	Empresa fabricante	Adjuvante	(%v/v)
T01- Chlorimuron ethyl	0,018	0,070	Classic	Du pont	Assist	0,5
T02- Imazethapyr	0,100	1,000	Pivot	Basf	Assist	0,5
T03- Mesotrione	0,192	0,400	Calisto	Syngenta	Assist	0,5
T04- Glyphosate	1,440	3,000	Roundup	Monsanto	-	-
T05- Diquat	0,400	2,000	Reglone	Syngenta	Agral	0,1
T06- Metribuzim	0,480	1,000	Sencor 480	Bayer	Assist	0,5
T07- Atrazina	3,250	6,500	Atrazina	Nortox	Assist	0,5
T08- Mesotrione + atrazina	0,100+1,000	2,000	Calaris	Syngenta	Assist	0,5
T09- Atrazina +Simazina	2,000+2,000	8,000	Primatop	Syngenta	Assist	0,5
T10- Glufosinato de amônio	0,400	2,000	Finale	Basf	Assist	0,2
T11- Saflufenacil	0,053	0,075	Heat	Basf	Assist	0,5
T12- Carfentrazone	0,030	0,075	Aurora	FMC	Assist	0,5
T13- Flumioxazin	0,020	0,040	Flumizym	Sumitomo	Assist	0,25
T14- Fomesafen	0,250	1,000	Flex	Syngenta	Ochima	0,2
T15- 2,4-D colina	0,286	1,000	Enlist	Corteva	Assist	0,5
T16- 2,4-D amina	1,209	1,500	Aminol	Adama	Assist	0,5
T17- Dicamba	0,480	1,000	Atectra	Basf	Assist	0,5
T18- Testemunha sem herbicidas	---	---	---	---	---	---

i.a:ingrediente ativo. P.C: Produto comercial.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e em havendo significância aplicou-se o teste de Scott-Knott a $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a eficácia dos herbicidas aplicados em pré-emergência [imazethapyr+ flumioxazin], flumioxazin, sulfentrazone e [sulfentrazone+ diuron] apresentaram os melhores níveis de controle de *A. hybridus* até 60 DAT. Atrazina e [atrazina+ simazina] também apresentaram bons resultados de controle, acima de 80%. Ressalta-se que para um herbicida ser considerado eficiente, com controle aceitável de uma planta daninha, o produto deve apresentar eficácia mínima de 80% (OLIVEIRA et al., 2009).

Os tratamentos envolvendo os herbicidas pertencentes ao mecanismo de ação inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS), diclosulam e imazethapyr, apresentaram controle satisfatórios apenas até os 7 DAT. Após foi detectado decréscimo constante de eficiência até o final do período de avaliações (Tabela 3). Já foram relatados vários casos de resistência de *A. hybridus* ao imazethapyr em vários países (HEAP, 2022). Os resultados obtidos neste estudo, demonstram a possível tendência de resistência cruzada aos herbicidas dos grupos químicos das

imidazolinonas, sulfoniluréias e triazolpirimidinas. Este fato, já foi relatado para biótipos dessa espécie nos Estados Unidos (WHALEY et al., 2006).

O herbicida formulado comercialmente com a mistura de [imazethapyr+flumioxazin] apresentou bom desempenho. Observou-se eficiência acima de 99% em todas as avaliações. Este tratamento não diferiu do flumioxazin aplicado de forma isolada, o qual obteve 100% de controle até os 45 DAT, decrescendo aos 60 DAT para 98,5% (Tabela 3). Estes resultados, corroboram com estudos realizados por Martins et al. (2020), os quais identificaram bom nível de controle de *A. hybridus* pelo flumioxazin. Assim, é possível inferir que o flumioxazin de forma isolada proporciona bom desempenho no controle de *A. hybridus*, não apresentando diferença significativa ao se adicionar imazethapyr, uma vez que este herbicida aplicado isolado não demonstrou controle satisfatório, em especial após os 7 DAT. Provavelmente, o baixo desempenho do imazethapyr pode ser atribuído ao fato do biótipo utilizado nesse ensaio ter provável resistência aos inibidores de ALS, conforme já relatado anteriormente.

Tabela 3. Controle (%) de caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*) em função da aplicação de herbicidas em pré-emergência. UFFS, Campus Erechim/RS, ano 2021.

Tratamentos	Controle (%) de caruru-roxo					
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT
T1-Diclosulam	93,25 b ²	71,75 c	61,75 c	68,75 c	61,25 b	57,00 c
T2-Imazethapyr	85,00 c	60,00 d	55,75 d	54,5 d	42,50 c	40,00 d
T3- [Imazethapyr+ Flumioxazin]	99,75 a	100,00 a	100,00 a	99,75 a	100,00 a	99,50 a
T4-S-metolachlor	78,00 d	81,25 b	91,50 b	96,00 a	95,00 a	90,75 b
T5-Atrazina	92,75 b	97,50 a	97,25 a	95,75 a	89,00 a	82,50 b
T6- [Atrazina + simazina]	90,50 b	96,25 a	97,75 a	98,00 a	97,25 a	90,00 b
T7-Metribuzin	84,75 c	83,50 b	89,50 b	75,00 b	43,75 c	25,00 e
T8-Flumioxazin	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	98,50 a
T9-Sulfentrazone	100,00 a	100,00 a	99,75 a	99,75 a	100,00 a	98,75 a
T10- [Sulfentrazone + diuron]	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	99,75 a
T11-Testemunha sem herbicidas	0,00 e	0,00 e	0,00 e	0,00 e	0,00 d	0,00 f
CV(%)	3,59	4,37	4,36	4,90	11,64	12,26

¹ DAT: dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na avaliação efetuada aos 7 DAT, apenas o herbicida S-metolachlor não atingiu 80% de controle da planta daninha. Isto, veio a ocorrer após os 14, permanecendo até 60 DAT, onde foi observado eficiência de controle acima de 90%. Resultados similares também foram relatados em trabalho realizado por Martins et al. (2020). O processo mais lento de eficiência pode ser atribuído ao fato de que o S-metolachlor ser absorvido pelo hipocótilo das dicotiledôneas. Dessa forma, ele, precisa estar disponibilizado no solo para absorção e assim

efetivar sua eficiência (CLEWIS et al., 2006; MEYERS et al., 2010) e muitas vezes ocorre a emergência da planta antes da morte. A partir dos 30 DAT o tratamento com S-metolachlor não diferiu de atrazina e [atrazina+simazina], as quais não proporcionaram o melhor nível de eficácia, mas tiveram estabilidade e controle satisfatório até os 60 DAT (Tabela 3).

A atrazina e [atrazina+simazina] demonstraram pequena redução de controle aos 60 DAT, o que pode ser atribuído a perda de residual do herbicida no solo. Esse fato pode decorrer pelo processo de lixiviação, uma vez que as unidades experimentais receberam irrigação constante e, o grupo das triazinas apresenta alto potencial de perdas por lixiviação (MENDES et al., 2019). O tratamento com metribuzin atingiu valores de controle acima dos 80% até 21 DAT, nas demais avaliações apresentou perdas drásticas de controle, chegando aos 60 DAT com resultado somente superior a testemunha sem herbicida. Assim, percebe-se que o metribuzin, utilizado em pré-emergência não demonstra controle de forma satisfatória ao longo do período de avaliação em função do seu curto residual. Isso pode ser atribuído à alta solubilidade em água (1100 mg L^{-1}), médio Koc (60 mL g^{-1}) e a constante de dissociação (pKa) sendo 1,0. Essas características facilitam a sua lixiviação, não sendo recomendado o seu uso em solos arenoso e/ou com baixo nível de matéria orgânica (RODRIGUES; ALMEIDA, 2018).

O sulfentrazone demonstrou bom desempenho no controle de *A. hybridus*, sendo o seu uso de forma isolada ou em mistura com o diuron, apresentando controle superior a 98% dos 45 a 60 DAT. Martins et al., (2020) encontraram resultados de controle acima de 90% para o uso de sulfentrazone. A eficiência destes herbicidas para controle de espécies de *Amaranthus* e outras dicotiledôneas também é descrita em outros trabalhos, quando as condições climáticas e de umidade do solo são favoráveis, (KRAUSZ et al. 1998; NIEKAMP et al. 1999; AGROFIT 2022).

Com relação aos herbicidas aplicados em pós-emergência observou-se que as plantas de *A. hybridus* apresentaram sensibilidade à maioria, com eficiência de controle acima dos 80% já aos 7 DAT (Tabela 4). Somente os herbicidas chlorimuron-ethyl, imazetapyr e mesotrione demonstram controles abaixo de 80% aos 7 DAT.

A eficácia do chlorimuron-ethyl foi reduzindo no decorrer do tempo, chegando aos 45 DAT com ausência de controle (0%) (Tabela 4). A ampla disseminação de biótipos de *A. hybridus* resistentes ao chlorimuron-ethyl no Brasil, torna necessário conhecer o histórico da área antes de fazer uso deste herbicida. O imazetapyr apresentou evolução de eficácia até os 30 DAT, chegando a 92,25% de controle do *A. hybridus*, decaindo para 78,75% aos 60 DAT, não sendo aceitável e nem recomendável esse índice. Isso ocorreu pelo rebrote das plantas, uma vez que não chegaram a ter sua morte completa. Este herbicida apresentou efeito de controle

semelhante, tanto ao ser aplicado em pré quanto em pós-emergência, sendo que em nenhuma das modalidades de uso demonstrou controle satisfatório do *A. hybridus*.

A aplicação de mesotrione em pós emergência, apresentou ótima eficiência após os 14 DAT (98,75%) vindo as plantas a morrer aos 21 DAT (Tabela 4). Gonçalves Neto et al.,(2019) encontraram bom desempenho de mesotrione para o controle de *A. palmeri*, o que se assemelha aos resultados observados no presente estudo. O mesotrione pertence ao grupo químico das tricetonas e atua sobre as plantas daninhas inibindo a biossíntese de carotenóides, através da interferência na atividade da enzima HPPD nos cloroplastos. Os sintomas envolvem branqueamento das plantas sensíveis com posterior necrose e morte dos tecidos vegetais (AGROFIT, 2022).

O glyphosate apresentou controle satisfatório do *A. hybridus*, podendo-se inferir que o biótipo utilizado é suscetível ao herbicida (Tabela 4). Destaca-se que em 2018 foi registrado o primeiro caso de resistência de *A. hybridus* no Brasil aos inibidores da EPSPs (HEAP, 2022). Dessa maneira, é importante a rotação de mecanismos de ação para evitar a perda de ferramentas para o controle químico. Os herbicidas de ação total, podem ser aplicados de forma associada ou em isolados como realizado no presente estudo em que o diquat e o glufosinato de amônio ocasionaram 100% de controle já nos 7 DAT. Os herbicidas considerados de contato devem ser aplicados em estádios iniciais das plantas daninhas, onde essas têm maior sensibilidade evitando o rebrote das mesmas (GALON et al., 2018).

Os herbicidas com mecanismo de ação inibidores do Fotossistema II (atrazina, metribuzim, [mesotrione+atrazina] e [atrazina+simazina]) apresentaram bom controle quando aplicados em pós-emergência. O metribuzim não apresentou controle adequado ao ser aplicado em pré emergência da planta daninha (Tabela 3). Desse modo recomenda-se o uso do metribuzim em pós emergência do *A. hybridus*, uma vez que ocasionou a morte das plantas já aos 7 DAT, permanecendo com 100% de controle até os 60 DAT (Tabela 4). Esses mesmos herbicidas em trabalho realizado por Gonçalves Neto et al.,(2019) apresentam bom controle de *A. palmeri*, sendo recomendados e registrados para aplicação na cultura do milho (AGROFIT, 2022). Dessa maneira a rotação de culturas de soja com milho, por exemplo, traz benefícios também ao se rotacionar diferentes mecanismos de ação.

O 2,4-D colina, 2,4-D amina e dicamba apresentaram controle acima dos 80%, mas ocasionaram o controle de forma mais lenta. O herbicida 2,4-D colina demonstrou um controle menor, quando comparado aos demais auxínicos, em especial após a avaliação dos 21 DAT, não levando a morte das plantas. O 2,4-D amina e o dicamba apresentam controle semelhante, ocasionando a morte de 100% das plantas aos 30 DAT (Tabela 4). Martins et al., (2020), ao

avaliarem o controle de caruru-roxo, perceberam a necessidade de aplicações complementares com herbicidas de contato, quando utilizaram 2,4-D+glyphosate, para o seu controle. Na Argentina, em 2016, foi detectado biótipos de *A. hybridus* resistentes ao 2,4-D e ao dicamba (HEAP, 2022). Este fato, demonstra a importância de se adotar precauções no uso desses herbicidas no Brasil para o controle desta planta daninha.

Tabela 4. Controle (%) de caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*) em função da aplicação de herbicidas pós-emergentes. UFFS, Campus Erechim/RS, ano agrícola 2020/21.

Tratamentos	Controle (%) de caruru-roxo					
	7 DAT ¹	14 DAT	21 DAT	30 DAT	45 DAT	60 DAT
T01-Chlorimuron ethyl	50,00 d ²	32,50 c	28,75 b	20,00 c	0,00 d	0,00 d
T02-Imazethapyr	62,5 c	92,00 b	92,50 a	92,50 b	81,25 c	78,75 c
T03-Mesotrione	76,25 b	98,75 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T04-Glyphosate	99,50 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T05-Diquat	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T06-Metribuzin	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T07-Atrazina	97,50 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T08-[Mesotrione +atrazina]	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T09-[Atrazina+simazina]	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T10-Glufosinato de amônio	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T11-Saflufenacil	99,75 a	99,25 a	99,75 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T12-Carfentrazone	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T13-Flumioxazin	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T14-Fomesafen	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T15-2,4-D colina	82,00 b	92,00 b	92,50 a	92,50 b	95,00 b	95,00 b
T16-2,4-D amina	83,75 b	91,25 b	99,50 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T17-Dicamba	97,50 a	99,00 a	99,75 a	100,00 a	100,00 a	100,00 a
T18-Testemunha sem herbicidas	0,00 e	0,00 d	0,00 c	0,00 d	0,00 d	0,00 d
CV(%)	5,97	6,29	5,98	4,47	2,56	2,04

¹ DAT: dias após a aplicação dos tratamentos. ² Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O uso de herbicidas inibidores protoporfirinogenio oxidase (PROTOX), como é o caso do saflufenacil, carfentrazone, flumioxazin e fomesafen, utilizados no presente trabalho, mostraram-se ótimas ferramentas para o controle em pós-emergência do *A. hybridus* (Tabela 4). O bom desempenho dos herbicidas deste mecanismo de ação pode ser explicado pelo estágio da planta daninha no momento da aplicação. Por serem predominantemente de contato, tendem a apresentar melhor performance em plantas pequenas, no início do período vegetativo (BELLINDER et al., 2003). A utilização dos herbicidas deste mecanismo de ação são importantes em áreas com problemas de resistência a outros mecanismos de ação como, ALS e

EPSPs ou mesmo a auxinas sintéticas. Whitaker et al., (2011) observaram que flumioxazin e fomesafen são mais eficientes para controlar *A. palmeri* resistente ao glyphosate e aos inibidores de ALS do que o S-metolachlor.

Diante dos resultados obtidos, percebe-se diferença de suscetibilidade de *A. hybridus* às diferentes moléculas testadas em pré e/ou em pós-emergência, com bons resultados de eficiência para a maioria dos produtos testados. O imazethapyr não apresentou bom desempenho em pré e pós emergência, assim como não tiveram boa eficiência o diclosulam em pré e chlorimurum-ethyl em pós-emergência. Os herbicidas atrazina e [atrazina+ simazina] demonstra com boa eficácia em ambos os experimentos, mas para prolongar o controle do *A. hybridus* recomenda-se a aplicação em pós-emergência, possibilitando o controle de novos fluxos da planta daninha. Destaca-se que os herbicidas pertencentes aos mecanismos de ação inibidores de Protoc, do Fotossistema II e de ação total, pela boa eficácia no controle de *A. hybridus*. Este resultado demonstra a possibilidade de várias opções para rotação de ingredientes ativos no controle da planta daninha, evitando o desenvolvimento de biótipos resistentes.

CONCLUSÕES

Os herbicidas [imazethapyr+flumioxazin], flumioxazin, sulfentrazone e [sulfentrazone+diuron] apresentaram os melhores controles de *Amaranthus hybridus* quando aplicados em pré-emergência.

O diclosulam, imazethapyr e o metribuzin não demonstraram controle satisfatório de *Amaranthus hybridus* ao serem usados em pré-emergência da planta daninha.

A aplicação de chlorimiuron ethyl e imazethapyr não apresentaram controle adequado de *Amaranthus hybridus* em pós-emergência.

O uso de 2,4-D colina não proporciona a mesma eficiência se comparado aos demais mimetizadores de auxina sintéticas (2,4-D amina e dicamba) no controle de *Amaranthus hybridus*.

Os herbicidas de contato de ação total (diquat, glufosinato de amônio e saflufenacil) demonstraram bom controle sobre o *Amaranthus hybridus*.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT/Mapa. 2022. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários - Consulta Aberta. Disponível em: <<http://www.agrofit.agricultura.gov.br/agrofit/>>. Acesso em: 06/02/2022.
- BELLINDER, R. R. et al., Effect of growth stage and adjuvant on the efficacy of fomesafen and bentazone. **Weed Science**, v. 51, n. 56, p. 1016- 1021, 2003.
- CLEWIS, S. B.; WILCUT, J. W.; PORTERFIELD, D. Weed management with s-metolachlor and glyphosate mixtures in glyphosate-resistant-strip and conventional-tillage cotton (*Gossypum hirsutum* L.). **Weed Technology**, v. 20, n.1, p. 232- 241, 2006.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 09/fev. 2022.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Embrapa Solos, p. 154. 2013.
- GALON, L. et al., Fitorremediação de solo contaminado com herbicidas inibidores de FSII e de ALS. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.16, n.4, p.307-324, 2017.
- GALON, L. et al., Weed management in beans using subdoses of fluazifop-p-butyl+fomesafen. **Planta Daninha**, v. 36, n. e018174070, 2018.
- GAZZIERO, D.L.P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v.33, n.1, p.83-92, 2015.
- GONÇALVES NETTO, A. et al. Control of ALS- and EPSPS-resistant *Amaranthus palmeri* by alternative herbicides applied in pre-and post-emergence. **Planta Daninha**, v.37, n. e019212505, 2019.
- HALEY, C. M.; WILSON, H. P.; WESTWOOD, J. H. ALS resistance in several smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) biotypes. **Weed Science**, v. 54, n.5, p. 828-832, 2006.
- HEAP, I.A. (2022). **Criteria for confirmation of the herbicide-resistant weeds**. Disponível em: <http://weedsociety.org/Pages/Species.aspx>. Acesso em: 06/02/2022.
- KRAUSZ, R. F.; KAPUSTA, G.; MATTHEWS, J. L. Sulfentrazone for weed control in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 12, n.4, p. 684-689, 1998.
- MARTINS, M. B. et al. Manejo de *Amaranthus hybridus* em área de integração lavoura-pecuária na região sul do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 4, p. 734, 2020.
- MENDES, K. F. et al. Transport of atrazine via leaching in agricultural soil with mineral oil addition. **Planta Daninha**, v. 37, n. e019210756, 2019.

- MEYERS, S. L. et al., Evaluation of flumioxazin and s-metolachlor rate and timing for palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in sweetpotato. **Weed Technology**, v. 24, p. 495-503, 2010.
- NETTO, A. G. et al. Multiple resistance of *Amaranthus palmeri* to ALS and EPSPS inhibiting herbicides in the State of Mato Grosso, Brasil. **Planta daninha**, v. 34, n. 3, p. 581-587, 2016.
- NIEKAMP, J. W.; JOHNSON, W. G.; SMEDA, R. J. Broadleaf weed control with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 13, n.2, p. 233- 238, 1999.
- OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P.; VIEIRA, H. D. Controle de *Commelina benghalensis*, *C. erecta* e *Tripogandra diuretica* na cultura do café. **Planta Daninha**, v. 27, n. 4, p. 823-830, 2009.
- RIAR, D. S. et al., Adoption of best management practices for herbicide-resistant weeds in Midsouthern United States cotton, rice and soybean. **Weed Technology**, v. 27, n.4, p. 788-797, 2013.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 7^a ed. Londrina: Edição dos autores, 2018. 764p.
- SANTOS, D.P. et al. Determination of bioindicators of auxinic herbicides residues. **Revista Ceres**, v.60, n.3, p.354-362, 2013.
- SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42 p.
- VIECELLI, M. et al. Características morfofisiológicas dos genótipos de feijão brasileiros relacionadas à tolerância à sulfentrazone. **Revista de Ciência e Saúde Ambiental**, v. 56, n. 8, p. 706-721, 2021.
- WHITAKER, J.R. Residual herbicides for Palmer amaranth control. **Journal of Cotton Science**. v. 15, n. 1, p. 89-99, 2011.

ARTIGO II - HABILIDADE COMPETITIVA DE *Amaranthus hybridus* EM CONVIVÊNCIA COM MILHO

COMPETITIVE ABILITY OF *Amaranthus hybridus* IN COEXISTENCE WITH CORN

RESUMO

A interferência de plantas daninhas compromete o desenvolvimento da cultura do milho, competindo pelos recursos água, espaço, luz e nutrientes. O *A. hybridus* é considerada uma planta daninha agressiva ao infestar as culturas de interesse agrônomo. Sendo assim, objetivou-se com o estudo avaliar a habilidade competitiva de diferentes híbridos de milho em convivência com *A. hybridus*, através de experimentos em série substitutiva. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, com quatro repetições. Os competidores testados incluíram os híbridos de milho: AG 8780 PRO3, FS 2A521 PW, FS 2B587 RR e FS 055 C, os quais competiram com *A. hybridus*. Os experimentos em série de substituição foram constituídos pelas proporções relativas de milho versus *A. hybridus* de 100:0%, 75:25%, 50:50%, 25:75% e 0:100% ou 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20 plantas vaso⁻¹. A análise da competitividade foi efetuada por meio de diagramas aplicados a experimentos substitutivos, mais o uso de índices de competitividade relativa. Aos 50 dias após a emergência das espécies, foi determinado as variáveis morfológicas estatura de plantas, área foliar e a massa seca da parte aérea e as variáveis fisiológicas, teor de clorofila, taxa fotossintética, CO₂ consumido, taxa de transpiração, condutância estomática e uso eficiente da água. Ocorreu efeito negativo nas espécies, sendo os híbridos de milho e a planta daninha *A. hybridus* afetados negativamente, uma vez que competiram pelos mesmos recursos disponíveis no meio. A competição interespecífica causa maiores prejuízos a estatura de plantas, área foliar e a massa seca das espécies do que a competição intraespecífica. Os híbridos de milho apresentaram maior habilidade competitiva em relação ao *A. hybridus*.

Palavras-Chave: Caruru-roxo; *Zea mays*; Interação entre plantas.

ABSTRACT

Weed interference compromises corn crop development, competing for water, space, light and nutrients resources. *A. hybridus* is considered an aggressive weed when infesting crops of agronomic interest. Thus, the objective of this study was to evaluate competitive ability of different corn hybrids in coexistence with *A. hybridus*, through experiments in substitutive series. The experimental design used was completely randomized blocks, with four replications. Competitors tested included the corn hybrids: AG 8780 PRO3, FS 2A521 PW, FS 2B587 RR and FS 055 C, which competed with *A. hybridus*. The experiments in substitutive series were constituted by the relative proportions of corn versus *A. hybridus* of 100:0%, 75:25%, 50:50%, 25:75% and 0:100% or 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 and 0:20 plants plot⁻¹. Competitiveness analysis was performed using diagrams applied to substitutive experiments, plus relative competitiveness indices. At 50 days after species emergence, the morphological variables plant height, leaf area and aerial part dry mass were determined, as well as the physiological variables, chlorophyll content, photosynthetic rate, CO₂ consumed, transpiration rate, stomatal conductance and efficient water use. There was a negative effect on the species, the corn hybrids and the weed *A. hybridus* were negatively affected, since they competed for the same resources available in the environment. Interspecific competition causes greater damage to plant height,

leaf area and dry mass of both species than intraspecific competition. Corn hybrids showed greater competitive ability in relation to *A. hybridus*.

Keywords: Smooth pigweed; *Zea mays*; Interaction between plants.

INTRODUÇÃO

A produção de milho no Brasil tem importante papel social e econômico, uma vez que o cereal é destinado para alimentação humana e principalmente animal. Segundo o levantamento de safras, se prevê uma produção de 112,34 milhões de toneladas para a safra 2021/22, diante de um aumento esperado de 29% da produtividade das lavouras (CONAB, 2022).

As plantas daninhas quando infestantes de culturas agrícolas comprometem o desenvolvimento das espécies, de maneira que competem por recursos disponíveis no meio, como água, nutrientes, luz, além de hospedarem insetos e doenças (FORTE et al., 2017; GALON et al., 2021). Com isso o custo de produção torna-se mais elevado ou mesmo pode ocorrer a redução da acima de 80% da produtividade de grãos ou mesmo diminuir a qualidade desses (VARGAS et al., 2006; BASSO et al., 2018).

Com o uso de experimentos de habilidade competitiva em série substitutiva é possível avaliar se ocorre competição interespecífica ou intraespecífica, envolvendo plantas daninhas e culturas. Com esses experimentos pode-se ainda avaliar o efeito da alteração de diferentes proporções de plantas quando associadas entre si e qual delas torna-se mais problemáticas as culturas (BIANCHI et al., 2006; FLECK et al., 2008; AGOSTINETTO et al., 2013).

Para que o milho expresse seu potencial produtivo, vários fatores têm que ser levados em consideração, sendo os edafoclimáticos e os de manejos de pragas os principais. Dentre as pragas infestantes do milho destacam-se as plantas daninhas já que estão presentes nas lavouras produtoras do cereal.

Dentre as espécies de plantas daninhas que infestam o milho destaca-se o caruru-roxo (*A. hybridus*) que ocasiona perdas de produtividades de grãos do milho de 26 até 66% (SEVERINO et al., 2005). A espécie daninha infestante, o material genético das culturas instaladas, a densidade de plantas m^{-2} são fatores que influenciam no potencial produtivo do milho (FRANDALOSO et al., 2019). O *A. hybridus* é uma planta daninha considerada agressiva às plantas cultivadas devido suas características de rápido desenvolvimento, metabolismo do tipo C_4 , estatura elevada de planta e ainda em condições de estresse hídrico pode reduzir a taxa

de expansão foliar, massa seca e a condutância estomática, evitando a desidratação dos tecidos foliares (LIU; TÜTZEL, 2004).

Estudos de habilidade competitiva de diferentes híbridos de milho com *A. hybridus* são importantes, uma vez que há poucos dados na literatura dos efeitos dessa planta daninha sobre a cultura. Dessa maneira, é possível determinar o estresse ocasionado à cultura e ao competidor, assim desenvolver práticas de controle de planta daninha mais eficientes, evitando muitas vezes o uso indiscriminado de herbicidas e buscar um manejo mais sustentável, reduzindo riscos ao produtor e promovendo maior lucratividade.

A hipótese da pesquisa foi de que o *A. hybridus*, demonstra menor habilidade competitiva quando ocorre em proporções iguais aos híbridos da cultura, em situações adequadas de recursos.

Assim, o objetivo do estudo foi avaliar a habilidade competitiva de diferentes híbridos de milho em convivência com *A. hybridus*, através de experimentos em série substitutiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados nove experimentos em casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Erechim/RS, nas coordenadas geográficas com latitude 27°43'44"S e longitude 52°17'15"W, com altitude de 754 m, no ano agrícola 2020/21. As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com Latossolo Vermelho Alumínio férrico húmico (SANTOS et al., 2018), previamente corrigido e adubado de acordo com a recomendação para cultura do milho (ROLAS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 4,8; M.O. = 4,9%; P = 7,1 mg dm⁻³; K = 408,0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,4 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 38,6 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 12,3 cmol_c dm⁻³; CTC_{efetiva} = 8,9 cmol_c dm⁻³; CTC_{pH7} = 14,8 cmol_c dm⁻³; H+Al = 6,2 cmol_c dm⁻³; Saturação de bases = 58%; e Argila = 56%.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, com quatro repetições. Os competidores testados incluíram os híbridos de milho: AG 8780 PRO3, FS2A521PW, FS 2B587 RR e FS 055 C (Tabela 1), os quais competiram com o *A. hybridus* (caruru-roxo). As sementes de *A. hybridus*, usadas nos experimentos, foram coletadas em 21/05/2020 nas coordenadas geográficas latitude 27°43'59.8"S e longitude 52°47'53.0"W e altitude de 601 m, no município de Ronda Alta (RS) em lavoura com cultivo de soja.

Foram instalados cinco experimentos preliminarmente, tanto para os híbridos de milho quanto para o *A. hybridus* em monocultivos com objetivo de estimar a densidade de plantas em

que a produção final de massa seca se torna constante da população. Para isso foram utilizadas as densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56 e 64 plantas vaso⁻¹ (equivalentes a 25, 49, 98, 196, 392, 587, 784, 980, 1.176, 1.372 e 1.568 plantas m⁻²).

Aos 50 dias após a emergência das espécies foram coletadas todas as plantas, em cada unidade experimental de milho e/ou *A. hybridus* para determinar a massa seca da parte aérea (MS). A quantificação ocorreu pela pesagem, após ser seca em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65±5°C até atingir massa constante. Através dos valores médios de MS das espécies obteve-se a produção constante de MS com densidade de 20 plantas vaso⁻¹, para todos os híbridos de milho e/ou o *A. hybridus* o que equivaleu a 463 plantas m⁻² (dados não apresentados).

Tabela 1. Características genéticas dos híbridos de milho utilizados no estudo. UFFS, Campus Erechim/RS, 2020/21.

Empresa	Pedigree	Genótipo	Ciclo e biotecnologia
Agrocerec	AG 8780 PRO3	Híbrido Simples	Precoce e tecnologia VT PRO 3
Forseed	FS 2A521 PW	Híbrido Simples	Precoce e tecnologia Powercore
Forseed	FS 2B587 RR	Híbrido Simples	Precoce e tecnologia Roundup Ready
Forseed	FS 055 C	Híbrido Simples	Precoce e convencional

Os experimentos em série de substituição foram constituídos por cinco tratamentos formados pelas proporções relativas (%) de milho: *A. hybridus* de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100, o que equivaleu a 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20 plantas vaso⁻¹ da cultura *versus* planta daninha. Foram instalados quatro experimentos para avaliar a habilidade competitiva dos híbridos de milho, AG 8780 PRO3, FS 2A521 PW, FS 2B587 RR e FS 055 C com plantas de *A. hybridus*, conduzidos em série de substituição, nas diferentes combinações cultura e planta daninha. Para estabelecer as densidades desejadas em cada tratamento e obter uniformidade das plântulas, as sementes foram previamente semeadas em bandejas, sendo posteriormente transplantadas para os vasos.

Aos 50 dias após a emergência (DAE) das espécies, foi determinado a estatura de plantas (EP - cm), área foliar (AF - cm² vaso⁻¹) e a massa seca da parte aérea (MS - g vaso⁻¹). A EP foi aferida com régua graduada desde o nível do solo até o ápice da última folha completamente desenvolvida. Para quantificação da AF, foi utilizado um medidor eletrônico de área foliar (LICOR-3100) aferindo-se todas as plantas em cada unidade experimental. Após a determinação da AF as plantas foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* e postas em estufa

com circulação forçada de ar, para secagem, a temperatura de $60\pm 5^{\circ}\text{C}$, até o material atingir massa constante a fim de determinar a MS das espécies.

Também aos 50 DAE foram determinadas ainda as variáveis relacionadas a fisiologia das plantas. Para aferir o teor de clorofila (TC) foi utilizado um clorofilômetro portátil modelo SPAD 502 – Plus, determinando-se as medidas em cinco pontos de cada planta nas folhas inferiores, medianas e superiores do dossel. Já a taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), quantidade de CO_2 consumido ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) e uso eficiente da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$), pelas razões A/C_i e A/E , respectivamente foram determinadas no terço médio da primeira folha completamente expandida das plantas. Para isso foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). Para as variáveis relacionadas à fisiologia das plantas cada bloco foi aferido em um dia, entre sete e 11 horas da manhã, de forma que se mantenham as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Os dados foram analisados por meio do método da análise gráfica da variação ou produtividade relativa (COUSENS, 1991; BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013). O referido procedimento, também conhecido como método convencional para experimentos substitutivos, consiste na construção de um diagrama tendo por base as produtividades ou variações relativas (PR) e total (PRT). Quando o resultado da PR for uma linha reta, significa que as habilidades das espécies são equivalentes. Se a PR resultar em linha côncava, houve prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Ao contrário, se a PR resultar em linha convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Quando a PRT for igual à unidade 1 (linha reta), ocorre competição pelos mesmos recursos; se ela for superior a 1 (linha convexa), a competição é evitada. Caso a PRT for menor que 1 (linha côncava), ocorre prejuízo mútuo ao crescimento (COUSENS, 1991).

Foram calculados ainda os índices de competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e agressividade (A) do milho e do *A. hybridus*. O CR representa o crescimento comparativo dos híbridos de milho (X) em relação ao competidor *A. hybridus* (Y); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual das espécies é mais agressiva. Assim, os índices CR, K e A indicam qual espécie se manifesta mais competitiva e sua interpretação conjunta indica com maior segurança a competitividade do milho ou do *A. hybridus* (COUSENS, 1991). Por exemplo, os híbridos de milho X são mais competitivos que o competidor *A. hybridus* Y quando $\text{CR} > 1$, $K_x > K_y$ e $A > 0$; por outro lado, o competidor *A. hybridus* Y é mais competitivo que os híbridos de milho X quando $\text{CR} < 1$, K_x

$< K_y$ e $A < 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002; BIANCHI et al., 2006). Para calcular esses índices foram usadas as proporções 50:50 das espécies envolvidas no experimento (milho versus *A. hybridus*), ou seja, as densidades de 10:10 plantas vaso⁻¹, utilizando-se as equações: $CR = PR_x/PR_y$; $K_x = PR_x/(1-PR_x)$; $K_y = PR_y/(1-PR_y)$; $A = PR_x-PR_y$, de acordo com Cousens e O'Neill (1993).

O procedimento de análise estatística da produtividade ou variação relativa incluiu o cálculo das diferenças para os valores de PR (DPR) obtidos nas proporções 25, 50 e 75% em relação aos valores pertencentes à reta hipotética nas respectivas proporções, sendo elas, 0,25; 0,50 e 0,75 para PR (BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013). Utilizou-se o teste t para se identificar as diferenças relativas dos índices CR, K e A (HOFFMAN; BUHLER, 2002; BIANCHI et al., 2006). Considerou-se como hipótese nula, para testar as diferenças de A, que as médias fossem iguais a zero ($H_0 = 0$); para o CR, que as médias fossem iguais a um ($H_0 = 1$); e para K, que as médias das diferenças entre K_x e K_y fossem iguais a zero [$H_0 = (K_x - K_y) = 0$].

O critério para considerar as curvas PRT e PR observadas como diferentes das esperadas foi quando os valores esperados (representados por linhas pontilhadas) estavam fora do intervalo de confiança de 95% das curvas observadas - linhas sólidas e coloridas com intervalos de confiança da mesma cor (CONCENÇO et al., 2018). O critério para se considerar as curvas de PR e PRT diferentes das retas hipotéticas foi que, no mínimo em duas proporções das densidades testadas das espécies competidoras não tocassem as linhas coloridas, adaptado de Bianchi et al., (2006).

Os resultados obtidos para as variáveis fisiológicas (C_i , GS, A, E e EUA e teor de clorofila), EP, AF e MS dos híbridos de milho e do *A. hybridus*, expressos em valores médios por tratamento, foram submetidos à análise de variância pelo teste F, para cada um dos experimentos (AG 8780 PRO3, FS 2A521 PW, FS 2B587 RR e FS 055 C em competição com o *A. hybridus*). Quando esse foi significativo compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Dunnett, considerando-se as monoculturas como testemunhas nessas comparações. Em todas as análises estatísticas efetuadas adotou-se $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, observou-se ao se realizar a análise de variância dos dados que ocorreu interações significativas entre as proporções de plantas dos híbridos de milho (AG 8780

PRO3, FS 2A521 PW, FS 2B587 RR e FS 055 C) em competição com o caruru-roxo (*A. hybridus*).

As análises gráficas realizadas no ensaio de habilidade competitiva, em série substitutiva, entre as densidades dos híbridos de milho e o *A. hybridus*, demonstraram em geral similaridade nos resultados para as variáveis área foliar (AF), estatura de plantas (EP) e massa seca (MS). Observou-se a ocorrência de competição pelos mesmos recursos disponíveis no meio, uma vez que as linhas de produtividade relativa total (PRT) apresentaram valores inferiores a 1 em relação a linha de produtividade esperada (Figuras 1, 2 e 3). A única exceção da PRT ter sido superior a 1 foi no híbrido de milho AG 8780 PRO3 na densidade de 25:75% para EP (Figura 2A).

Com valores da linha de PRT côncava, ambas as espécies foram prejudicadas na competição. Quando a PRT é menor que 1 há um antagonismo mútuo entre as espécies que estão competindo pelos recursos do ambiente (RUBIN et al., 2014). Resultados semelhantes a esses foram observados em estudos realizados envolvendo diferentes híbridos de milho em competição com as plantas daninhas *Ipomoea indivisa* e *Digitaria ciliares* (GALON et al., 2021).

Para todas as variáveis analisadas, em pelo menos duas proporções de plantas a linha da PRT traçada de coloração azul diferiu da hipotética (Figuras 1, 2 e 3). De acordo com Bianchi et al. (2006), para haver significância, pelo menos duas proporções de plantas devem diferir, sendo assim, entende-se que os híbridos de milho competiram pelos mesmos recursos que o *A. hybridus*. Ambas as espécies tiveram seu desenvolvimento afetado na convivência, sendo que nenhuma contribuiu mais do que a outra para a produtividade relativa total. Quando os híbridos de milho Agroeste (AS 1551 PRO 2), Morgan (MG 300 PW), Nidera (NS 92 PRO) e Syngenta (Velox TL) competiram com *Urochloa plantaginea* foram observados resultados similares ao do presente estudo (FRANDALOSO et al., 2019).

Os híbridos de milho não demonstraram superioridade na competição mesmo quando em densidades mais elevadas em relação à planta daninha, apresentando linhas de PRT côncavas para AF, EP e MS. Esse comportamento normalmente ocorre em áreas agrícolas, onde as plantas daninhas aparecem em densidades superiores às das plantas cultivadas e na maioria das situações são consideradas como mais competitivas no uso dos recursos disponíveis no meio, afetando o crescimento das culturas (BIANCHI et al., 2006).

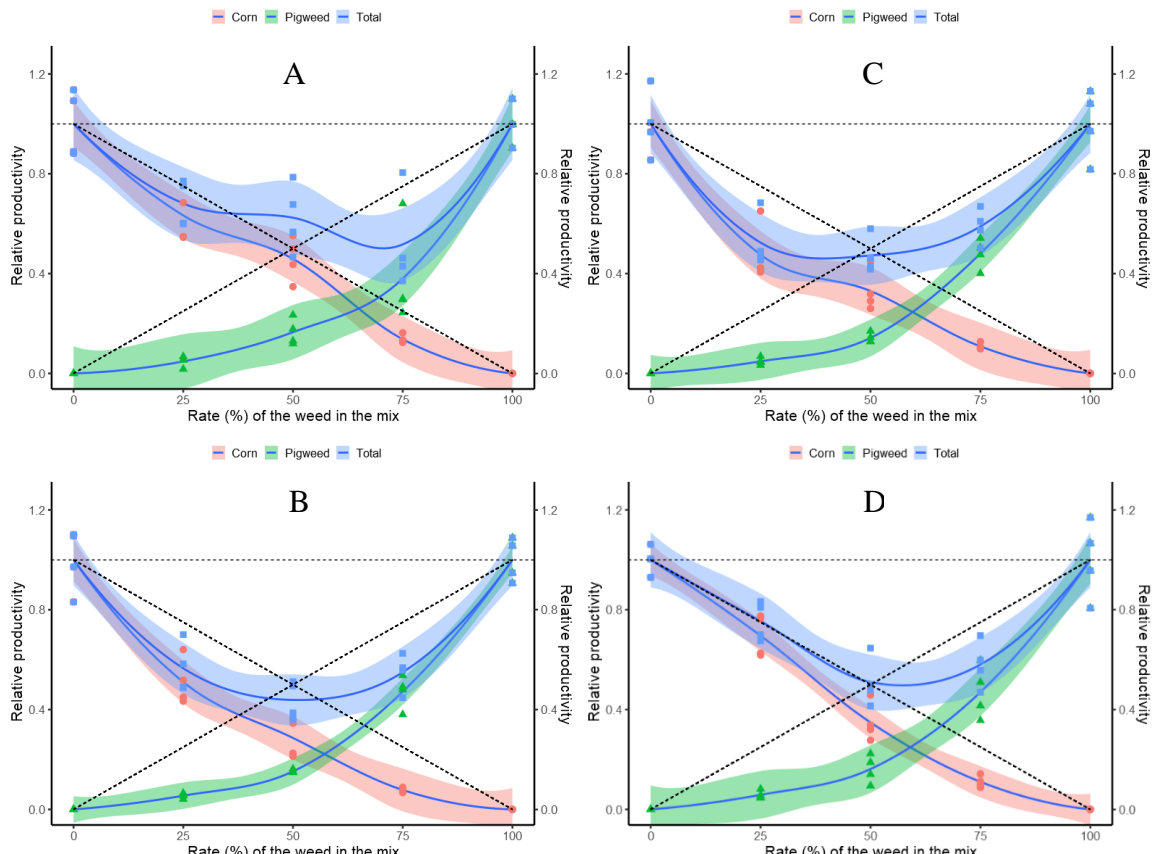


Figura 1. Produtividade relativa (PR) para área foliar das plantas de milho dos híbridos AG 8780 PRO3(A), FS 2A521 PW (B), FS 2B587 RR (C) e FS 055 C (D) (●) e *A. hybridus* (▲), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (milho: caruru-roxo). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

Com exceção do híbrido AG 8780 PRO3, quando em alta proporção de plantas de *A. hybridus* (25:75%) em competição, ocorreu PRT em formato convexo, superior a 1 (Figura 2A), podendo ser explicado pelo motivo de as plantas de milho em desvantagem na população em relação a planta daninha, buscar maior desenvolvimento de estatura de planta, evitando sombreamento pela concorrente (PIERIK; BALLARÉ, 2021).

Em geral, os híbridos AG 8780 PRO3, FS 2A521PW, FS 2B587 RR e FS 055 C apresentaram maior crescimento relativo do que o *A. hybridus* em todas as proporções de plantas testadas (Figuras 1, 2, 3 e 4), porém contribuíram pouco para a PRT. A provável causa do milho apresentar maior crescimento que a planta daninha e ter sido mais competitivo que esta, pode estar relacionada com a densidades de plantas que competiram com a cultura, já que as plantas daninhas apresentam maior habilidade competitiva quando em densidades populacionais elevadas e não individualmente (AGOSTINETTO et al., 2013).

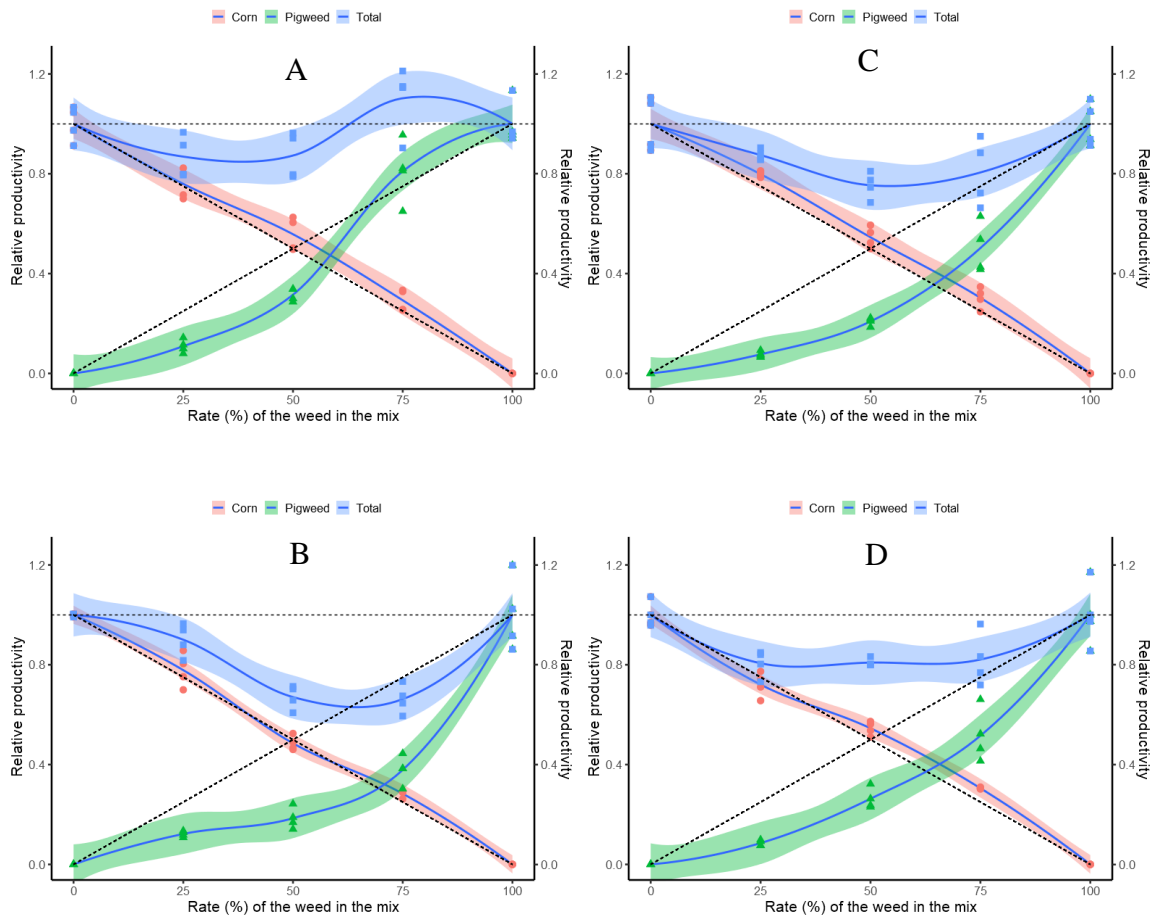


Figura 2. Produtividade relativa (PR) para estatura de plantas das de milho dos híbridos AG 8780 PRO3 (A), FS 2A521 PW (B), FS 2B587 RR (C) e FS 055 C (D) (●) e *A. hybridus* (▲), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (milho: caruru-roxo). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

Observou-se linhas de produtividade relativa (PR) de formato côncavo para a planta daninha em praticamente todas as situações (Figuras 1, 2 e 3). Para EP os híbridos de milho apresentaram linhas de PR iguais as simuladas, porém não contribuíram para uma maior PRT, a qual é côncava e menor que 1 (Figura 2). O fato de os híbridos de milho apresentarem linhas retas das PRs de EP, pode estar atribuído a competição por a capacidade de busca por luz através de um maior alongamento de colmo, quando em competição com a planta daninha. Galon et al., (2011) em seus estudos também atribuem a maior produtividade relativa da estatura das plantas, como uma característica desenvolvida da planta para captar mais luminosidade, o que leva à formação de colmos mais longos, com menor investimento de energia para o desenvolvimento de AF ou MS.

Os resultados demonstram que as variáveis AF e MS do milho apresentaram linhas da PR côncavas e abaixo da linha estimada em pelo menos duas proporções de plantas (Figuras 1

e 3). Uma vez que as linhas de PRs do milho apresentaram-se mais próximas as hipotéticas comparadas as linhas do *A. hybridus*, pode-se dizer que a planta daninha foi mais prejudicada na competição, em todas as variáveis avaliadas. Galon et al. (2021) ao avaliarem a competitividade relativa de *Euphorbia heterophylla* ao infestar diferentes híbridos de milho também verificaram o mesmo ocorrido no presente estudo, indicando que a competição foi mais prejudicial à planta daninha.

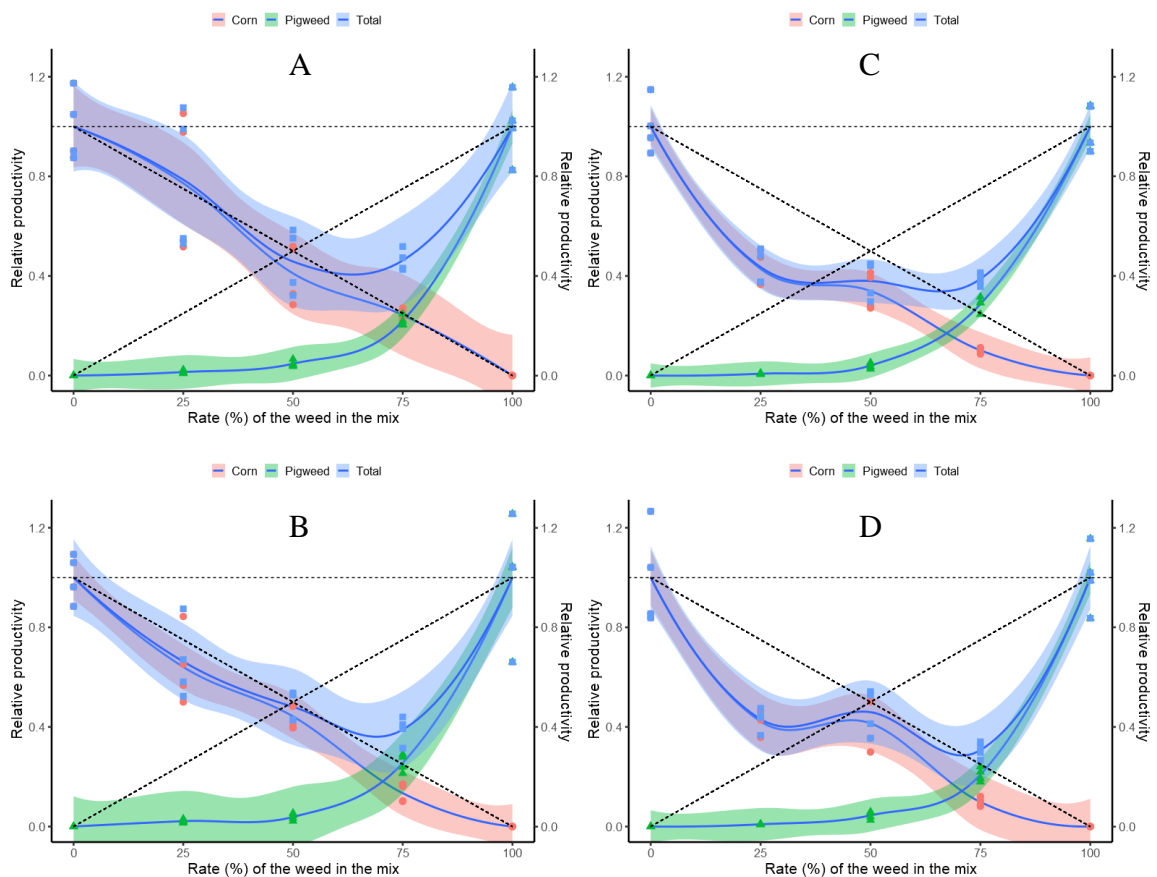


Figura 3. Produtividade relativa (PR) para Massa Seca das plantas de milho dos híbridos AG 8780 PRO3 (A), FS 2A521 PW (B), FS 2B587 RR (C) e FS 055 C (D) (●) e caruru- roxo (▲), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (milho: caruru-roxo). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

O híbrido AG 8780 PRO3 não apresentou prejuízo na produtividade relativa de AF quando a proporção de milho e *A. hybridus* era de 50:50, enquanto a planta daninha apresentou linha côncava na mesma proporção (Figura 1). Os demais híbridos demonstraram linhas côncavas. Para as linhas de PR da MS (Figura 3), apenas o híbrido AG 8780 PRO3 apresentou linha reta em todas as proporções, o que significa equivalência na competição com a planta daninha. Já os híbridos FS 2A521 PW e FS 055 C apresentaram PR na linha esperada apenas

na proporção 50:50 de plantas em competição, nas demais proporções, as linhas de PR foram côncavas. Ainda que em alguns pontos de PRs a cultura apresentou linhas retas, elas não contribuíram para as PRTs, sendo inferiores a 1, significando prejuízo para as duas espécies e que competem pelos mesmos recursos no meio (RUBIN et al., 2014).

Observou-se que mesmo em baixas densidades de *A. hybridus* na associação o milho teve sua produtividade relativa reduzida, porém, em geral os híbridos apresentaram maior crescimento relativo do que a planta daninha para as variáveis AF, EP e MS (Figuras 1, 2 e 3). Isso mostra que a cultura apresenta maior PR e a planta daninha menor, com pouca contribuição para as PRTs (Figuras 1, 2 e 3). Esse fato novamente demonstra que as plantas daninhas apresentam maior habilidade competitiva quando presentes nas lavouras em densidades elevadas e não individualmente (FORTE et al., 2017).

Os híbridos de milho tiveram menor prejuízo na competição na variável EP (Figura 2), com a presença de PR reta, já para AF e MS (Figura 1 e 3) as perdas de PR foram mais acentuadas, com valores inferiores a 1, bem como para a planta daninha em todas as variáveis analisadas. A proximidade das plantas na convivência pode limitar a mesma a exposição solar, o que compromete o incremento de AF e MS, por haver interferência na formação e crescimento das folhas (WU et al., 2012). Quando em competição, as plantas tendem a evitar seu sombreamento, uma vez que a luz é um fator essencial limitante no desenvolvimento das espécies, assim, investem seus fotoassimilados no crescimento de colmo. As plantas quando sob estresse, tendem a alterar seu padrão de distribuição de fotoassimilados e assim suas características morfofisiológicas (SANTOS; CURY, 2011). Cabe destacar que a espécie que possui desenvolvimento inicial mais rápido possui vantagem em relação a outra. Galon; Agostinetto (2009) verificaram que as cultivares de arroz irrigado com desenvolvimento inicial mais rápido apresentaram-se mais competitivas que o *Echinochloa crus-galli*.

Ao se analisar as respostas morfológicas observou-se que o aumento da densidade plantas de *A. hybridus* competindo com a cultura ocorreu incremento da EP do milho (Tabela 2). Esse comportamento evidencia a ocorrência de competição entre o milho com a planta daninha, pelo recurso luz. Pois quando isso acontece as plantas vão em busca do recurso estiolando o colmo e por consequência ocorrendo maior EP para sombrear seu vizinho como uma estratégia competitiva. Resultados similares ao do presente estudo foram observados por Piasecki et al., (2018) ao trabalharem com densidades de milho em competição com a soja.

Tabela 2. Respostas morfológicas de híbridos de milho submetidos a competição com caruru-roxo (*A. hybridus*), expressas em estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS), em experimento conduzido em série substitutiva. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Proporções de plantas	Estatura (cm)		Área foliar (cm ²)		Massa seca (g)	
	Milho	<i>A. hybridus</i>	Milho	<i>A. hybridus</i>	Milho	<i>A. hybridus</i>
AG 8780 PRO3 x Caruru-roxo						
100:0/0:100	97,50	78,50	50006,88	18601,88	322,95	59,88
75:25/25:75	98,75	84,75	42202,80	9420,93*	332,65	17,48*
50:50/50:50	108,75	49,50*	45892,60	6148,42*	265,02	5,70*
25:75/75:25	114,25	34,25*	27405,07*	3581,64*	314,30	3,38*
C.V (%)	12,8	15,90	18,20	34,40	28,00	22,3
FS 2A521 PW x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	85,75	74,25	74064,01	18526,88	341,8	47,38
75:25/25:75	89,00	37,50*	50402,83*	11652,89*	292,08	16,12*
50:50/50:50	83,25	27,50*	42412,10*	5647,47*	302,48	3,65*
25:75/75:25	97,25*	36,25*	23081,90*	4080,88*	183,18*	4,12*
C.V (%)	6,60	18,3	20,9	13,6	19,3	37,9
FS 2B587 RR x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	85,00	81,00	70365,79	18101,88	348,60	54,88
75:25/25:75	90,50	54,25*	44626,9 *	11597,10*	199,00*	20,98*
50:50/50:50	92,75	33,75*	46480,89*	5145,98*	236,85*	4,42*
25:75/75:25	103,00*	24,75*	30491,00*	3507,61*	141,43*	1,62*
C.V (%)	11,20	16,00	22,20	18,50	17,90	16,00
FS 055 C x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	96,00	76,00	65131,84	18351,88	504,62	60,12
75:25/25:75	92,25	52,25*	60447,40	11496,42*	284,10*	16,70 *
50:50/50:50	104,75	40,00*	45388,89*	5934,44*	418,50	5,40*
25:75/75:25	117,25 *	26,00*	28817,43*	4287,54*	198,75*	2,17*
C.V (%)	5,30	18,90	16,10	25,30	24,40	22,20

* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Para as variáveis morfológicas AF e MS, a competição mais prejudicial foi a interespecífica, sendo observado o mesmo comportamento para todos os híbridos e para a planta daninha (Tabela 2). Quanto mais elevada a proporção dos competidores na associação híbridos *versus* planta daninha, maiores foram os danos às variáveis tanto da cultura quanto do *A. hybridus*, com redução em crescimento da AF e do acúmulo de MS. Como as plantas de milho sob competição incrementaram sua altura, como forma de maximizar a captação da luz e sombrear a planta daninha, como consequência ocorreu menor crescimento em área foliar e de acúmulo de MS. Esse mesmo fato também foi observado por Piasecki et al., (2018) ao trabalharem com densidades de milho em competição com a soja, no qual os autores

observaram menor crescimento da cultura e das plantas daninhas quando em competição representadas pelas variáveis AF e MS.

O crescimento de todos os híbridos de milho (AG 8780 PRO3, FS2A51PW, FS 2B587 RR e FS 055 C) superou o do *A. hybridus* de acordo com o indicado pelos índices de competitividade (Tabela 3), ao apresentarem os níveis de competitividade relativa (CR) maior que 1 para todas as variáveis estudadas. Observou-se ainda a dominância dos híbridos sobre a planta daninha, com os coeficientes de agrupamento relativo (K) maiores para a cultura ($K_{\text{milho}} > K_{A. hybridus}$). Os resultados indicam ainda que a cultura é mais agressiva, mais competitiva do que a planta daninha através do índice de agressividade (A) com valores positivos para EP, AF e MS. Em todas as comparações relacionadas aos três índices (CR, K e A) foi identificado significância nos dados quando em pelo menos dois deles houve diferenciação (BIANCHI et al., 2006) ao se envolver os híbridos de milho e o *A. hybridus*. Desse modo o milho apresenta maior habilidade competitiva em relação a planta daninha estudada, com maior capacidade de uso dos recursos disponíveis no meio. Pode-se relatar, que a provável causa de o milho ter apresentado maior índice de competitividade do que a *A. hybridus* esteja relacionado com a altura de plantas, tornando a cultura mais apta e eficiente na busca por luz, ocorrendo assim sombreamento a planta daninha (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001).

Utilizando os três índices (CR, K e A) para definir competitividade, foi observado que os híbridos de milho foram mais competitivos que daninhas *Urochloa plantaginea* (FRANDALOSO et al., 2019), *Ipomoea indivisa* (GALON et al., 2021), que o sorgo cultivado foi mais competitivo que o *Sorghum halepense* (HOFFMAN; BUHLER, 2002). A provável causa para estes resultados, pode estar relacionado ao hábito de crescimento do milho, ao ciclo de desenvolvimento e principalmente ao rápido crescimento inicial da cultura. Em geral quando uma espécie for mais competitiva que a outra essa terá maior capacidade de assimilação dos recursos que estão disponíveis no meio, vindo a incrementar o potencial de desenvolvimento e crescimento, conseqüentemente gerando danos ao competidor, pois menores quantidades de recursos ficaram disponíveis (AGOSTINETTO et al., 2013).

Analisando-se conjuntamente os dados gráficos (Figuras 1, 2 e 3), as variáveis morfológicas (Tabela 2) e os índices de competitividade (Tabela 3), percebe-se que há efeito negativo nas espécies envolvidas na comunidade (milho *versus* planta daninha). Os híbridos de milho AG 8780 PRO3, FS2A51PW, FS 2B587 RR e FS 055 C e o *A. hybridus* foram afetados negativamente, uma vez que competiram pelos mesmos recursos disponíveis no meio, com prejuízos na EP, AF e MS. A competição intraespecífica foi mais prejudicial ao crescimento

das plantas envolvidas na comunidade do que a intraespecífica. Os híbridos de milho mostraram-se com maior habilidade competitiva em relação ao *A. hybridus*.

Tabela 3. Índices de competitividade relativa entre híbridos de milho com caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), competindo em proporções iguais de plantas (50:50), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativos (K) e de agressividade (A), obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 50 dias após a emergência das plantas. UFFS, Erechim/RS, 2020

Variáveis	CR	K _x (Milho)	K _y (<i>A. hybridus</i>)	A
Estatura de plantas (ES - cm)				
AG 8780 PRO3 x Caruru-roxo	1,756 ± 0,040*	1,301 ± 0,176*	0,462 ± 0,028	0,242 ± 0,021*
FS 2A521 PW x <i>A. hybridus</i>	2,723 ± 0,295*	0,948 ± 0,057*	0,23 ± 0,033	0,300 ± 0,028*
FS 2B587 RR x <i>A. hybridus</i>	2,624 ± 0,090*	1,215 ± 0,103*	0,264 ± 0,013	0,337 ± 0,018*
FS 055 C x <i>A. hybridus</i>	2,121 ± 0,203*	1,207 ± 0,067*	0,361 ± 0,040	0,282 ± 0,035*
Área foliar (AF - cm ² vaso ⁻¹)				
AG 8780 PRO3 x <i>A. hybridus</i>	2,860 ± 0,204*	0,884 ± 0,15*	0,202 ± 0,039	0,294 ± 0,022*
FS 2A521 PW x <i>A. hybridus</i>	1,886 ± 0,272 *	0,414 ± 0,077	0,18 ± 0,005	0,134 ± 0,04*
FS 2B587 RR x <i>A. hybridus</i>	2,393 ± 0,421*	0,513 ± 0,107*	0,166 ± 0,014	0,188 ± 0,049*
FS 055 C x <i>A. hybridus</i>	2,369 ± 0,442*	0,553 ± 0,101*	0,197 ± 0,040	0,187 ± 0,047*
Massa seca da parte aérea (MS - g vaso ⁻¹)				
AG 8780 PRO3 x <i>A. hybridus</i>	8,741 ± 1,168*	0,751 ± 0,179*	0,05 ± 0,007	0,363 ± 0,057*
FS 2A521 PW x <i>A. hybridus</i>	12,491 ± 2,032*	0,804 ± 0,077*	0,04 ± 0,007	0,404 ± 0,018*
FS 2B587 RR x <i>A. hybridus</i>	8,928 ± 1,361*	0,529 ± 0,087*	0,042 ± 0,006	0,299 ± 0,037*
FS 055 C x <i>A. hybridus</i>	10,93 ± 3,319	0,749 ± 0,153*	0,047 ± 0,008	0,37 ± 0,059*

* Diferença significativa pelo teste t ($p \leq 0,05$). K_x e K_y são os coeficientes de agrupamento relativos dos híbridos de milho e do competidor *A. hybridus*, respectivamente.

Analisando os parâmetros fisiológicos evidenciou que para os híbridos de milho, AG8780PRO3 e FS2B587RR, houve uma redução na taxa fotossintética quando associados ao *A. hybridus* nas proporções de 75:25 e 50:50, respectivamente (Tabela 4). A menor taxa fotossintética foi acompanhada pelo aumento na concentração interna de CO₂, o que indica uma limitação bioquímica da fotossíntese, visto que o CO₂ disponível na câmara subestomática não estava sendo carboxilado. A limitação bioquímica pode ser decorrente da degradação da subunidade principal da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase (RuBisCO) pela produção de espécies reativas de oxigênio (DESIMONE et al., 1996), ou efeitos deletérios sobre o Ciclo de Calvin, como na etapa de regeneração da ribulose 1,5-bifosfato (RuBP) (MÜLLER et al., 2017). Por outro lado, com o aumento na proporção da planta daninha no cultivo do milho

(25:75), observou-se uma maior condutância estomática, transpiração, clorofila e taxa fotossintética nos híbridos AG8780PRO3 e FS2B587RR (Tabela 4), o que pode indicar uma vantagem competitiva da cultura em relação às plantas de *A. hybridus*.

A maior vantagem competitiva também foi verificada no híbrido FS055C, o qual apresentou aumento na taxa fotossintética e eficiência carboxilativa, com uma redução na concentração interna de CO₂ a partir da menor proporção avaliada (75:25) (Tabela 4). As moléculas de CO₂ incorporadas para o interior das células do mesófilo foram rapidamente carboxiladas e transformadas em glicose, demonstrando um eficiente quando a soja e o capim-arroz estiverem na presença de plantas daninhas metabolismo (BASTIANI et al., 2016).

Por outro lado, o híbrido FS2A521PW apresentou uma menor eficiência no uso da água na menor proporção com *A. hybridus* (75:25) e uma limitação estomática a partir da proporção 50:50, decorrente da menor taxa fotossintética, menor condutância estomática e transpiração (Tabela 4). A eficiência do uso da água (EUA) é importante em plantas sob competição, uma vez que a planta para apresentar maior vantagem competitiva, precisa assimilar mais CO₂ com a menor perda de água possível por transpiração (CONCENÇO et al., 2007).

O índice de clorofila dos híbridos de milho AG8780PRO3, FS2A521PW e FS2B587RR aumentou com a maior proporção de plantas daninhas (25:75), acompanhando por maiores valores de fotossíntese, em relação às plantas em monocultivo (Tabela 4). Isso pode ser explicado pela maior estatura de plantas nessas condições (Tabela 2). O maior dossel dos híbridos em relação às plantas de *A. hybridus* permitiu uma maior exposição à radiação solar e, conseqüentemente maior produção de pigmentos fotossintéticos. A clorofila é o principal pigmento foliar envolvido na fotossíntese por atuar na captação de energia luminosa, além de ser constituinte do centro de reação no fotossistema II da cadeia transportadora de elétrons (TAIZ; ZEIGER, 2017).

As diferenças no nível de competição estão ligadas a capacidade de interceptação de luz e a utilização dos recursos do meio, como água e nutrientes. Em uma comunidade de plantas há benefício na competição pelos recursos para aquelas que se estabelecem primeiro, ou por características intrínsecas de cada híbrido quanto à habilidade competitiva (estatura, velocidade de crescimento, número de folhas, área foliar, massa seca, dentre outras) assim deixando menores quantidades de recursos disponíveis no meio o que ocasiona aumento de dano ao competidor ou a cultura (AGOSTINETTO et al., 2013).

Tabela 4- Taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), eficiência de carboxilação (EC , $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água (EUA , $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) e índice de clorofila em híbridos de milho submetidos a competição com caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 50 dias após a emergência das plantas. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Proporções de plantas Milho: <i>A. hybridus</i>	A	g_s	E	C_i	EC	EUA	Clorofila
AG8780PRO3							
100:0	13,98	0,13	1,39	208,75	0,07	10,13	23,50
75:25	10,55	0,16*	1,90	292,25*	0,03*	5,54*	24,73
50:50	16,24	0,18*	1,74	204,50	0,08	9,36	30,10*
25:75	17,74*	0,19*	2,10*	196,50	0,09	8,72	29,40*
FS2A521PW							
100:0	18,07	0,28	2,89	259,25	0,07	6,29	23,28
75:25	17,27	0,35	2,88	262,50	0,07	6,01*	22,98
50:50	14,80*	0,21	2,09*	254,00	0,06	7,10	21,33
25:75	15,01*	0,18*	1,94*	249,75	0,06	7,77	27,40*
FS2B587RR							
100:0	17,97	0,15	1,98	189,75	0,09	9,10	30,43
75:25	18,20	0,24*	2,03	176,75	0,10	8,97	29,68
50:50	14,89*	0,19	1,98	312,50*	0,04*	7,54	29,88
25:75	19,08	0,26*	2,67*	177,25	0,11	7,22	43,25*
FS055C							
100:0	8,71	0,14	1,72	294,50	0,03	5,08	33,28
75:25	11,90*	0,13	1,90	260,75*	0,04*	6,27	29,83
50:50	11,91*	0,14	1,62	208,00*	0,05*	7,39*	24,55*
25:75	10,61	0,13	1,66	237,00*	0,04*	6,45	33,68

Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha (monocultura, 100:0) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Conhecer a dinâmica da competitividade entre as espécies, assim como o efeito da associação dessas em características morfológicas, principalmente quando se trata de culturas de interesse como o milho e uma planta daninha em ascensão nas lavouras produtoras do Brasil, no caso do *A. hybridus* é importante para se avaliar os prejuízos causados da competição bem como para se planejar métodos de manejos integrados.

CONCLUSÕES

Ocorre competição entre os híbridos de milho AG8780IPRO, FS2A51PW, FS 2B587 RR e FS 055 C na presença de *A. hybridus*, independentemente das proporções de plantas na associação, causando prejuízos no desenvolvimento de EP, AF e MS das espécies.

A competição interespecífica causa maiores prejuízos a EP, AF e a MS das espécies do que a competição intraespecífica.

Ocorre competição pelos mesmos recursos do meio entre os híbridos de milho e a planta daninha *A. hybridus*.

Ao se comparar as espécies entre si, os híbridos de milho foram mais competitivos do que o *A. hybridus*.

As variáveis fisiológicas dos híbridos de milho sofrem modificações quando o mesmo convive com populações de *A. hybridus*.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1315-1322, 2013.
- ALMEIDA, M.L.de; MUNDSTOCK, C.M. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, v.31, n.3, p.401-408, 2001.
- BASSO, F.J.M. et al. Manejo de plantas daninhas em milho RR[®] com herbicidas aplicados isoladamente ou associados ao glyphosate. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.17, n.2, p.148-157, 2018.
- BASTIANI, M.O. et al., Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. **Bragantia**, v.75, p.435-445, 2016.
- 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, 2006.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10/01/2022.
- CONCENCO, G. et al. Statistical approaches in weed research: choosing wisely. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 45-58, 2018.
- CONCENÇO, G. et al., Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, v.25, p.449-455, 2007.
- COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, v. 5, n. 3, p. 664-673, 1991.
- COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v.66, n.2, p.347-352, 1993.
- DESIMONE, M., et al. Oxidative stress induces partial degradation of the large subunit of Ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase in isolated chloroplasts of barley. *Plant Physiology* v.111, p.789e796, 1996.
- FLECK, N. G. et al. Relative competitiveness among flooded rice cultivars and a red rice biotype. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.101-111, 2008.
- FORTE, C. T. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.2, p.185-193, 2017.
- FRANDOLOSO, F. et al. Competition of maize hybrids with alexandergrass (*Urochloa plantaginea*). **Australian Journal of Crop Science**, v.13, n.9, p.1447, 2019.
- GALON, L. et al. Competição entre híbridos de milho com plantas daninhas. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. e21101-e21101, 2021.

GALON, L. et al. Competitive ability of barley cultivars against ryegrass. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 771-781, 2011.

GALON, L. et al. Competitividade relativa entre híbridos de milho e biótipo de leiteiro. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 298-309, 2021.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D. Comparison of empirical models for predicting yield loss of irrigated rice (*Oryza sativa*) mixed with *Echinochloa* spp. **Crop Protection**, v.28, n.10, p.825-830, 2009.

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.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to soil drying. **European Journal of Agronomy**, v. 16, n. 2, p. 137-150, 2004.

MÜLLER, C. et al. Ecophysiological responses to excess iron in lowland and upland rice Cultivars. **Chemosphere**. v.189, p. 123-133, 2017.

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

PIASECKI, C. et al. Interference of GR[®] volunteer corn population and origin on soybean grain yield losses. **Planta Daninha**, v36, p. e018161420, 2018.

PIERIK, R.; BALLARÉ, C.L. Control of plant growth and defense by photoreceptors: from mechanisms to opportunities in agriculture. **Molecular Plant**, v.14, n.1, p. 61-76, 2021.

RUBIN, R.S. et al. Habilidade competitiva relativa de arroz irrigado com arroz-vermelho suscetível ou resistente ao herbicida imazapyr + imazapic. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.81, n.2, p.173-179. 2014.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.

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

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Interferência mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio. I implicações sobre a cultura do milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, v.23, n. 4, p. 589-596, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. - 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, p. 61, 2006.

WU, W. et al. Sensitivity analysis of crop growth models to multi-temporal scale solar radiation. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, v. 28, n. 3, p. 123-128, 2012.

ARTIGO III - HABILIDADE COMPETITIVA DE *Amaranthus hybridus* EM CONVIVÊNCIA COM FEIJÃO

COMPETITIVE ABILITY OF *Amaranthus hybridus* IN COEXISTENCE WITH BEAN

RESUMO

As plantas daninhas são consideradas uma das dificuldades no cultivo do feijão, contribuindo em muitos casos para baixa produtividade das lavouras. O *Amaranthus hybridus* é uma planta daninha que pode causar danos severos na cultura, por ser uma espécie adaptada as regiões que produzem feijão. Desse modo objetivou-se com o trabalho avaliar a habilidade competitiva de cultivares de feijão em convivência com *A. hybridus* em diferentes proporções de plantas na associação. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, com quatro repetições. Os competidores testados incluíram as cultivares de feijão, IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau, os quais competiram com o *A. hybridus*. Os experimentos em série de substituição foram constituídos por cinco tratamentos formados pelas proporções relativas de feijão: caruru de 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20 plantas vaso⁻¹. Aos 50 dias após a emergência das espécies, foi determinado a estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e a massa seca da parte aérea (MS), variáveis fisiológicas, teor de clorofila, taxa fotossintética, CO₂ consumido, taxa de transpiração, condutância estomática e uso eficiente da água. Ocorreu efeito negativo nas espécies, sendo as cultivares de feijão e a planta daninha *A. hybridus* afetados negativamente, uma vez que competiram pelos mesmos recursos disponíveis no meio. A competição interespecífica causa maiores prejuízos a EP, AF e a MS das espécies do que a competição intraespecífica. Quando em maiores densidades de *A. hybridus*, ocorre redução nas variáveis fisiológicas clorofila e eficiência no uso de água do feijoeiro. As cultivares de feijão mostraram-se com maior habilidade competitiva em relação ao *A. hybridus*.

Palavras-Chave: Caruru-roxo; *Phaseolus vulgaris*; Competição entre plantas

ABSTRACT

Weeds are considered one of the difficulties in bean cultivation, contributing in several cases to low crop productivity. *Amaranthus hybridus* weed can cause severe damage to the crop, because it is adapted to bean producing regions. Thus, the objective of this work was to evaluate the competitive ability of bean cultivars in coexistence with *A. hybridus* in different proportions of plants in the association. The experimental design used was completely randomized blocks, with four replications. The competitors tested included the bean cultivars, IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru and IPR Urutau, which competed with *A. hybridus*. The experiments in substitution series consisted in five treatments, composed by relative proportions of bean: pigweed of 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 and 0:20 plants plot⁻¹. At 50 days after species emergence, plant height (PH), leaf area (LA) and aerial part dry mass (DM), physiological variables, chlorophyll content, photosynthetic rate, CO₂ consumed, transpiration, stomatal conductance and efficient use of water. There was a negative effect on the species, the bean cultivars and the weed *A. hybridus* negatively affected, since they competed for the same available resources in the environment. Interspecific competition causes greater damage to PH, LA and DM than intraspecific competition. When in higher densities of *A. hybridus*, occurs a reduction in the

physiological variables chlorophyll and efficiency water use of bean crop. Bean cultivars showed greater competitive ability in relation to *A. hybridus*.

Keywords: Smooth pigweed; *Phaseolus vulgaris*; Competition between plants.

INTRODUÇÃO

O feijão além de ter importância econômica para o setor agrícola brasileiro, possui valor social e cultural, por ser um alimento básico da população do país. Para a safra 2021/22 são estimados produzir mais de 3,0 milhões de toneladas, 6,4% a mais em relação à safra passada (CONAB, 2022). São várias as regiões do Brasil que produzem feijão, porém o cultivo não é mais difundido por não ser a principal cultura, ficando atrás de soja e milho por exemplo. Esse fato ocorre pelas dificuldades na produção, sendo climáticas e/ou culturais. A cultura é bastante empregada em períodos entre safras de soja e milho, e passou a ser mais cultivado principalmente após o melhoramento de cultivares adaptadas para colheita mecanizada (TEIXEIRA et al., 2010; JÚNIOR et al., 2018).

A produtividade média de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*) do Brasil na safra 2020/21 foi de 984 kg ha⁻¹ (CONAB 2022), sendo essa muito baixo ao se comparar com lavouras que adotam elevadas tecnologias. Inúmeros são os fatores que afetam negativamente o feijoeiro e ocasionam a queda de produtividade, em especial destaca-se a interferência ocasionada pelas plantas daninhas (KALSING & VIDAL, 2013; VIECELLI et al. 2021).

As plantas daninhas são consideradas uma das dificuldades no cultivo do feijão, contribuindo para baixa da produtividade das lavouras em muitos locais do Brasil (TEIXEIRA et al., 2010). A competição com as plantas daninhas pode causar reduções da produtividade superior a 71% (KALSING; VIDAL, 2013; PARREIRA et al. 2014; GALON et al. 2016), quando não controladas de modo adequado e no período crítico de competição, que vai dos 24 aos 50 dias após a emergência (FRANCESCHETTI et al. 2019).

Em pesquisa realizada por Vogt et al., (2013) o feijoeiro apresentou prejuízos de 30,8 até 54,9% na produtividade de grãos quando infestada por *Ipomoea*, *Richardia brasiliensis*, *Bidens pilosa* e *Urochloa plantaginea*. O *Amaranthus hybridus* é uma planta daninha que pode causar danos severos na cultura, por ser uma espécie adaptada as regiões que produzem o feijoeiro.

Os carurus, nome popular dado as plantas do gênero *Amaranthus*, são plantas daninhas com ciclo fotossintético do tipo C₄, o que lhes confere maior capacidade de produção de fixação de carbono e melhor aproveitamento no uso da água, em relação a plantas com metabolismo C₃

(TAIZ; ZEIGER, 2017). Além disso, o *Amaranthus* em condições de estresse hídrico reduz a taxa de expansão foliar, massa seca e a condutância estomática, evitando a desidratação dos tecidos foliares (LIU; STÜTZEL, 2004). Isso possibilita as plantas de *Amaranthus* a se adaptarem em ambientes distintos, podendo tolerar temperaturas mais elevadas e estresse hídrico.

O feijoeiro apresenta baixa capacidade competitiva por apresentar ciclo curto, metabolismo do tipo C3 e sistema radicular superficial, que tornam a cultura muito prejudicada em relação a competição por água, luz e nutrientes quando infestada por plantas daninhas, que na maioria das situações demonstram maior habilidade competitiva do que as culturas (MANABE et al. 2015; FRANCESCHETTI et al. 2019).

O hábito de crescimento do feijoeiro pode ser um atributo positivo em sua habilidade competitiva. As plantas com ciclos semi- determinados e hábitos de crescimento prostrados apresentam uma maior capacidade competitiva com a comunidade de plantas daninhas, devido a cobertura mais rápida do solo, assim sombreando a planta competidora (TEIXEIRA et al., 2010).

O método mais utilizado para o controle de plantas daninhas em feijão é o químico, pela eficiência, rapidez e baixo custo quando se compara com outras ferramentas de manejo. Porém os herbicidas podem ocasionar contaminação do homem, do ambiente, dos grãos e possivelmente ser fitotóxico a cultura (CIESLIK et al., 2014; VIECELLI et al., 2021). Assim, a busca por modelos mais sustentáveis de cultivo é essencial, com cultivares mais adaptadas que possuam maior habilidade competitiva, o conhecimento da biologia das plantas daninhas e como se desenvolvem proporcionam tomadas de decisões mais eficientes. Para isso são utilizados experimentos em série de substituição, para se avaliar a habilidade competitiva nas espécies envolvidas na comunidade de plantas. Esses experimentos determinam as interações que ocorrem na competição entre plantas, como a determinação do tipo de competição, se é interespecífica ou intraespecífica, qual espécie é mais agressiva em determinada proporção de plantas (BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013).

Pesquisas que desenvolvam respostas sobre o comportamento de diferentes proporções de plantas envolvendo cultivares de feijão e *A. hybridus* em competição são relevantes. Essas proporcionam conhecimentos para gerir estratégias onde as culturas tenham maior habilidade competitiva (AGOSTINETTO et al., 2013; WANDSCHEER et al., 2014; FORTE et al., 2017) para desse modo evitar o uso exagerado de herbicidas e desenvolver modelos mais sustentáveis de produção, com menor custo ao produtor, menos impacto no ambiente e a geração de um alimento de melhor qualidade.

Há diferenciação na habilidade competitiva das cultivares de feijão em competição com densidades de plantas de *A. hybridus* quando as mesmas vivem em associações na comunidade. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a habilidade competitiva de cultivares de feijão em convivência com *A. hybridus* em diferentes proporções de plantas na associação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados nove experimentos em casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Erechim/RS, nas coordenadas geográficas com latitude 27°43'44"S e longitude 52°17'15"W, com altitude de 754 m, de dezembro de 2020 a março de 2021. As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com Latossolo Vermelho Alumínio férrico húmico (SANTOS et al., 2018) previamente corrigido e adubado de acordo com a recomendação à cultura do feijão (ROLAS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 4,8; M.O. = 4,9%; P = 7,1 mg dm⁻³; K = 408,0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,4 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 38,6 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 12,3 cmol_c dm⁻³; CTC_{efetiva} = 8,9 cmol_c dm⁻³; CTC_{pH7} = 14,8 cmol_c dm⁻³; H+Al = 6,2 cmol_c dm⁻³; Saturação de bases = 58%; e Argila = 56%. O clima da região é classificado como Cfa (temperado úmido com verão quente) de acordo com a classificação Köppen-Geiger, nas quais as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano (PEEL et al., 2007).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, com quatro repetições. Os competidores testados incluíram as cultivares de feijão: IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau (Tabela 1), os quais competiram com o *A. hybridus* (caruru-roxo). As sementes de *A. hybridus*, usadas nos experimentos, foram coletadas em 21/05/2020 nas coordenadas geográficas latitude 27°43'59.8"S e longitude 52°47'53.0"W e altitude de 601 m, no município de Ronda Alta (RS) em lavoura com cultivo de soja.

Foram instalados cinco experimentos preliminarmente, tanto para as cultivares de feijão quanto para o *A. hybridus* em monocultivos com objetivo de estimar a densidade de plantas em que a produção final de massa seca se torna constante. Para isso foram utilizadas as densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56 e 64 plantas vaso⁻¹ (equivalentes a 25, 49, 98, 196, 392, 587, 784, 980, 1.176, 1.372 e 1.568 plantas m⁻²).

Aos 50 dias após a emergência das espécies foram coletadas todas as plantas, em cada unidade experimental de feijão e/ou *A. hybridus* para determinar a massa seca da parte aérea (MS), sendo essa quantificada pela pesagem, após ser seca em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65±5°C até atingir massa constante. Através dos valores médios de MS das

espécies obteve-se produção constante de MS com densidades de 20 plantas vaso⁻¹, para todos os cultivares de feijão e/ou o *A. hybridus* o que equivaleu a 463 plantas m⁻² (dados não apresentados).

Tabela 1. Características genéticas das cultivares de feijão utilizados no estudo. UFFS, Campus Erechim/RS, 2020/21.

Empresa	Pedigree	Grupo comercial	Ciclo/hábito crescimento
IAC	IAC 1854	Carioca	90 dias/indeterminado-II
Iapar	IPR Tangará	Carioca	87 dias/indeterminado-II
Iapar	IPR Uirapuru	Preto	86 dias/indeterminado-II
Iapar	IPR Urutau	Preto	84 dias/indeterminado-II

Os experimentos em série de substituição foram constituídos por cinco tratamentos formados pelas proporções relativas (%) de feijão: *A. hybridus* de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100, o que equivaleu a 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20 plantas vaso⁻¹ da cultura *versus* planta daninha. Foram instalados outros quatro experimentos para avaliar a habilidade competitiva das cultivares de feijão (IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau) com plantas de *A. hybridus*, ambos conduzidos em série de substituição, nas diferentes combinações dos cultivares e da planta daninha. Para estabelecer as densidades desejadas em cada tratamento e obter uniformidade das plântulas, as sementes foram previamente semeadas em bandejas, sendo posteriormente transplantadas para os vasos.

Aos 50 dias após a emergência (DAE) das espécies, foi determinado a estatura de plantas (EP - cm), área foliar (AF - cm² vaso⁻¹) e a massa seca da parte aérea (MS - g vaso⁻¹). A EP foi aferida com régua graduada desde o nível do solo até o ápice da última folha completamente desenvolvida. Para quantificação da AF, foi utilizado um medidor eletrônico de área foliar (LICOR-3100) aferindo-se todas as plantas em cada unidade experimental. Após a determinação da AF as plantas foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* e postas em estufa com circulação forçada de ar, para secagem, a temperatura de 60±5°C, até o material atingir massa constante a fim de determinar a MS das espécies.

Também aos 50 DAE foram determinadas ainda as variáveis relacionadas a fisiologia das plantas. Para aferir o teor de clorofila (TC) foi utilizado um clorofilômetro portátil modelo SPAD 502 – Plus, determinando-se as medidas em cinco pontos de cada planta nas folhas inferiores, medianas e superiores do dossel. Já a taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração

interna de CO₂ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), quantidade de CO₂ consumido ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($\text{mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e uso eficiente da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) foram determinadas no terço médio da primeira folha completamente expandida das plantas. Para isso foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). Para as variáveis relacionadas a fisiologia das plantas cada bloco foi aferido em um dia, entre sete e 11 horas da manhã, de forma que se mantenham as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Os dados foram analisados por meio do método da análise gráfica da variação ou produtividade relativa (COUSENS, 1991; BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013). O referido procedimento, também conhecido como método convencional para experimentos substitutivos, consiste na construção de um diagrama tendo por base as produtividades ou variações relativas (PR) e total (PRT). Quando o resultado da PR for uma linha reta, significa que as habilidades das espécies são equivalentes. Se a PR resultar em linha côncava, houve prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Ao contrário, se a PR resultar em linha convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Quando a PRT for igual à unidade 1 (linha reta), ocorre competição pelos mesmos recursos; se ela for superior a 1 (linha convexa), a competição é evitada. Caso a PRT for menor que 1 (linha côncava), ocorre prejuízo mútuo ao crescimento (COUSENS, 1991).

Foram calculados ainda os índices de competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e agressividade (A) do feijão e do *A. hybridus*. O CR representa o crescimento comparativo das cultivares de feijão (X) em relação ao competidor *A. hybridus* (Y); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual das espécies é mais agressiva. Assim, os índices CR, K e A indicam qual espécie se manifesta mais competitiva e sua interpretação conjunta indica com maior segurança a competitividade do feijão ou do *A. hybridus* (COUSENS, 1991). Por exemplo, as cultivares de feijão X são mais competitivos que o competidor *A. hybridus* Y quando $\text{CR} > 1$, $\text{K}_x > \text{K}_y$ e $\text{A} > 0$; por outro lado, o competidor *A. hybridus* Y é mais competitivo que as cultivares de feijão X quando $\text{CR} < 1$, $\text{K}_x < \text{K}_y$ e $\text{A} < 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002; BIANCHI et al., 2006). Para calcular esses índices foram usadas as proporções 50:50 das espécies envolvidas no experimento (feijão versus *A. hybridus*), ou seja, as densidades de 10:10 plantas vaso⁻¹, utilizando-se as equações: $\text{CR} = \text{PR}_x/\text{PR}_y$; $\text{K}_x = \text{PR}_x/(1-\text{PR}_x)$; $\text{K}_y = \text{PR}_y/(1-\text{PR}_y)$; $\text{A} = \text{PR}_x - \text{PR}_y$, de acordo com Cousens e O'Neill (1993).

O procedimento de análise estatística da produtividade ou variação relativa incluiu o

cálculo das diferenças para os valores de PR (DPR) obtidos nas proporções 25, 50 e 75% em relação aos valores pertencentes à reta hipotética nas respectivas proporções, sendo elas, 0,25; 0,50 e 0,75 para PR (BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013). Utilizou-se o teste t para se identificar as diferenças relativas dos índices CR, K e A (HOFFMAN; BUHLER, 2002; BIANCHI et al., 2006). Considerou-se como hipótese nula, para testar as diferenças de A, que as médias fossem iguais a zero ($H_0 = 0$); para o CR, que as médias fossem iguais a um ($H_0 = 1$); e para K, que as médias das diferenças entre K_x e K_y fossem iguais a zero [$H_0 = (K_x - K_y) = 0$].

O critério para considerar as curvas PRT e PR observadas como diferentes das esperadas foi quando os valores esperados (representados por linhas pontilhadas) estavam fora do intervalo de confiança de 95% das curvas observadas - linhas sólidas e coloridas com intervalos de confiança da mesma cor (CONCENÇO et al., 2018). O critério para se considerar as curvas de PR e PRT diferentes das retas hipotéticas foi que, no mínimo em duas proporções das densidades testadas das espécies competidoras não tocassem as linhas coloridas, adaptado de Bianchi et al., (2006).

Os resultados obtidos para as variáveis fisiológicas (C_i , GS, A, E e EUA e teor de clorofila), e morfológicas (EP, AF e MS) das cultivares de feijão e do *A. hybridus*, expressos em valores médios por tratamento, foram submetidos à análise de variância pelo teste F, para cada um dos experimentos (IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau em competição com o *A. hybridus*) e quando esse foi significativo compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Dunnett, considerando-se as monoculturas como testemunhas nessas comparações. Em todas as análises estatísticas efetuadas adotou-se $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, observou-se ao se realizar a análise de variância dos dados que ocorreu interações significativas entre as proporções de plantas das cultivares de feijoeiro (IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau) em competição com as densidades de caruru-roxo (*A. hybridus*).

Os resultados gráficos da produtividade relativa (PR) das cultivares de feijoeiro IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau, em competição com o *A. hybridus* em diferentes proporções de plantas na associação indicam que ocorre competição entre a cultura e a planta daninha. A presença das linhas de produtividade relativas totais (PRT) côncavas (Figuras 1, 2 e 3) permitem inferir que ocorreu competição pelos mesmos recursos disponíveis

no meio e assim causando prejuízo nas variáveis estatura de plantas (EP), área foliar (AF) e massa seca (MS), recíproco para as duas espécies envolvidas.

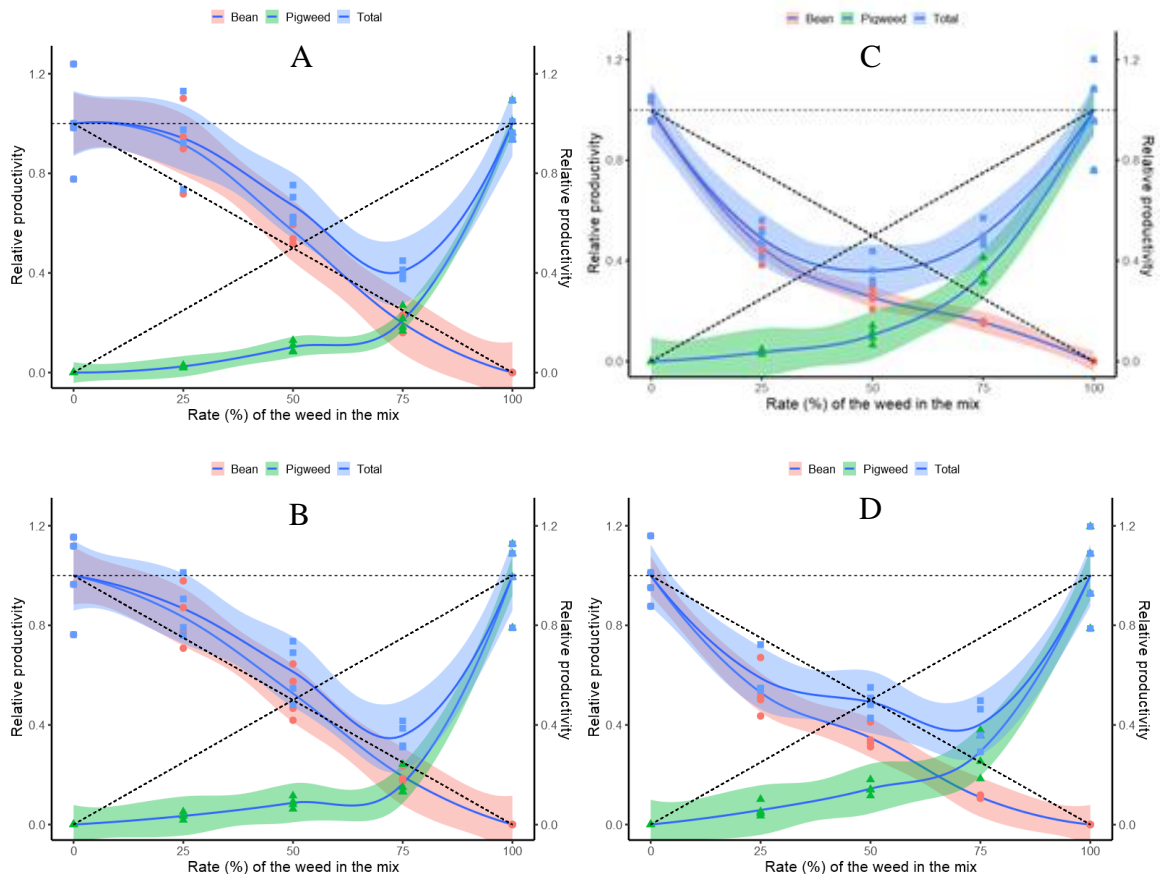


Figura 1. Produtividade relativa (PR) para área foliar das plantas de feijoeiro das cultivares IAC 1854 (A), IPR Tangará (B), IPR Uirapuru (C) e IPR Urutau (D) (●) e *A. hybridus* (▲) e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (feijoeiro: caruru-roxo). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

Quando a linha de PRT difere da linha esperada, tendo valor inferior a 1, indica que as espécies competiram pelos mesmos recursos disponíveis no meio. De acordo Rubin et al., (2014) quando a $PRT < 1$ há um antagonismo mútuo entre as espécies que estão em comunidade. Quando o feijoeiro competiu com o *Bidens pilosa* (GALON et al., 2017), soja com *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* (FORTE et al., 2017) e milho com *Urochloa plantaginea* (FRANDALOSO et al., 2019) também foi verificado nos resultados linhas côncavas ao se envolver as culturas e plantas daninhas, o que corrobora com o presente estudo.

Os resultados gráficos demonstram para as variáveis AF, EP e MS que as cultivares de feijoeiro apresentaram semelhança na competição e foram menos prejudicadas na associação do que o *A. hybridus*, isso porque as linhas de PR da cultura ficaram mais próximas das linhas

esperadas e as da planta daninha mais distantes (Figuras 1, 2 e 3). As cultivares IAC 1854 e IPR Tangará não apresentaram perdas nas PRs para a AF, uma vez que apresentaram linhas muito próximas das estimadas (Figura 1, A e B). Esse fato interferiu também nas PRs de MS, as quais nas mesmas duas cultivares essas apresentaram linhas côncavas apenas quando sob o maior nível de infestação de *A. hybridus* (75:25%), diferentemente das cultivares IPR Uirapuru e IPR Urutau (Figuras 1C e 1D), com linhas côncavas em todas as proporções de plantas daninhas em associação.

Esse fato, permite inferir que as cultivares possuem características intrínsecas distintas entre elas, as cultivares IAC 1854 e IPR Tangará são cultivares de feijão tipo carioca, alguns atributos contribuíram para essas tolerar a convivência com a planta daninha com menores prejuízos, comparadas as cultivares de feijão tipo preto IPR Uirapuru e IPR Urutau. Essas características podem estar relacionadas ao tempo de estabelecimento das plantas mais rápido das cultivares do tipo carioca, ciclo mais longo e maior área foliar apresentada (Tabela 2). Resultados contraditórios a esses foi encontrado em outro trabalho de habilidade competitiva testando diferentes cultivares de soja com plantas daninhas, onde os autores não identificaram diferenças intrínsecas entre as cultivares de soja (FORTE et al., 2017).

A maior habilidade competitiva de uma espécie, ou até mesmo de uma determinada cultivar, pode estar ligado as características intrínsecas específicas, no caso das cultivares de feijoeiro, suas características biológicas contribuem para superioridade em relação a planta daninha. Em experimentos que se avaliou a habilidade competitiva de cultivares de feijoeiro na presença de *Amaranthus*, foi identificado que a planta daninha foi mais prejudicada na associação (CARVALHO & CHRISTOFFOLETI, 2008) corroborando com os resultados encontrados na presente pesquisa. Esses mesmos autores atribuíram algumas características do feijoeiro que podem lhe conceder melhor adaptação quando em convivência com outras espécies, como rápida emergência, assim estabelecendo-se primeiro no sistema, com folhas primárias e trifólios grandes desde a fase inicial das plantas, gerando assim sombreamento para as plantas daninhas.

Entre as três variáveis estudadas (AF, EP e MS) a PR da EP foi a menos prejudicada para ambas as espécies, com linhas iguais as simuladas para a cultura, e côncavas para a planta daninha nas quatro simulações (Figura 2), o que resultou em PRTs inferiores a 1, porém próximas a linha simuladas da PR. Cabe destacar que se considerou como significativos os resultados quando em pelo menos duas proporções de plantas defiram entre si (Bianchi et al., 2006).

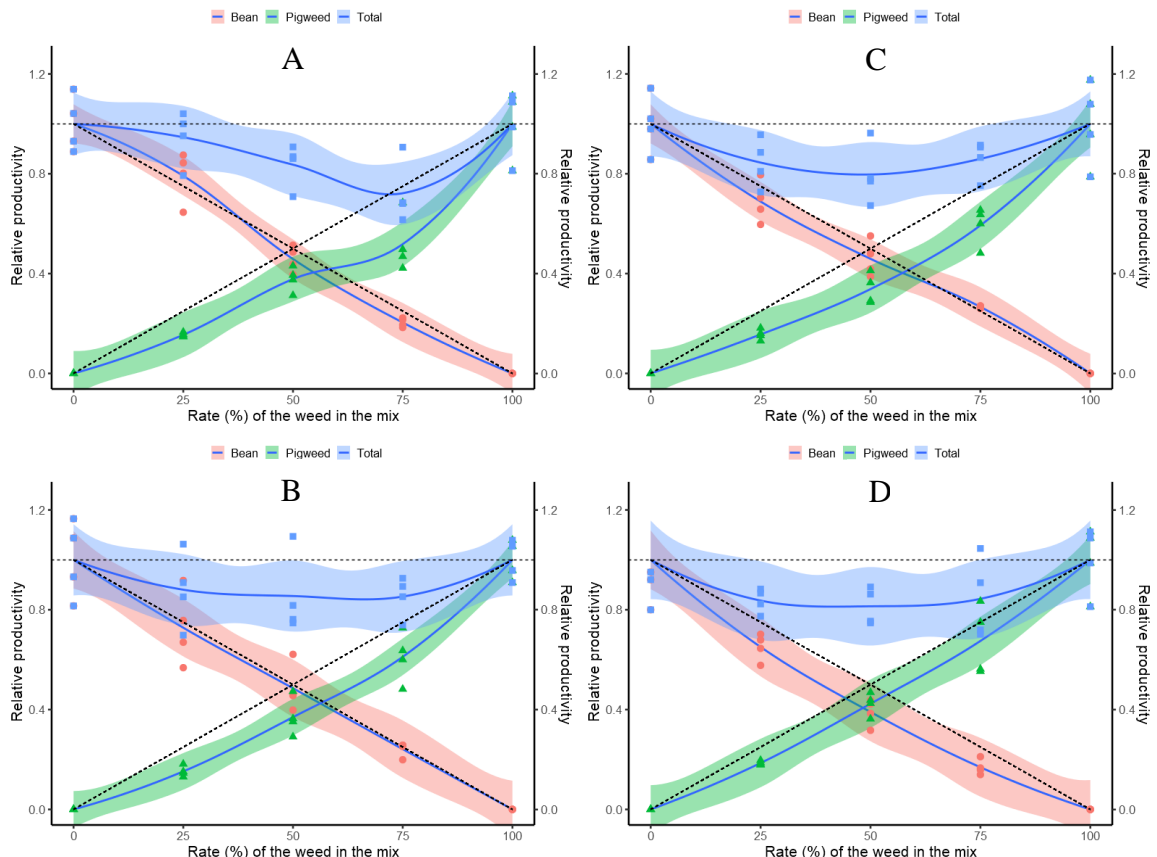


Figura 2. Produtividade relativa (PR) para estatura das plantas de feijão das cultivares IAC 1854 (A), IPR Tangará (B), IPR Uirapuru (C) e IPR Urutau (D) (●) e *A. hybridus* (▲), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (feijão: caruru-roxo). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

Quando em competição, as espécies direcionam fotoassimilados para o desenvolvimento da parte aérea, promovendo o alongamento do caule (estiolamento), como resposta de evitar ao sombreamento para garantir maior aquisição de luz (PIERIK; BALLARÉ, 2021). Nessas situações, há um aumento da biossíntese de auxina, que é transportada para a epiderme e é responsável pelo controle do alongamento celular (GAO, 2022). Esses mesmos autores relatam que as auxinas interagem com brassinosteróides (estimulantes de crescimento), ocorrendo a produção de etileno, sendo esses hormônios responsáveis pelo alongamento das plantas, como resposta para evitar sombreamento.

O feijoeiro mostra-se como bom competidor na presença de plantas daninhas como observado em outras pesquisas que corroboram com os resultados desse estudo. Galon et al., (2017) ao pesquisarem a habilidade competitiva de cultivares de feijoeiro com *Bidens pilosa* e Carvalho; Christoffoleti (2008) ao com *Amaranthus* também observaram que a cultura foi menos afetada em relação às plantas daninhas.

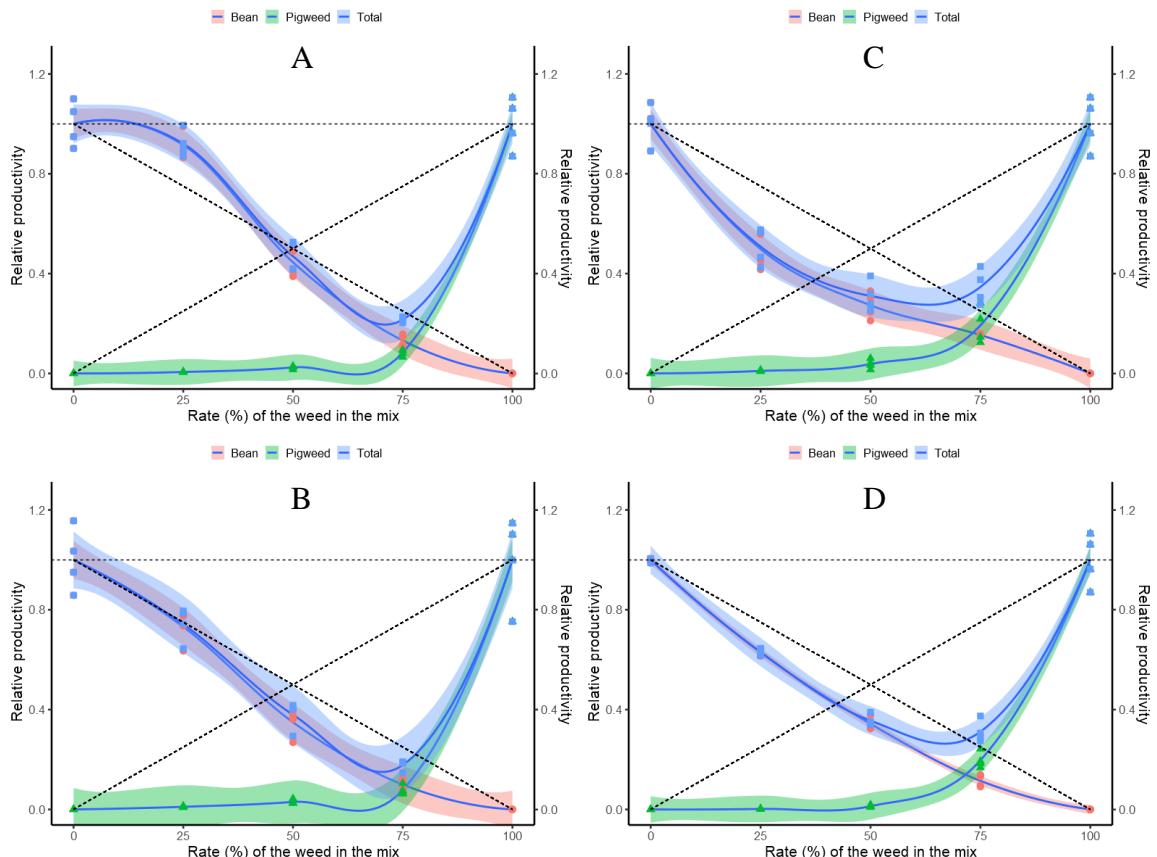


Figura 3. Produtividade relativa (PR) para massa seca da parte aérea das plantas de feijoeiro das cultivares IAC 1854 (A), IPR Tangará (B), IPR Uirapuru (C) e IPR Urutau (D) (●) e *A. hybridus* (▲), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (feijoeiro: caruru-roxo). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

Em geral, analisando-se as linhas de PRT percebe-se que o *A. hybridus* eleva o dano ao feijoeiro quando em altas densidades na associação (Figuras 1, 2 e 3). Nas situações de lavouras, geralmente as plantas daninhas aparecem em densidades mais altas do que as culturas. As plantas daninhas apresentam maior habilidade competitiva quando em densidades mais elevadas e não individualmente (AGOSTINETTO et al., 2013). Outro fato que deve ser levado em consideração é que nos experimentos em série substitutiva a cultura encontrava-se bem distribuída nas unidades experimentais, o que eleva a habilidade competitiva da mesma, enquanto a distribuição linear utilizada a campo, incrementa os danos causados pela comunidade competidora (DUSABUMUREMYI et al., 2014).

Observando-se as respostas morfológicas das cultivares de feijoeiro em associação com o *A. hybridus*, percebe-se que a competição interespecífica é mais prejudicial, tanto para a cultura quanto para a planta daninha. Esse fato é denotado em virtude dos valores médios das

variáveis EP, AF e MS diminuam conforme se incrementa a densidades das plantas na associação (Tabela 2). Os menores valores de acúmulos dessas variáveis nas plantas, principalmente MS, indicam a ocorrência da competição interespecífica, ocasionada pela disputa pelos mesmos recursos no meio. Galon et al., (2017) observaram resultados similares ao avaliarem a competição de cultivares de feijão com *Bidens pilosa*.

Tabela 2. Respostas morfológicas de cultivares de feijoeiro (IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau) submetidas a competição com o caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), expressas em estatura de plantas (EP - cm), área foliar (AF – cm² vaso⁻¹) e massa seca da parte aérea (MS – g vaso⁻¹), em experimento conduzido em série substitutiva. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Proporções de plantas	Estatura (cm)		Área foliar (cm ²)		Massa seca (g)	
	Feijão	<i>A. hybridus</i>	Feijão	<i>A. hybridus</i>	Feijão	<i>A. hybridus</i>
IAC 1854 x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	72,00	80,00	28184,36	17277,14	93,72	69,04
75:25/25:75	76,00	55,25*	34425,36	4809,05*	114,35*	7,67*
50:50/50:50	66,00	60,50*	32041,63	3537,25*	83,44	3,35*
25:75/75:25	58,75*	49,50*	22378,65	1725,35*	49,50*	1,57*
<i>C.V (%)</i>	<i>12,80</i>	<i>16,80</i>	<i>17,70</i>	<i>14,60</i>	<i>11,40</i>	<i>20,30</i>
IPR Tangará x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	51,50	82,50	28281,31	18527,14	97,34	66,54
75:25/25:75	50,00	67,25	31412,72	4046,25*	94,98	6,90*
50:50/50:50	50,00	61,00*	29780,49	3234,24*	67,98*	4,00*
25:75/75:25	49,75	50,25*	21919,54	2554,70*	38,8*	2,80*
<i>C.V (%)</i>	<i>19,20</i>	<i>16,60</i>	<i>19,00</i>	<i>26,40</i>	<i>15,10</i>	<i>33,20</i>
IPR Uirapuru x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	49,00	82,50	30951,55	19277,14	83,27	69,04
75:25/25:75	45,00	65,25*	18748,34*	8929,13*	55,31*	17,71*
50:50/50:50	45,00	55,75*	15805,02*	4014,99*	45,45*	5,20*
25:75/75:25	52,25	51,50*	19252,44*	2739,40*	51,24*	2,75*
<i>C.V (%)</i>	<i>12,50</i>	<i>17,90</i>	<i>9,90</i>	<i>26,20</i>	<i>13,40</i>	<i>24,10</i>
IPR Urutau x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	66,25	80,00	37832,63	15777,14	105,28	69,04
75:25/25:75	57,50	72,00	26756,70*	6175,00*	88,25*	18,10*
50:50/50:50	51,75	67,75	26340,06*	4547,15*	72,22*	1,79*
25:75/75:25	44,75	59,50*	16573,63*	3671,28*	48,25*	0,54*
<i>C.V (%)</i>	<i>19,50</i>	<i>16,00</i>	<i>15,80</i>	<i>29,60</i>	<i>8,40</i>	<i>19,70</i>

* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett (p<0,05).

As características morfológicas do feijoeiro como rápida velocidade de estabelecimento e seu hábito de crescimento mais prostrado ao solo, são parâmetros que influenciaram para que as cultivares não tivessem perdas de estatura de planta por exemplo, mesmo em densidades menores de plantas na associação com as cultivares IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau, enquanto para o *A. hybridus*, conforme ocorre aumento do competidor percebe-se que teve sua estatura suprimida.

Os resultados demonstram que não se observou diferenças significativas para a AF quando as cultivares IAC 1854 e IPR Tangará estiveram na presença com todas as densidades de *A. hybridus* (Tabela 2). A arquitetura de plantas, a capacidade de assimilação dos recursos disponíveis no meio podem ser fatores que atribuíram para as duas cultivares obterem menos prejuízos na competição e mantendo AF. Já as cultivares IPR Uirapuru e IPR Urutau apresentaram valores de AF menores conforme aumento da proporção da planta daninha nas associações. As diferenças na competição entre as cultivares e inclusive em relação ao *A. hybridus*, pode estar relacionado ao estabelecimento das plantas, pois a espécie que se estabelece primeiro apresenta vantagem na competição. A competição entre espécies afeta a quantidade e a qualidade da produção, pois modifica a eficiência de aproveitamento dos recursos do ambiente, como água, luz e nutrientes, estabelecendo-se entre a cultura e as plantas de outras espécies existentes no local (PITELLI, 2015).

O crescimento das cultivares de feijoeiro IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau superou o do *A. hybridus*, de acordo com o indicado pelo índice CR (maior que 1) para as três variáveis estudadas, EP, AF e MS (Tabela 3). Observou-se ainda dominância relativa do feijoeiro sobre a planta daninha expresso pelo índice K ($K_{\text{feijão}} > K_{A. hybridus}$) e que a cultura é mais competitiva do que a planta daninha segundo o índice de agressividade (positivo A). Em todas as comparações verificaram-se diferenças significativas em pelo menos dois índices (BIANCHI et al., 2006) entre as cultivares de feijoeiro e o *A. hybridus* o que demonstra que ambos não se equivalem em termos de competição pelos recursos do ambiente, destacando-se o feijoeiro como o mais competitivo que a planta daninha. Somente em uma situação, quando a cultivar IPR Urutau foi associada ao *A. hybridus* para a variável EP, não ocorreu efeito de competição entre as espécies levando-se em conta os índices de competitividade. Esse fato pode ser explicado pelas características de porte da cultivar ou de algumas características intrínsecas (velocidade de crescimento, número de ramificações, área foliar, massa seca, dentre outras), que podem ser diferenciais entre cultivares na habilidade competitiva (AGOSTINETTO et al., 2013).

Utilizando os três índices para definir competitividade foi verificado que o feijoeiro do tipo preto foi mais competitivo que o picão-preto (GALON et al., 2017) e que o *Raphanus sativus* L se sobressaiu em relação a genótipos de soja (BIANCHI et al., 2006). Ao avaliar a habilidade competitiva do feijoeiro infestado por *Urochloa plataginea* (PASSINI et al., 2003) e com diferentes espécies de *Amaranthus* (CARVALHO & CHRISTOFFOLETI, 2008) também constataram que a cultura apresentou maior habilidade competitiva do que as plantas daninhas.

Tabela 3. Índices de competitividade entre cultivares de feijão com caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), competindo em proporções iguais de plantas (50:50), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativos (K) e de agressividade (A), obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 50 dias após a emergência das plantas. UFFS, Erechim/RS, 2020

Variáveis	CR	K _x (Feijão)	K _y (<i>A. hybridus</i>)	A
Estatura de plantas (EP - cm)				
IAC 1854 x <i>A. hybridus</i>	1,221 ± 0,069*	0,859 ± 0,089	0,616 ± 0,063	0,08 ± 0,026*
IPR Tangará x <i>A. hybridus</i>	1,326 ± 0,097*	1,004 ± 0,217*	0,605 ± 0,103	0,116 ± 0,029*
IPR Uirapuru x <i>A. hybridus</i>	1,374 ± 0,103*	0,875 ± 0,132	0,520 ± 0,072	0,121 ± 0,028*
IPR Urutau x <i>A. hybridus</i>	0,929 ± 0,077	0,650 ± 0,007	0,742 ± 0,065	-0,033 ± 0,033
Área foliar (AF – cm ² vaso ⁻¹)				
IAC 1854 x <i>A. hybridus</i>	5,659 ± 0,338*	1,340 ± 0,135*	0,115 ± 0,013	0,466 ± 0,014*
IPR Tangará x <i>A. hybridus</i>	6,149 ± 0,471*	1,192 ± 0,248*	0,096 ± 0,013	0,439 ± 0,044*
IPR Uirapuru x <i>A. hybridus</i>	2,643 ± 0,456*	0,345 ± 0,034*	0,117 ± 0,020	0,151 ± 0,021*
IPR Urutau x <i>A. hybridus</i>	2,472 ± 0,246*	0,540 ± 0,055*	0,169 ± 0,019	0,204 ± 0,026*
Massa seca da parte aérea (MS – g vaso ⁻¹)				
IAC 1854 x <i>A. hybridus</i>	19,338 ± 2,682*	0,817 ± 0,093*	0,025 ± 0,003	0,421 ± 0,028*
IPR Tangará x <i>A. hybridus</i>	12,168 ± 1,713*	0,544 ± 0,062*	0,031 ± 0,005	0,319 ± 0,028*
IPR Uirapuru x <i>A. hybridus</i>	9,535 ± 3,584	0,381 ± 0,051*	0,039 ± 0,01	0,235 ± 0,027*
IPR Urutau x <i>A. hybridus</i>	28,664 ± 4,613*	0,524 ± 0,029*	0,013 ± 0,002	0,330 ± 0,013*

* Diferença significativa pelo teste t ($p \leq 0,05$). K_x e K_y são os coeficientes de agrupamento relativos das cultivares de feijão e do competidor *A. hybridus*, respectivamente.

Geralmente as plantas com metabolismo C₄, como é o caso do *A. hybridus*, são mais competitivas do que as plantas C₃, por demonstrarem melhor capacidade de aproveitamento dos recursos disponíveis no meio (SILVA et al., 2014). Na maioria das situações a cultura pode apresentar maior habilidade competitiva do que a planta daninha de modo isolado em função de que o efeito das espécies daninhas não se deve à sua maior competição individual, mas, principalmente, pelo efeito combinado de sua densidade total de plantas (BIANCHI et al., 2006). Porém em alguns trabalhos a planta daninha apresentou maior habilidade competitiva

do que arroz irrigado convivendo com: capim-arroz (AGOSTINETTO et al., 2008) e arroz-vermelho (FLECK et al., 2008). Ressalta-se ainda, que em uma comunidade de plantas há benefício na competição pelos recursos para aquelas que se estabelecem primeiro, ou por características intrínsecas de cada cultivar quanto à habilidade competitiva (estatura, velocidade de crescimento, distribuição espacial, índice de área foliar, número de afillhos, área foliar, massa seca, dentre outras). Desse modo menores quantidades de recursos ficarão disponíveis no meio o que acarreta aumento de dano ao competidor ou a cultura (AGOSTINETTO et al., 2013).

Interpretando-se conjuntamente as análises gráficas de variáveis relativas e suas significâncias em relação aos valores equivalentes (Figuras 1, 2 e 3), as variáveis morfológicas (Tabelas 2) e os índices de competitividade (Tabela 3) constatou-se que há efeito de interação negativa entre as espécies, sendo as cultivares do feijoeiro bem como o *A. hybridus* afetados. Entretanto, neste caso, pode-se afirmar que as cultivares de feijoeiro apresentam maior capacidade de adaptação na competição em relação ao *A. hybridus*. Desse modo, as diferenças em termos de competitividade das espécies avaliadas podem ser devido ao fato destas apresentarem características morfofisiológicas distintas ou exploram diferentes recursos do ambiente. Ou ainda pelo fato do *A. hybridus* apresenta baixa plasticidade fenotípica e sua produção de biomassa está diretamente ligada a densidade de plantas presentes na área. Outro fato importante é que quando uma espécie é mais competitiva que outra, ou uma planta é mais competitiva do que seu vizinho, ela possui mais habilidade de assimilação dos recursos disponíveis, tendo incrementos para seu desenvolvimento e crescimento mais próximo ao teto esperado, conseqüentemente causando mais danos ao competidor, deixando menos recursos disponíveis (AGOSTINETTO et al., 2013). Resultados similares foram observados em trabalhos que avaliaram a competitividade entre, feijão x *Urochloa plantagineae* (PASSINI et al. 2003), feijão x *Amaranthus* (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2008), soja x *Raphanus sativus* L (BIANCHI et al., 2006), e arroz e soja x *Digitaria ciliaris* (AGOSTINETTO et al., 2013).

Analisando as características fisiológicas das cultivares de feijoeiro foi possível verificar um aumento na taxa fotossintética, eficiência de carboxilação e eficiência do uso da água nas cultivares IAC 1854 e IPR Urutau, em convivência com o *A. hybridus* na proporção 50:50, em relação ao monocultivo da cultura (Tabela 4). Por outro lado, observou-se uma redução no índice de clorofila da cultivar IAC 1854 quando associada com *A. hybridus* nas proporções 75:25 e 50:50. A intensidade da clorofila nas plantas varia de acordo com a exposição solar. Assim, esse efeito pode ser atribuído à maior estatura do *A. hybridus* (Tabela 2), ocorrendo uma

vantagem competitiva pela luz (TAIZ; ZEIGER 2017; ULGUIM et al., 2016) em relação a cultivar IAC 1854.

Tabela 4- Taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), eficiência de carboxilação (EC , $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência do uso da água (EUA , $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e índice de clorofila em cultivares de feijão submetidas a competição com caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 50 dias após a emergência das plantas. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Proporções de plantas Feijão: <i>A. hybridus</i>	A	g_s	E	C_i	EC	EUA	Clorofila
IAC1854							
100:0	14,91	0,45	2,86	309,75	0,05	5,21	45,45
75:25	17,18	0,41	2,86	299,75	0,06	6,03	42,40*
50:50	18,08*	0,45	2,93	299,50	0,07*	6,17	40,57*
25:75	16,46	0,44	2,84	289,75*	0,06	5,81	42,70
IPR Tangará							
100:0	20,87	0,45	2,85	276,25	0,08	7,32	48,93
75:25	19,84	0,47	2,79	320,50	0,06	7,11	48,70
50:50	15,00*	0,45	2,77*	301,25	0,04*	5,40*	43,60*
25:75	17,26	0,46	2,94*	306,75	0,06	5,85*	50,30
IPR Uirapuru							
100:0	17,77	0,49	2,83	287,00	0,06	6,28	42,90
75:25	19,41	0,51	2,98*	300,75	0,06	6,51	39,33
50:50	15,08*	0,53	2,95	316,00*	0,04*	5,10*	41,30
25:75	17,45	0,47	2,80	307,25*	0,06	6,26	41,98
IPR Urutau							
100:0	15,11	0,45	2,88	295,50	0,05	5,25	46,23
75:25	15,74	0,47	2,84	324,00*	0,05	5,55	41,68
50:50	21,25*	0,46	2,85	308,00	0,06*	7,46*	42,28
25:75	19,24*	0,49	2,87	295,00	0,07	6,70*	40,80*

Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha (monocultura, 100:0) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A cultivar IPR Tangará apresentou um aumento na transpiração, conseqüentemente uma menor eficiência no uso da água quando em competição com o *A. hybridus*, na proporção de 25:75 (Tabela 4). Em proporção semelhante com a planta daninha (50:50) as cultivares IPR Tangará e IPR Uirapuru apresentaram uma redução na taxa fotossintética e eficiência de carboxilação, acompanhadas por um aumento na concentração interna de CO_2 (Tabela 4), o que

indica uma limitação bioquímica da fotossíntese. A limitação bioquímica pode ocorrer devido à diminuição da atividade da RuBisCO e/ou de sua síntese, ou ainda pela degradação de enzimas no ciclo de Calvin, resultante do estresse oxidativo (MATHUR et al. 2014; SHARMA et al. 2019).

O conhecimento da dinâmica e da competitividade entre plantas, em especial o feijoeiro e o *A. hybridus* torna-se fundamental, para a tomada de decisão de controlar a planta daninha em determinada densidade que não irá causar interferência negativa sobre a cultura. A cultura do feijoeiro é sensível e pode apresentar perdas de produtividade pelo efeito de diversos fatores tanto bióticos quanto abióticos. Dentre os fatores bióticos destaca-se a competição exercida pelas plantas daninhas que reduzem drasticamente a produtividade de grãos caso não sejam controladas de modo eficiente (TEIXEIRA et al., 2010). Vale ressaltar que o *A. hybridus* é uma daninha que possui resistência a herbicidas comprovada no estado do Rio Grande do Sul (HEAP, 2022) e possui alto índice de ressemeadura natural, sendo que uma planta pode produzir aproximadamente 200 mil sementes (GONÇALVES NETTO et al., 2016).

Desse modo, o entendimento da habilidade competitiva de *A. hybridus* sobre cultivares de feijoeiro torna-se importante para que se possa adotar métodos de controle apropriado da planta daninha, muitas vezes reduzindo o uso de herbicidas ou até mesmo evitando as aplicações, garantindo assim uma agricultura mais saudável e sustentável.

CONCLUSÕES

Ocorre competição entre as cultivares de feijoeiro IAC 1854, IPR Tangará, IPR Uirapuru e IPR Urutau na presença de *A. hybridus*, independentemente das proporções de plantas na associação, causando prejuízos no desenvolvimento e crescimento das espécies.

A competição interespecífica causa maiores prejuízos estatura de plantas, área foliar e massa seca da parte aérea do que a competição intraespecífica.

Ocorre competição pelos mesmos recursos do meio entre as cultivares de feijoeiro e o *A. hybridus*.

Ao se comparar as espécies entre si, as cultivares de feijão foram mais competitivas do que o *A. hybridus*.

A atividade fisiológica do feijoeiro é reduzida quando em competição com o *A. hybridus*.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1315-1322, 2013.
- 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, 2006.
- CARVALHO, S.J.P.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; Competition of *Amaranthus* species with dry bean plants. **Scientia Agricola**, v. 65, n.3, p.239-245, 2008.
- CIESLIK, L. F.; VIDAL, R. B.; TREZZI, M. M. Fomesafen toxicity to bean plants as a function of the time of application and herbicide dose. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 36, n. 3, p. 329-334, 2014.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10/01/2022.
- CONCENCO, G. et al. Statistical approaches in weed research: choosing wisely. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 45-58, 2018.
- COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, v. 5, n. 3, p. 664-673, 1991.
- COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v.66, n.2, p.347-352, 1993.
- DUSABUMUREMYI, P.; NIYIBIGIRA, C.; MASHINGAIDZE, A. B. Narrow row planting increases yield and suppresses weeds in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in a semi-arid agro-ecology of Nyagatare, Rwanda. **Crop Protection**, v. 64, n.1, p. 13-18, 2014.
- FLECK, N. G. et al. Relative competitiveness among flooded rice cultivars and a red rice biotype. **Planta Daninha**, v.26, n.1, p.101-111, 2008.
- FORTE, C. T. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.2, p.185-193, 2017.
- FRANCESCHETTI, M. B. et al. Interference of *Urochloa plantaginea* on morphophysiology and yield components of black beans. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 9, p. 272-280, 2019.
- FRANDOLOSO, F. et al. Competition of maize hybrids with alexandergrass (*Urochloa plantaginea*). **Australian Journal of Crop Science**, v.13, n.9, p.1447, 2019.
- GALON L et al. Interference and economic threshold level for control of beggartick on bean cultivars. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 411-422, 2016.
- GALON, L. et al. Comparison of experimental methods to assess the competitive ability of weed species. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 13, p.2185-2196, 2015.

GALON, L. et al. Competitive ability of bean cultivars with hairy beggarticks. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 855-865, 2017.

GAO, Y. et al. Interactive Effects of Intraspecific Competition and Drought on Stomatal conductance and Hormone Concentrations in Different Tomato genotypes. **Horticulturae**, v. 8, n. 1, p. 45, 2022.

GONÇALVES NETTO, A. et al. Multiple resistance of *Amaranthus palmeri* to ALS and EPSPS inhibiting herbicides in the State of Mato Grosso, Brasil. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 581-587, 2016.

HEAP, I.A. (2022). **Criteria for confirmation of the herbicide-resistant weeds**. Disponível em: <http://weedsociety.org/Pages/Species.aspx>. Acesso em: 20/01/2022.

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.

JÚNIOR, E. P. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-frade. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 806-814, 2018.

KALSING, A.; VIDAL, R. A. Nível crítico de dano de papuã em feijão-comum. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 843-850, 2013.

LIU, F.; STÜTZEL, H. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to soil drying. **European Journal of Agronomy**, v. 16, n. 2, p. 137-150, 2002.

MANABE, P. M. S. et al. Efeito da competição de plantas daninhas na cultura do feijoeiro. **Bioscience journal**, v. 31, n. 2, p. 333-343, 2015.

MATHUR, S; AGRAWAL, D; J, A. Photosynthesis: response to high temperature stress. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 137, p. 116-126, 2014.

PARREIRA, M. C. et al. Comparação entre métodos para determinar o período anterior à interferência de plantas daninhas em feijoeiros com distintos tipos de hábitos de crescimento. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p.727-738. 2014.

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

PIERIK, R.; BALLARÉ, C.L. Control of plant growth and defense by photoreceptors: from mechanisms to opportunities in agriculture. **Molecular Plant**, v.14, n.1, p. 61-76, 2021.

PITELLI, R. A. O termo planta-daninha. **Planta Daninha**, v. 33, n. 3, p. 622-623, 2015.

ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. **Manual de 423 calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: 424 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376p.

RUBIN, R.S. et al. Habilidade competitiva relativa de arroz irrigado com arroz-vermelho suscetível ou resistente ao herbicida imazapyr + imazapic. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.81, n.2, p.173-179. 2014.

SANTOS HG et al. 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª Edição. Brasília, DF: Embrapa, 356p.

SHARMA, A. et al. Responses of plants to pesticide toxicity: An overview. **Planta Daninha**, v. 37, n. e019184291, 2019.

SILVA, A.F. et al. Manejo de plantas daninhas. In: BORÉM A. et al. (Eds.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2014.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 888, 2017.

TEIXEIRA, I. R. et al. Desempenho agronômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista ciência agrônômica**, v. 41, n. 2, p. 300-307, 2010.

ULGUIM, A.da.R. et al., Competition of wild poinsettia biotypes, with a low-level resistance and susceptible to glyphosate, with soybean. **International Journal of Agriculture and Environmental Research**, v.2, p.1791-1806, 2016.

VIECELLI M et al. Morphophysiological characteristics of Brazilian bean genotypes related with sulfentrazone tolerance. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 56, n. 8, p. 706-721, 2021.

VOGT, G.A. et al. Competitive ability of black common bean genotypes with weeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 5, p. 397-403, 2013.

WANDSCHEER, A. C. D. et al. Capacidade competitiva da cultura do milho em relação ao capim-sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p.129-141, 2014.

ARTIGO IV - HABILIDADE COMPETITIVA DE *Amaranthus hybridus* EM CONVIVÊNCIA COM SOJA

COMPETITIVE ABILITY OF *Amaranthus hybridus* IN COEXISTENCE WITH SOYBEAN

RESUMO

O *A. hybridus* é uma planta daninha agressiva ao infestar a cultura da soja, devido suas características de rápido crescimento inicial, boa estatura de plantas e metabolismo do tipo C₄. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a habilidade competitiva de cultivares de soja na convivência com o *A. hybridus*, por meio de experimentos em série substitutiva. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, com quatro repetições. Os competidores testados incluíram as cultivares de soja, CZ 15B70 IPRO e DM 64i63 IRPO as quais conviveram com o *A. hybridus*. Os experimentos em série de substituição foram constituídos por cinco tratamentos formados pelas proporções relativas de soja: *A. hybridus* de 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20 plantas vaso⁻¹. Aos 50 dias após a emergência das espécies, foi determinado as variáveis morfológicas estatura de plantas, área foliar, a massa seca da parte aérea e as variáveis fisiológicas, teor de clorofila, taxa fotossintética, CO₂ consumido, taxa de transpiração, condutância estomática e uso eficiente da água. Ocorreu efeito negativo nas espécies, sendo as cultivares de soja e a planta daninha afetados negativamente, uma vez que competiram pelos mesmos recursos disponíveis no meio. A competição interespecífica causa maiores prejuízos a EP, AF e a MS das espécies do que a competição intraespecífica. Em competição com *A. hybridus*, a soja reduz teor de clorofila, assim como taxa fotossintética e eficiência no uso da água. Ao se comparar as espécies, o *A. hybridus* possui maior habilidade competitiva do que a soja, sendo assim, recomenda-se o controle da planta daninha mesmo quando em baixa infestação na soja, devido aos prejuízos causados no crescimento da cultura.

Palavras-Chave: Caruru-roxo. Interação competitiva. *Glycine max*.

ABSTRACT

A. hybridus is an aggressive weed when infesting soybean crop, due to its characteristics of rapid initial growth, good plant stature and C₄ metabolism. Therefore, the objective of this work was to evaluate the competitive ability of soybean cultivars in coexistence with *A. hybridus*, through experiments in substitutive series. The experimental design used was completely randomized blocks, with four replications. The competitors tested included the soybean cultivars, CZ 15B70 IPRO and DM 64i63 IPRO, which coexisted with *A. hybridus*. The experiments substitution series consisted of five treatments formed by relative proportions of soybean: *A. hybridus* of 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 and 0:20 plants pot⁻¹. At 50 days after species emergence, the morphological variables plant height, leaf area, aerial part dry mass and physiological variables, chlorophyll content, photosynthetic rate, CO₂ consumed, transpiration rate, stomatal conductance and efficient water use, were determined. There was a negative effect on the species; both soybean cultivars and the weed were negatively affected, since they competed for the same resources available in the environment. Interspecific competition causes greater damage to PH, LA and DM of species than intraspecific competition. In competition with *A. hybridus*, soybean reduces chlorophyll content, as well as photosynthetic rate and water use efficiency. When comparing the species, *A. hybridus* has greater competitive ability than

soybean, therefore, weed control is recommended even when in low infestation in soybean, due to damage caused to crop growth.

Keywords: Smooth pigweed. Competitive interaction. *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

A soja é umas das principais *comodities* mundial, seus grãos possuem alto teor de proteína, são utilizados na fabricação de alimentos para consumo humano e animal, além do uso como matéria prima para produção de biodiesel (PEREIRA, 2015). No Brasil, é estimada produção para a safra 2021/22 de mais de 125 milhões de toneladas, grande parte destinados ao esmagamento para produção de biocombustíveis e óleo vegetal, produção de farelo ou mesmo para exportação (CONAB, 2022), o que contribui para o desenvolvimento econômico no setor produtivo.

Em todas as regiões produtoras de soja, a cultura apresenta limitação em relação a produtividade, atribuídos a diversos fatores. A competição com plantas daninhas é uma das maiores limitações para a produtividade das culturas (ZANDONÁ et al., 2022). As plantas daninhas quando infestantes de culturas agrícolas comprometem o desenvolvimento natural das espécies, de maneira que competem por recursos disponíveis no meio, como água, nutrientes, luz e hospedar insetos e doenças (AGOSTINETTO et al., 2013; FORTE et al., 2017; GALON et al., 2021).

O *Amaranthus hybridus* é uma espécie de planta daninha presente em lavouras de produção de soja. Essa planta daninha apresenta porte alto, boa germinação de sementes em condições desfavoráveis, rápido crescimento, maior área foliar e acúmulo de massa seca (CARVALHO et al., 2007). Ao se comparar com outras espécies do gênero *Amaranthus*, é uma das mais competitivas ao conviver com as culturas agrícolas (CARVALHO et al., 2007). Quando em competição, as plantas podem ter seu desenvolvimento alterado, devido a modificação no ambiente de cultivo, por competirem por luz, nutrientes e água (FRANDOLOSO et al., 2019; GALON et al., 2021).

A habilidade competitiva de uma espécie pode ser alterada por algumas características, como o ciclo produtivo, arquitetura de plantas, capacidade de adaptação ao local, vigor de plantas. Isso também pode estar atrelado a cultivar escolhida, uma vez que no mercado de sementes de soja por exemplo, há várias cultivares comercializadas para cada região produtiva. Dessa maneira, tem-se metodologias específicas que dão respostas sobre a habilidade competitiva de diferentes cultivares ao serem infestadas por plantas daninhas, como é o caso

dos experimentos em série substitutiva. Esses experimentos permitem determinar a influência sofrida tanto pela cultura como da planta daninha, possibilitando desenvolver práticas mais conservacionistas e eficiência de manejo (AGOSTINETTO et al., 2013; FORTE et al., 2017).

Em experimentos conduzidos em séries substitutivas, as culturas geralmente demonstram maior habilidade competitiva do que as espécies daninhas, como visto em trabalhos realizados por Forte et al. (2017) e Galon et al. (2021). A justificativa para esses casos é dada pelo nível de infestação e não à sua habilidade competitiva individual das plantas daninhas (VILÁ et al., 2004). Em lavouras, a densidade de plantas geralmente é constante, enquanto a planta daninha pode variar conforme o banco de sementes no solo, vigor das sementes, condições para germinação, ataque de predadores, dentre outros (AGOSTINETTO et al., 2013; FORTE et al., 2017; GALON et al., 2021).

A realização de experimentos que propiciem respostas sobre o comportamento de diferentes proporções de plantas de cultivares de soja e de *A. hybridus* em competição são relevantes, pois proporcionam conhecimentos para adotar estratégias onde as culturas demonstrem maior habilidade competitiva (WANDSCHEER et al., 2014). Assim evita-se em algumas situações o uso exagerado de herbicidas, como consequência, se tem menor probabilidade do surgimento de plantas daninhas resistentes, menor impacto ambiental, menor custo de produção e uma produção mais sustentável.

A hipótese da pesquisa é que as cultivares de soja apresentam maior habilidade competitiva do que o competidor *A. hybridus* quando semeadas em ensaios de série substitutiva. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a habilidade competitiva de cultivares de soja em convivência com o *A. hybridus*, por meio de experimentos em série substitutiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados cinco experimentos em casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Erechim/RS, nas coordenadas geográficas com latitude 27°43'44"S e longitude 52°17'15"W, com altitude de 754 m, de novembro de 2020 a fevereiro de 2021. As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com Latossolo Vermelho Alumínio férrico húmico (SANTOS et al., 2018), previamente corrigido e adubado de acordo com a recomendação para cultura da soja (ROLAS, 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 4,8; M.O. = 4,9%; P = 7,1 mg dm⁻³; K = 408,0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0,4 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 38,6 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 12,3 cmol_c dm⁻³; CTC_{efetiva} = 8,9 cmol_c dm⁻³; CTC_{pH7} = 14,8 cmol_c dm⁻³; H+Al = 6,2

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Saturação de bases = 58%; e Argila = 56%. O clima da região é classificado como Cfa (temperado úmido com verão quente) de acordo com a classificação Köppen-Geiger, nas quais as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano (PEEL et al., 2007).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, com quatro repetições. Os competidores testados incluíram as cultivares de soja: CREDENZ 15B70 e Dom Mario 64i63 (Tabela 1), os quais competiram com o *A. hybridus* (caruru-roxo). As sementes de *A. hybridus*, usadas nos experimentos foram colhidas em 21/05/2020 nas coordenadas geográficas, latitude 27°43'59.8"S e longitude 52°47'53.0"W e altitude de 601 m, no município de Ronda Alta (RS) em lavoura com histórico de cultivo de soja.

Foram instalados três experimentos preliminarmente, tanto para as cultivares de soja quanto para o *A. hybridus* em monocultivos com objetivo de estimar a densidade de plantas em que a produção final de massa seca se torna constante. Para isso foram utilizadas as densidades de 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56 e 64 plantas vaso⁻¹ (equivalentes a 25, 49, 98, 196, 392, 587, 784, 980, 1.176, 1.372 e 1.568 plantas m⁻²).

Aos 50 dias após a emergência das espécies foram coletadas as plantas de soja e/ou *A. hybridus* para determinar a massa seca da parte aérea (MS). Após a colheita das plantas essas foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* e postas para secaram em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65±5°C até atingir massa constante. Através dos valores médios de MS das espécies obteve-se produção constante de MS com densidade de 20 plantas vaso⁻¹, para todos as cultivares de soja e/ou o *A. hybridus* o que equivaleu a 463 plantas m⁻² (dados não apresentados).

Tabela 1. Características genéticas dos cultivares utilizados no estudo. UFFS, Campus Erechim/RS, 2020/21.

Empresa	Pedigree	Ciclo	Hábito crescimento	Tecnologia
CREDENZ/BASF	CZ 15B70 IPRO	5,7	Indeterminado	RR- Bt
DON MARIO	DM 64i63 IPRO	6,4	Indeterminado	RR- Bt

Os experimentos em série de substituição foram constituídos por cinco tratamentos formados pelas proporções relativas (%) soja: *A. hybridus* de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100, o que equivaleu a 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20 plantas vaso⁻¹ da cultura *versus* planta daninha. Instalou-se dois experimentos para avaliar a habilidade competitiva das cultivares de soja, CREDENZ 15B70 e Dom Mario 64i63 com plantas de *A. hybridus*, ambos conduzidos em série de substituição, nas diferentes combinações dos cultivares e da planta daninha. Para

estabelecer as densidades desejadas em cada tratamento e obter uniformidade das plântulas, as sementes foram previamente semeadas em bandejas, sendo posteriormente transplantadas para os vasos.

Aos 50 dias após a emergência das espécies, foi determinado a estatura de plantas (EP - cm), área foliar (AF - $\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$) e a massa seca da parte aérea (MS - g vaso^{-1}). A EP foi aferida com régua graduada desde rente ao nível do solo até o ápice da última folha completamente desenvolvida. Para quantificação da AF, foi utilizado um medidor eletrônico de área foliar (LICOR-3100) aferindo-se todas as plantas em cada unidade experimental. Após a determinação da AF as plantas foram acondicionadas em sacos de papel *kraft* e postas em estufa com circulação forçada de ar, para secagem, a temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$, até o material atingir massa constante a fim de determinar a MS das espécies.

Também aos 50 DAE foram determinadas ainda as variáveis relacionadas a fisiologia das plantas. Para aferir o teor de clorofila (TC) foi utilizado um clorofilômetro portátil modelo SPAD 502 – Plus, determinando-se as medidas em cinco pontos de cada planta nas folhas inferiores, medianas e superiores do dossel. Já a taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), quantidade de CO_2 consumido ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($\text{mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e uso eficiente da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) foram determinadas no terço médio da primeira folha completamente expandida das plantas. Para isso foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). Para as variáveis relacionadas a fisiologia das plantas cada bloco foi aferido em um dia, entre sete e 11 horas da manhã, de forma que se mantenham as condições ambientais homogêneas durante as análises.

Os dados foram analisados por meio do método da análise gráfica da variação ou produtividade relativa (COUSENS, 1991; BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013). O referido procedimento, também conhecido como método convencional para experimentos substitutivos, consiste na construção de um diagrama tendo por base as produtividades ou variações relativas (PR) e total (PRT).

Quando o resultado da PR for uma linha reta, significa que as habilidades das espécies são equivalentes. Se a PR resultar em linha côncava, houve prejuízo no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Ao contrário, se a PR resultar em linha convexa, há benefício no crescimento de uma ou de ambas as espécies. Quando a PRT for igual à unidade 1 (linha reta), ocorre competição pelos mesmos recursos; se ela for superior a 1 (linha convexa), a competição

é evitada. Caso a PRT for menor que 1 (linha côncava), ocorre prejuízo mútuo ao crescimento (COUSENS, 1991).

Foram calculados ainda os índices de competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e agressividade (A) da soja e do *A. hybridus*. O CR representa o crescimento comparativo dos cultivares de soja (X) em relação ao competidor *A. hybridus* (Y); K indica a dominância relativa de uma espécie sobre a outra; e A aponta qual das espécies é mais agressiva. Assim, os índices CR, K e A indicam qual espécie se manifesta mais competitiva e sua interpretação conjunta indica com maior segurança a competitividade da soja ou do *A. hybridus* (COUSENS, 1991). Por exemplo, os cultivares de soja X são mais competitivos que o competidor *A. hybridus* Y quando $CR > 1$, $K_x > K_y$ e $A > 0$; por outro lado, o competidor *A. hybridus* Y é mais competitivo que os cultivares de soja X quando $CR < 1$, $K_x < K_y$ e $A < 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002; BIANCHI et al., 2006). Para calcular esses índices foram usadas as proporções 50:50 das espécies envolvidas no experimento (soja *versus* *A. hybridus*), ou seja, as densidades de 10:10 plantas vaso⁻¹, utilizando-se as equações: $CR = PR_x/PR_y$; $K_x = PR_x/(1-PR_x)$; $K_y = PR_y/(1-PR_y)$; $A = PR_x-PR_y$, de acordo com Cousens e O'Neill (1993).

O procedimento de análise estatística da produtividade ou variação relativa incluiu o cálculo das diferenças para os valores de PR (DPR) obtidos nas proporções 25, 50 e 75% em relação aos valores pertencentes à reta hipotética nas respectivas proporções, sendo elas, 0,25; 0,50 e 0,75 para PR (BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013). Utilizou-se o teste t para se identificar as diferenças relativas dos índices CR, K e A (HOFFMAN; BUHLER, 2002; BIANCHI et al., 2006). Considerou-se como hipótese nula, para testar as diferenças de A, que as médias fossem iguais a zero ($H_0 = 0$); para o CR, que as médias fossem iguais a um ($H_0 = 1$); e para K, que as médias das diferenças entre K_x e K_y fossem iguais a zero [$H_0 = (K_x - K_y) = 0$].

O critério para considerar as curvas PRT e PR observadas como diferentes das esperadas foi quando os valores esperados (representados por linhas pontilhadas) estavam fora do intervalo de confiança de 95% das curvas observadas - linhas sólidas e coloridas com intervalos de confiança da mesma cor (CONCENÇO et al., 2018). O critério para se considerar as curvas de PR e PRT diferentes das retas hipotéticas foi que, no mínimo em duas proporções das densidades testadas das espécies competidoras não tocassem as linhas coloridas, adaptado de Bianchi et al. (2006).

Os resultados obtidos para EP, AF e MS das cultivares de soja e do *A. hybridus*, expressos em valores médios por tratamento, foram submetidos à análise de variância pelo teste F, para

cada um dos experimentos (CREDENZ 15B70 IPRO e Dom Mario 64i63 IPRO em competição com *A. hybridus*). Quando o teste F foi significativo comparou-se as médias dos tratamentos pelo teste de Dunnett, considerando-se as monoculturas como testemunhas nessas análises. Em todas as análises estatísticas efetuadas adotou-se $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, observou-se ao se realizar a análise de variância dos dados que ocorreu interações significativas entre as proporções de plantas das cultivares de soja (CZ 15B70 IPRO e DM 64i63 IPRO) em competição com as densidades de caruru-roxo (*A. hybridus*). Os resultados gráficos demonstram que as cultivares de soja CZ 15B70 IPRO e DM 64i63 IPRO apresentaram similaridades, tanto para as PRTs quanto para as PRs ao competirem com a planta daninha *Amaranthus hybridus* (caruru-roxo) nas diferentes proporções de plantas nas associações (Figuras 1, 2 e 3).

Para as variáveis área foliar (AF) e massa seca (MS) das plantas, os resultados foram significativos, apresentando linhas de PRT côncavas, menores que 1, em todas as simulações, independentemente da densidade de soja ou de *A. hybridus* na associação (Figura 1 e 3). Esses resultados da PRT com linhas côncavas, permitem inferir que ocorreu competição entre a soja e *A. hybridus* pelos mesmos recursos presentes no ambiente. Segundo Rubin et al., (2014) quando a $PRT < 1$ há um antagonismo mútuo entre as espécies que estão competindo pelos recursos do meio (água, nutrientes e luz). Resultados semelhantes a esses foram encontrados por Forte et al., (2017) ao estudarem cultivares de soja em convivência com *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa*, também verificaram a presença de linhas côncavas da PRT para a AF e a MS. As perdas foram observadas mesmo nas menores proporções da espécie daninha (*A. hybridus*), o que indica que essa pode causar danos a cultura (soja) mesmo em baixa densidade. Isso também foi constatado quando a soja esteve na presença de *Raphanus sativa* L. (BIANCHI et al., 2006) ou em competição com o *Bidens pilosa* (Forte et al., 2017).

Para as linhas da PRT de estatura de plantas (EP) não ocorreu diferença significativa em nenhuma das proporções de plantas em competição (Figura 2). Nesse caso as linhas estimadas foram iguais as observadas, visto que, para haver significância, em pelo menos duas proporções de plantas nas associações devem diferir significativamente (BIANCHI et al., 2006). Assim sendo, nesse caso ocorreu competição pelo mesmo recurso, sendo provavelmente a luz. Quando em competição, as espécies direcionam fotoassimilados para o desenvolvimento da parte aérea, promovendo o alongamento do caule (estiolamento), como resposta de evitar ao sombreamento

para garantir maior aquisição de luz (PIERIK; BALLARÉ, 2021). Nessas situações, há um aumento da biossíntese de auxina, que é transportada para a epiderme e é responsável pelo controle do alongamento celular (GAO, 2022). Esses mesmos autores relatam que as auxinas interagem com brassinosteróides (estimulantes de crescimento), ocorrendo a produção de etileno, sendo esses hormônios responsáveis pelo alongamento das plantas, como resposta para evitar sombreamento.

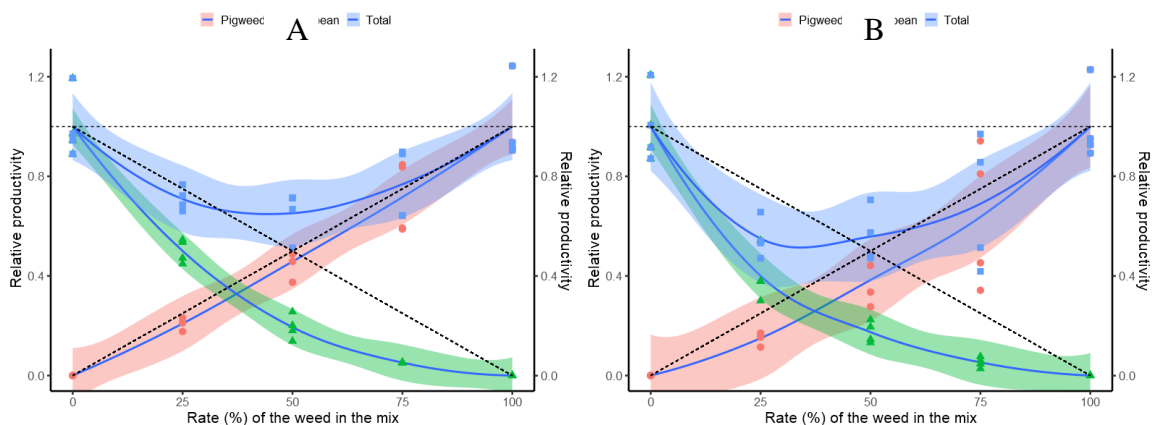


Figura 1. Produtividade relativa (PR) para área foliar das plantas de soja das cultivares CZ 15B70 IPRO (A), DM 64i63 IPRO(B) (●) e *A. hybridus* (▲), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja: *A. hybridus*). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

A partir dos gráficos de produtividade relativa (Figuras 1, 2 e 3), percebe-se que as cultivares de soja CZ 15B70 IPRO e DM 64i63 IPRO demonstram igualdade em termos de habilidade competitiva na presença do *A. hybridus*. Mostram-se menos prejudicadas na competição, sendo observado linhas retas de PR para as variáveis AF e MS, as quais permitem inferir que a competição não foi significativa, fator que ocorreu também para MS das plantas de soja, enquanto para o *A. hybridus* as linhas de PR foram côncavas para as duas variáveis. Porém, não se pode afirmar que as cultivares de soja possuem maior habilidade competitiva em relação ao *A. hybridus*, pois as linhas de PRT foram côncavas, havendo prejuízo para o crescimento tanto da cultura quanto do competidor (RUBIN et al., 2014).

Desse modo, com linhas de PRT côncavas para AF e MS, ocorreu competição entre as espécies pelos mesmos recursos disponíveis no meio, com prejuízo mútuo ao crescimento e desenvolvimento das mesmas. Rubin et al., (2014) também observaram $PRT < 1$ ocorrendo assim perdas para ambas as espécies quando em competição e pelos mesmos recursos do

ambiente. Em condições semelhantes várias pesquisas têm relatado que tanto as culturas quanto as plantas daninhas foram prejudicadas na associação, soja em competição com *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* (FORTE et al., 2017), milho na presença de capim-sudão (WANDSCHEER et al., 2014) ou de *Digitaria ciliares* e *Ipomea grandifolia* (GALON et al., 2021), o que corrobora com resultados encontrados no presente estudo envolvendo a soja com o *A. hybridus*. No entanto resultados contraditórios foram relatados por Silva et al., (2014) ao encontrarem linhas convexas de PRT quando a soja competiu com a *Coniza spp.*

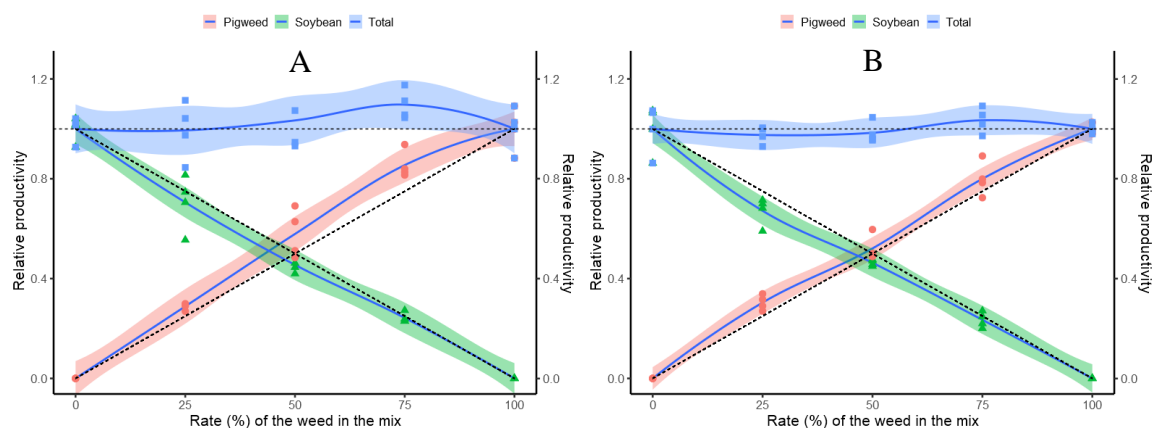


Figura 2. Produtividade relativa (PR) para estatura de plantas de soja das cultivares CZ 15B70 IPRO (A), DM 64i63 IPRO(B) (●) e *A. hybridus*(▲), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja: *A. hybridus*). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

Comparando o presente estudo com outros trabalhos percebe-se que as espécies apresentam diferenças quando em competição. Isso pode estar atrelado ao metabolismo das plantas, as cultivares utilizadas, características intrínsecas de cada espécie ou mesmo com o fato de a espécie que se estabelecer primeiro apresenta vantagem competitiva em relação ao seu vizinho (BIANCHI et al., 2006; AGOSTINETTO et al., 2013; FORTE et al., 2017; GALON et al., 2021). O *A. hybridus* possui metabolismo do tipo C_4 , rápido crescimento e desenvolvimento inicial (GONSALVES NETTO et al., 2016). As plantas C_4 são caracterizadas por demonstrarem melhor capacidade de assimilarem os recursos disponíveis no meio, desse modo normalmente se mostram mais competitivas do que as plantas C_3 (SILVA et al., 2014). Assim sendo o *A. hybridus* caracteriza-se como uma planta daninha muito competitiva ao infestar as culturas.

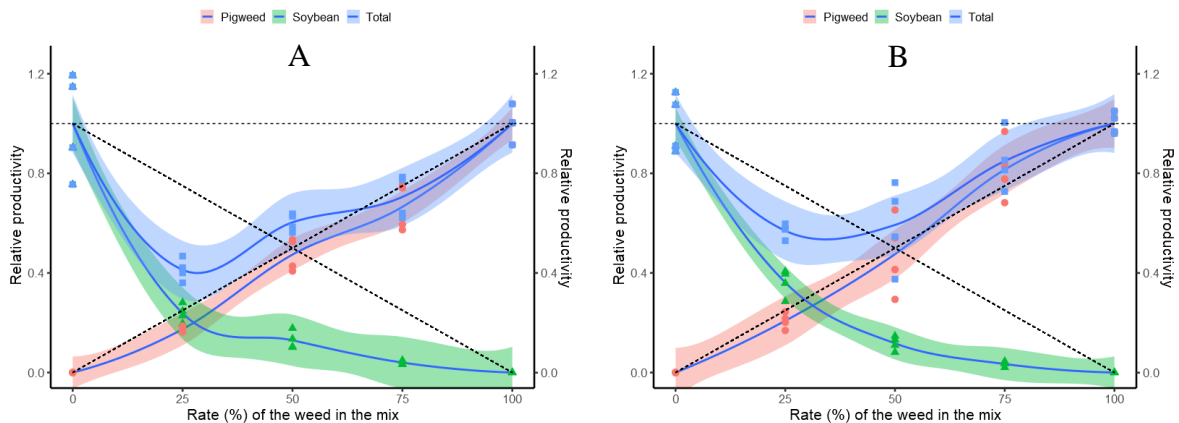


Figura 3. Produtividade relativa (PR) para massa seca da parte aérea da soja das cultivares CZ 15B70 IPRO (A), DM 64i63 IPRO(B) (●) e *A. hybridus* (▲), e produtividade relativa total (PRT) da comunidade (■) em função da proporção de plantas (soja: *A. hybridus*). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

Ao se analisar as respostas morfológicas observou-se que o aumento da densidade de plantas de *A. hybridus* competindo com a cultura (cultivares CZ 15B70 IPO e DM 64i63 IPRO) demonstrou redução da EP para a soja e aumento para o *A. hybridus* (Tabela 2). No entanto não houve efeito significativo para a EP, tanto da cultura quanto do competidor. Normalmente as plantas quando em competição não apresentam redução de porte, são estimuladas ao crescimento buscando maior exposição solar. Através da maior estatura dominam o dossel e otimizam o uso da radiação fotossinteticamente ativa (ULGUIM et al., 2016).

Para as variáveis morfológicas AF e MS, a competição mais prejudicial foi a interespecífica, sendo observado o mesmo comportamento para as cultivares de soja e para a planta daninha (Tabela 2). Quanto mais elevada a proporção dos competidores na associação cultivares *versus* planta daninha, maiores foram os danos às variáveis tanto da cultura quanto do *A. hybridus*, com redução em crescimento da AF e do acúmulo de MS. Em relação ao *A. hybridus* verificou-se não haver diferenças significativas para a AF e a MS quando esse competiu com a cultivar de soja CZ 15B70 IPRO.

Estudos demonstram que pode ocorrer prejuízo ao crescimento das culturas e das plantas daninhas quando essas estiverem em competição numa determinada comunidade (AGOSTINETTO et al., 2013; FORTE et al., 2017). Os menores valores de acúmulo de AF e de MS demonstram a elevada competição interespecífica, em que as espécies disputam os mesmos recursos do meio, conforme constatado quando cultivares de soja estiveram na

presença de *Raphanus sativa* L. (BIANCHI et al., 2006) ou de *Euphorbia heterophylla* e *Bidens pilosa* (FORTE et al., 2017).

No presente estudo a cultura encontrava-se bem distribuída, o que eleva a habilidade competitiva da mesma, enquanto a distribuição em linhas, geralmente utilizada a campo, incrementa os danos causados pela comunidade infestante (DUSABUMUREMYI et al., 2014). Zandoná et al., (2021) ao pesquisarem o nível de dano econômico ocasionado por *A. hybridus* em soja descrevem que a densidade de 1,21 plantas m⁻² do competidor já compensa a execução do controle, sendo que uma planta de *A. hybridus* m⁻² reduziu 6,4% a produtividade de grãos de soja.

Tabela 2. Respostas morfológicas de cultivares de soja submetidos a competição com caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), expressas em estatura de plantas (EP - cm), área foliar (AF – cm² vaso⁻¹) e massa seca da parte aérea (MS – g vaso⁻¹), em experimento conduzido em série substitutiva. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Proporções de plantas Soja: <i>A. hybridus</i>	Estatura (cm)		Área foliar (cm ²)		Massa seca (g)	
	Soja	<i>A. hybridus</i>	Soja	<i>A. hybridus</i>	Soja	<i>A. hybridus</i>
CZ15B70IPRO x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	43,80	103,06	8754,01	12841,81	28,16	117,94
75:25/25:75	41,20	117,45	5841,28*	12265,26	13,57*	128,18
50:50/50:50	39,86	119,31	3397,07*	11762,38	6,61*	112,14
25:75/75:25	42,49	119,00	1820,67*	10723,20	3,88*	98,09
<i>C.V</i> (%)	10,90	11,70	17,60	17,80	18,70	21,60
DM64i63IPRO x <i>A. hybridus</i>						
100:0/0:100	51,45	103,06	11930,55	12671,81	42,55	123,57
75:25/25:75	46,08	109,90	6366,07*	10760,37	13,51*	109,63
50:50/50:50	47,69	107,36	4160,86*	9724,46	11,03*	117,08
25:75/75:25	48,30	125,25*	2528,48*	7602,78*	6,82*	86,11*
<i>C.V</i> (%)	10,50	9,50	25,00	32,20	29,10	12,50

* Média difere da testemunha (T) pelo teste de Dunnett (p<0,05).

A competição entre plantas afeta tanto a qualidade como a quantidade da produção de biomassa, pois modifica a eficiência de aproveitamento dos recursos do ambiente, como água, luz e nutrientes, estabelecendo-se entre a cultura e as plantas daninhas (BIANCHI et al., 2006). Em experimentos de habilidade competitiva, geralmente a cultura leva vantagem na competição, pelo motivo que as espécies daninhas possuem maior poder de supressão das culturas vizinhas pelos seus altos níveis de infestação e não por sua habilidade competitiva individual (VILÁ et al., 2004). Entretanto, contraditórios foram os resultados encontrados nesse

estudo, o que leva crer que o *A. hybridus* é uma planta daninha agressiva ao infestar a cultura da soja e mesmo sob baixa densidade de plantas ocasiona severos danos a cultura.

O *A. hybridus* é mais competitivo que as cultivares de soja (CZ 15B70 IPRO e DM 64i63 IPRO) quando comparados pelos coeficientes desenvolvidos por Hoffman; Buhler (2002), $CR < 1$, $K_x < K_y$ e $A < 0$. Assim, adotou-se como critério para comprovar superioridade competitiva, a ocorrência de diferença significativa em pelo menos dois desses índices (BIANCHI et al., 2006). Apenas a variável EP não demonstrou significância envolvendo as duas cultivares de soja com o *A. hybridus*.

Observou-se para as variáveis AF e MS, que as cultivares de soja apresentaram menor competitividade relativa em convivência com o *A. hybridus* com valores de CR menores que 1. Os coeficientes de agrupamento da soja foram menores do que o da planta daninha e os valores de agressividade negativos. Bianchi et al., (2006) observaram que o nabo também foi mais competitivo que a cultura da soja com base nos índices de competitividade.

Tabela 3. Índices de competitividade entre cultivares de soja com caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), competindo em proporções iguais de plantas (50:50), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativos (K) e de agressividade (A), obtidos em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 50 dias após a emergência das plantas. UFFS, Erechim/RS, 2020

Variáveis	CR	K_x (Soja)	K_y (<i>A. hybridus</i>)	A
Estatura de plantas (EP)				
CZ15B70IPRO x <i>A. hybridus</i>	0,799 ± 0,058*	0,840 ± 0,053	1,479 ± 0,303	-0,124 ± 0,041
DM64i63IPRO x <i>A. hybridus</i>	0,897 ± 0,049	0,864 ± 0,022	1,107 ± 0,125	-0,057 ± 0,030
Área foliar (AF – cm ² vaso ⁻¹)				
CZ15B70IPRO x <i>A. hybridus</i>	0,423 ± 0,046*	0,244 ± 0,038*	0,861 ± 0,096	-0,264 ± 0,027*
DM64i63IPRO x <i>A. hybridus</i>	0,477 ± 0,085*	0,214 ± 0,032*	0,652 ± 0,126	-0,209 ± 0,049*
Massa seca (MS g vaso ⁻¹)				
CZ15B70IPRO x <i>A. hybridus</i>	0,259 ± 0,032*	0,134 ± 0,018	1,046 ± 0,320	-0,358 ± 0,072*
DM64i63IPRO x <i>A. hybridus</i>	0,285 ± 0,058*	0,150 ± 0,024*	0,923 ± 0,119	-0,344 ± 0,050*

* Diferença significativa pelo teste t ($p \leq 0,05$). K_x e K_y são os coeficientes de agrupamento relativos das cultivares de soja e do competidor *A. hybridus*, respectivamente.

Verificou-se que as cultivares de soja e o *A. hybridus* não se equivalem na competição, tendo destaque para a planta daninha que apresentou maior habilidade em utilizar os recursos disponíveis (Tabela 3). Quando uma espécie for mais competitiva que a outra essa terá maior capacidade de assimilação dos recursos que estão disponíveis no meio, vindo a incrementar o

potencial de desenvolvimento e crescimento, conseqüentemente gerando danos ao competidor (AGOSTINETTO et al., 2013).

Interpretando em conjunto os dados de produtividade relativa (Figuras 1, 2 e 3), as variáveis morfológicas (Tabela 2) e os índices de competitividade (Tabela 3), pode-se inferir que ocorreu interação negativa entre as espécies, sendo as cultivares de soja bem como o *A. hybridus* afetados. Destaca-se que o *A. hybridus* é uma planta daninha muito agressiva ao conviver com a soja pela elevada habilidade competitiva apresentada ao reduzir a AF e a MS da cultura. Desse modo, as diferenças em termos de competitividade das espécies avaliadas podem ser devido ao fato destas explorarem os mesmos recursos, água, luz e nutrientes presentes no ambiente de convivência (FORTE et al., 2017).

Nas variáveis fisiológicas da soja, a cultivar CZ 15B70 IPRO apresentou redução no teor de clorofila já na menor proporção de plantas daninhas na associação (75:25, soja: *A. hybridus*). O aumento na proporção de plantas daninhas causou redução na taxa fotossintética com redução na transpiração das plantas de soja, indicando limitação estomática da fotossíntese para a mesma cultivar. No entanto, a eficiência de carboxilação e a eficiência do uso da água não foram alterados pela incidência de plantas daninhas no cultivo da soja (Tabela 4).

Tabela 4- Taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), eficiência de carboxilação (EC , $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água (EUA , $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) e índice de clorofila em cultivares de soja submetidas a competição com caruru-roxo (*Amaranthus hybridus*), em experimentos conduzidos em séries substitutivas, aos 50 dias após a emergência das plantas. UFFS, Erechim/RS, 2020.

Proporções de plantas Soja: <i>A. hybridus</i>	A	g_s	E	C_i	EC	EUA	Clorofila
CZ15B70IPRO							
100:0	17,27	0,33	2,91	296,00	0,06	5,92	32,10
75:25	14,13	0,27	2,71*	300,50	0,05	5,22	28,50*
50:50	14,26	0,25*	2,74*	286,25	0,05	5,20	29,80
25:75	13,89*	0,32	2,51*	310,00	0,04	5,53	31,03
DM64i63IPRO							
100:0	13,07	0,31	2,72	308,25	0,04	4,81	29,70
75:25	13,00	0,25*	2,29*	322,00	0,04	5,65*	27,33
50:50	13,54	0,35	2,75	325,00	0,04	4,92	26,90
25:75	13,07	0,28	3,00*	311,50	0,04	4,34	27,10

Médias seguidas por asterisco diferem da testemunha (monocultura, 100:0) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A cultivar DM 64i63 IPRO, apesar de manter os valores de taxa fotossintética, apresentou uma redução na condutância estomática e transpiração das plantas de soja quando cultivadas com *A. hybridus* na proporção de 75: 25 (Tabela 4). Os menores valores de *E* causaram uma menor eficiência no uso da água. Por outro lado, o aumento na proporção de plantas daninhas (25:75) causou uma maior transpiração, no entanto, a taxa fotossintética e eficiência do uso da água das plantas de soja. A maior transpiração das plantas de soja pode ser decorrente da percepção de competitividade por água no solo pela maior presença de plantas daninhas (FERREIRA et al. 2015). As trocas gasosas das plantas estão atreladas a fatores como disponibilidade de água, luminosidade solar e nutrição equilibrada, sendo esses podendo sofrer alterações na quantidade e qualidade disponíveis as culturas pelo fato da competição causada por plantas daninhas (CRAINE; DYBZINSKI 2013, FERREIRA et al. 2015).

Estudar a habilidade competitiva das espécies, principalmente da soja e do *A. hybridus*, trouxeram respostas importantes para tomadas de decisões frente a associação dessas em diferentes densidades. Observou-se que o controle do *A. hybridus* mesmo presente em baixas densidades de infestação vai evitar a interferência negativa sobre a cultura. Entendendo a dinâmica das espécies envolvidas na comunidade ou mesmo a habilidade competitiva dessas torna-se relevante para adoção de técnicas de manejo mais eficazes do *A. hybridus*, evitando assim a proliferação dessa espécie ou o aumento dos custos de produção na adoção de métodos de controle.

CONCLUSÕES

Ocorre competição entre as cultivares de soja CZ 15b70 IPRO e DM 64i63 IPRO ao conviverem com o *A. hybridus*, ambos sendo afetados negativamente independentemente da proporção de plantas na associação.

A competição interespecífica é mais prejudicial à cultura da soja quando infestada por *A. hybridus*.

O *A. hybridus* apresentou maior competitividade relativa do que as cultivares de soja.

Ocorre redução no teor de clorofila, assim como taxa fotossintética e eficiência no uso da água na soja quando em competição com *A. hybridus*.

Recomenda-se o controle de *A. hybridus* mesmo quando infestar em baixa densidade a cultura da soja, devido aos prejuízos causados no crescimento da cultura.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO, D. et al. Habilidade competitiva relativa de milhã em convivência com arroz irrigado e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1315-1322, 2013.
- 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, 2006.
- CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10/01/2022.
- CONCENCO, G. et al. Statistical approaches in weed research: choosing wisely. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n.1, p. 45-58, 2018.
- COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, v. 5, n. 3, p. 664-673, 1991.
- COUSENS, R.; O'NEILL, M. Density dependence of replacement series experiments. **Oikos**, v.66, n.2, p.347-352, 1993.
- CRAINE J, M. & DYBZINSKI R. Mecanismos de competição vegetal para nutrientes, água e luz. **Functional Ecology**. v.27, n. 4, p.833-840. 2013.
- DUSABUMUREMYI, P.; NIYIBIGIRA, C.; MASHINGAIDZE, A. B. Narrow row planting increases yield and suppresses weeds in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in a semi-arid agro-ecology of Nyagatare, Rwanda. **Crop Protection**, v. 64, n.1, p. 13-18, 2014.
- FERREIRA, E, A. et al. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.
- FORTE, C. T. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 185-193, 2017.
- FRANDOLOSO, F. et al. Competition of maize hybrids with alexandergrass (*Urochloa plantaginea*). **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 9, p. 1447, 2019.
- GALON, L. et al. Competição entre híbridos de milho com plantas daninhas. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. e21101-e21101, 2021.
- GAO, Y. et al. Interactive Effects of Intraspecific Competition and Drought on Stomatal conductance and Hormone Concentrations in Different Tomato enotypes. **Horticulturae**, v. 8, n. 1, p. 45, 2022.

- 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.
- PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.
- PEREIRA, S. R. A evolução do complexo soja e a questão da transgenia. **Revista de Política Agrícola**, v. 13, n. 2, p. 26-32, 2015.
- PIERIK, R.; BALLARÉ, C.L. Control of plant growth and defense by photoreceptors: from mechanisms to opportunities in agriculture. **Molecular Plant**, v.14, n.1, p. 61-76, 2021.
- ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. **Manual de 423 calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: 424 Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376p.
- RUBIN, R.S. et al. Habilidade competitiva relativa de arroz irrigado com arroz-vermelho suscetível ou resistente ao herbicida imazapyr + imazapic. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 2, p. 173-179. 2014.
- SANTOS HG et al. 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª Edição. Brasília, DF: Embrapa, 356p.
- SILVA, D.R.O. et al. Habilidade competitiva, alterações no metabolismo secundário e danos celulares de soja competindo com *Conyza bonariensis* resistente e suscetível a glyphosate. **Planta Daninha**, v. 32, p. 579-589, 2014.
- ULGUIM, A. R. et al. Competition of wild poinsettia biotypes, with a low-level resistance and susceptible to glyphosate, with soybean. **International Journal of Agriculture and Environmental Research**, v. 2, p. 1791-1806, 2016.
- VILÁ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, v. 6, n. 1, p. 59-69, 2004.
- WANDSCHEER, A. C. D. et al. Capacidade competitiva da cultura do milho em relação ao capim-sudão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 129-141, 2014.
- ZANDONÁ, R. et al. Economic threshold of smooth pigweed escaped from a herbicide program in roundup ready® soybean. **Advances in Weed Science**, v. 40, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das pesquisas realizadas com a planta daninha *Amaranthus hybridus*, constatou-se que há alternativas de controle eficientes usando-se herbicidas na modalidade de pré e/ou de pós-emergência ou mesmo selecionar cultivares mais competitivas em relação ao competidor.

Os herbicidas [imazethapyr+flumioxazin], flumioxazin, sulfentrazone e [sulfentrazone+diuron] apresentaram os melhores controles utilizados em pré-emergência do *A. hybridus*, enquanto diclosulam, imazethapyr e o metribuzin não demonstraram controle satisfatórios.

A aplicação de chlorimiuron-ethyl e imazethapyr não apresentou controle adequado de *A. hybridus* quando aplicados em pós-emergência.

Há possibilidade de rotação de mecanismos de ação para o controle de *A. hybridus* evitando o desenvolvimento de biótipos com resistência a determinado herbicida.

Os híbridos de milho e as cultivares de feijão demonstraram melhor habilidade competitiva em relação ao *A. hybridus*, com melhor capacidade de extrair os recursos disponíveis no meio.

As cultivares de soja demonstraram menor habilidade competitiva ao conviver com o *A. hybridus*, sendo a cultura mais prejudicada na competição.

Todas as culturas testadas apresentaram perdas de produtividade relativa de área foliar, estatura de plantas e massa seca da parte aérea de plantas sob infestação da planta daninha, inclusive com baixa infestação da mesma.

Recomenda-se o controle do *A. hybridus* mesmo quando presentes em baixas infestações nas lavouras, pois possui alta produção de sementes viáveis e mostrou-se uma planta daninha agressiva ao competir com as espécies, em especial a cultura da soja.

Os resultados obtidos proporcionam informações científicas para técnicos e produtores agrícolas sobre o *A. hybridus*, contribuindo para um manejo mais assertivo dessa planta daninha nas culturas do milho, feijão e da soja.

É importante a continuidade de pesquisas sobre o *A. hybridus*, possibilitando ainda mais informações sobre a espécie, buscando uma agricultura mais produtiva e sustentável.