

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Atualização do período anterior a interferência
em soja e habilidade competitiva com caruru**

Cassiano Salin Pigatto

Capão do Leão, 2022

CASSIANO SALIN PIGATTO

Atualização do período anterior a interferência em soja e habilidade competitiva com caruru

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fitossanidade (área do conhecimento: Herbologia).

Orientador: Dr. Dirceu Agostinetto

Coorientador: Dr. André da Rosa Ulguim

Capão do Leão, 2022

Banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. Leandro Vargas

Eng. Agr. Dr. Theodoro Schneider

Eng. Agr. Dr. André da Rosa Ulguim
(Coorientador)

Eng. Agr. Dr. Dirceu Agostinetto
(Orientador)

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P628a Pigatto, Cassiano Salin

Atualização do período anterior a interferência em soja e habilidade competitiva com caruru / Cassiano Salin Pigatto ; Dirceu Agostinetto, orientador ; André da Rosa Ulguim, coorientador. — Pelotas, 2022.

98 f.

Dissertação (Mestrado) — Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. *Glycine max*. 2. Períodos de interferência. 3. Graus-dia. 4. Habilidade competitiva. 5. *Amaranthus hybridus*. I. Agostinetto, Dirceu, orient. II. Ulguim, André da Rosa, coorient. III. Título.

CDD : 633.34

Aos meus pais, Fernando e Marla.
Ao meu irmão, Vitor.
A minha namorada Keila.
A minha madrinha Carolina e minhas avós, Noemy e Zaira.
Aos meus amigos (as) e familiares.

OFEREÇO E DEDICO

Agradecimentos

À Deus, meus pais, demais familiares e namorada por todo esforço e suporte durante a pós-graduação para que eu pudesse crescer profissionalmente e aproveitar todas as oportunidades.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela oportunidade de realização do curso e aos professores que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

Ao professor Dr. Dirceu Agostinetto pela orientação, pelos ensinamentos, pelas oportunidades, dedicação, confiança, paciência e amizade durante este período fundamental da Pós-Graduação.

Ao professor Dr. André da Rosa Ulguim pela coorientação, pela confiança atribuída a mim, por toda ajuda e, a todos os ensinamentos, conselhos, incentivo, assim como a amizade construída.

Aos professoras Dr. Leandro Vargas e Dr. Theodoro Schneider por disponibilizar do seu tempo para condução e auxílios nos experimentos desenvolvidos na Embrapa Trigo de Passo Fundo-RS e Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), respectivamente.

Ao professor Dr. Renan Ricardo Zandoná, ao Dr. Maicon Fernando Schmitz Camargo e ao Me. Roberto Avila Neto pelo auxílio na instalação e condução dos experimentos, mas principalmente pela amizade, convívio e ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Mestrado.

À Universidade Federal de Pelotas, em especial ao Centro de Estudos em Herbologia; a Universidade Federal de Santa Maria, em especial ao Grupo de Pesquisa em Herbologia; a Universidade de Cruz Alta; e, a Embrapa Trigo pela disponibilização das suas instalações para a realização dos experimentos.

Aos meus colegas e amigos da pós-graduação: Adriana Almeida do Amarante, Geovana Facco Barbieri, Jaqueline Schmitt, Mariane Camponogara Coradini, Matheus Bastos Martins, Rubens Polito, Tamara Heck, pela amizade, incentivo e auxílio na execução dos experimentos.

Aos bolsistas e estagiários, do Centro de Estudos em Herbologia (CEHERB) Katharina Wickboldt, Leandro Souza, Lucas Pinho, Renan Pereira, Richard Quevedo

e Tulio Dahmer, pela amizade, incentivo, momentos de convívio e auxílio na execução dos experimentos.

A todos, o meu muito obrigado!

Resumo

PIGATTO, Cassiano Salin. **Atualização do período anterior a interferência em soja e habilidade competitiva com caruru**. 2022. 200f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Entre os fatores que limitam a produtividade de soja destaca-se o potencial de interferência de plantas daninhas em competição com a cultura. O grau de competição é alterado segundo a época de semeadura e as características das cultivares, além de outros fatores. A introdução de cultivares modernas no mercado reforça a necessidade da atualização dos períodos de interferência de plantas daninhas na soja. Assim, o presente trabalho teve os seguintes objetivos: determinar o período anterior a interferência (PAI) de plantas daninhas na cultura da soja, em cultivares de diferentes grupos de maturidade relativa (GMR - BMX Raio - 5.0; BMX Delta - 6.0; e BMX Ícone - 6.8), em função de dias e da soma térmica, sendo submetidas a diferentes épocas de semeadura (primeira época - início do período recomendado; segunda época - meio do período recomendado; e terceira época - fim do período recomendado) e locais (Capão do Leão-RS, Cruz Alta-RS, Passo Fundo-RS e Santa Maria-RS); avaliar a diferença no PAI em função dos métodos de controle manual ou com glyphosate; e, determinar a habilidade competitiva das diferentes cultivares com caruru (*Amaranthus hybridus*) resistente a EPSPs e ALS. A primeira época de semeadura apresenta o maior PAI, seguido da segunda e menor na terceira época de semeadura, sendo que de acordo com o aumento no GMR das cultivares, também ocorre o aumento no PAI, independente da localidade. O PAI médio da primeira, segunda e terceira época de semeadura foi, respectivamente, de 22, 19 e 16 dias para a cultivar de maior GMR; 21, 18 e 15 dias para a cultivar de GMR médio; e, 16, 14 e 12 dias para a cultivar de menor GMR. Quando comparado em soma térmica, há pouca diferença no PAI entre a primeira e a segunda época de semeadura, entretanto, ocorre redução para a terceira época. Em função da soma térmica, o PAI médio da primeira, segunda e terceira época de semeadura foi, respectivamente, de 295°C dia⁻¹, 299°C dia⁻¹ e 273°C dia⁻¹ para a cultivar de maior GMR; 289°C dia⁻¹, 285°C dia⁻¹ e 257°C dia⁻¹ para a cultivar de GMR médio; e, 205°C dia⁻¹, 199°C dia⁻¹ e 192°C dia⁻¹ para a cultivar de menor GMR. A capina mecânica aumenta o PAI em aproximadamente quatro dias, quando comparada ao controle químico com glyphosate para remoção das plantas daninhas. Na competição entre plantas, o caruru foi mais competitivo que as cultivares de soja BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone. A competição interespecífica é mais prejudicial para as três cultivares de soja, enquanto para caruru a competição intraespecífica é mais importante.

Palavras-chave: *Glycine max*; períodos de interferência; graus-dia; habilidade competitiva; *Amaranthus hybridus*.

Abstract

PIGATTO, Cassiano Salin. **Update of the critical timing for weed removal in soybean and competitive ability with pigweed.** 2022. 100f. Master of Science - Graduate Program in Plant Protection. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Among the factors that limit soybean productivity is the potential for interference by weeds in competition with the crop. The degree of competition varies according to the sowing time and the characteristics of the cultivars, in addition to other factors. The introduction of modern cultivars in the market reinforces the need to update the periods of weed interference in soybean. Thus, the present work had the following objectives: to determine the period prior to interference (PAI) of weeds in the soybean crop, in cultivars of different groups of relative maturity (GMR - BMX Raio - 5.0; BMX Delta - 6.0, and BMX Ícone - 6.8), as a function of days and the thermal sum, being submitted to different sowing times (first season - beginning of the recommended period; second season - middle of the recommended period; and third season - end of the recommended period) and locations (Capão do Leão-RS, Cruz Alta-RS, Passo Fundo-RS and Santa Maria-RS); to evaluate the difference in PAI as a function of manual or glyphosate control methods; and, to determine the competitive ability of different cultivars with pigweed (*Amaranthus hybridus*) resistant to EPSPs and ALS. The first sowing season has the highest PAI, followed by the second and the lowest in the third sowing season, and according to the increase in the GMR of the cultivars, there is also an increase in the PAI, regardless of location. The average PAI of the first, second and third sowing season was, respectively, of 22, 19 and 16 days for the cultivar with the highest GMR; 21, 18 and 15 days for the medium GMR cultivar; and 16, 14 and 12 for the cultivar with the lowest GMR. When compared in thermal sum, there is little difference in PAI between the first and second sowing seasons, however, there is a reduction for the third season. As a function of the thermal sum, the average PAI of the first, second and third sowing season was, respectively, 295°C day⁻¹, 299°C day⁻¹ and 273°C day⁻¹ for the cultivar with the highest GMR; 289°C day⁻¹, 285°C day⁻¹ and 257°C day⁻¹ for the medium GMR cultivar; and, 205°C day⁻¹, 199°C day⁻¹ and 192°C day⁻¹ for the cultivar with the lowest GMR. Mechanical weeding increases PAI in approximately four days when compared to chemical control with glyphosate for weed removal. In the competition between plants, pigweed was more competitive than the soybean cultivars BMX Raio, BMX Delta and BMX Ícone. Interspecific competition is more harmful for the three soybean cultivars, while intraspecific competition is more important for pigweed.

Key-words: *Glycine max*; interference periods; degree-days; competitive ability; *Amaranthus hybridus*.

Lista de Figuras

- Figura 1 Dados climáticos observados nas áreas experimentais das diferentes cidades durante a realização do experimento: precipitação (chuva) e temperatura média do ar ($T_{m\acute{e}dia}$). Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D), 2018/19.25
- Figura 2 Dados climáticos observados na área experimental durante a realização dos experimentos: precipitação (chuva) e temperatura média do ar ($T_{m\acute{e}dia}$). Cruz Alta (A) e Capão do Leão (B), 2020/21.29
- Figura 3 Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) e com base na produtividade da primeira época de semeadura em relação aos dias após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.31
- Figura 4 Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(c), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) e com base na produtividade da segunda época de semeadura em relação aos dias após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.33
- Figura 5 Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) com base na produtividade da terceira época de semeadura em relação aos dias após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19..34
- Figura 6 Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) e com base na produtividade da primeira época de semeadura em relação a soma térmica após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.36

Figura 7	Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) e com base na produtividade da segunda época de semeadura em relação a soma térmica após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.....38
Figura 8	Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) com base na produtividade da terceira época de semeadura em relação a soma térmica após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.....40
Figura 9	Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C), na cidade de Cruz Alta e com base na produtividade calculada em relação aos dias após a emergência da cultura (DAE). Cruz Alta, 2020/21.....46
Figura 10	Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C), na cidade de Cruz Alta e com base na produtividade calculada em relação a soma térmica após a emergência da cultura (ST). Cruz Alta, 2020/21.47
Figura 11	Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Delta (A) e BMX Ícone (B), na cidade de Capão do Leão, e com base na produtividade calculada em relação aos dias após a emergência da cultura (DAE). Capão do Leão, 2020/21.48
Figura 12	Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Delta (A) e BMX Ícone (B), na cidade de Capão do Leão e com base na produtividade calculada em relação a soma térmica após a emergência da cultura (ST). Capão do Leão, 2020/21.49
Figura 13	Definição do período anterior a interferência (PAI) para os tratamentos capina mecânica (A), glyphosate (B), glyphosate + capina aos 4DAA (C) e glyphosate + capina aos 8DAA (D). Capão do Leão, 2020/21.....61

- Figura 14 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de soja das cultivares BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C) e caruru, em função da proporção entre as espécies na população. (●) PR da soja; (O) PR do caruru; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra. Capão do Leão/RS, 2021.....71
- Figura 15 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar de plantas de soja das cultivares BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C) e caruru, em função da proporção entre as espécies na população. (●) PR da soja; (O) PR do caruru; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra. Capão do Leão/RS, 2021.....73
- Figura 16 Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de soja das cultivares BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C) e caruru, em função da proporção entre as espécies na população. (●) PR da soja; (O) PR do caruru; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra. Capão do Leão/RS, 2021.74

Lista de Tabelas

Tabela 1	Tratamentos de época de manejo de plantas daninhas na cultura da soja com aplicação de glifosato para calibração do período anterior à interferência (PAI) em função da soma térmica (em GD, °C dia ⁻¹).....	28
Tabela 2	Produtividade da cultura da soja (kg ha ⁻¹) em função dos períodos de convivência de plantas daninhas com a cultura da soja estimada pelo modelo. UNICRUZ, Cruz Alta, 2020/21.....	43
Tabela 3	Produtividade da cultura da soja (kg ha ⁻¹) em função dos períodos de convivência de plantas daninhas com a cultura da soja estimada pelo modelo. Capão do Leão, 2020/21.....	44
Tabela 4	Evolução da matéria seca de parte aérea (MSPA) (g m ⁻²) de plantas de soja e de plantas daninhas presentes na área em relação aos períodos de coexistência de diferentes estádios fenológicos, em dias após a emergência da cultura (DAE). Capão do Leão, 2020/21.....	57
Tabela 5	Efeito dos períodos de convivência de plantas daninhas com soja nas variáveis estatura de planta (EST) (cm), número de legumes por planta (NLP) e peso de mil grãos (g) (PMG) em dias após a emergência da cultura (DAE). Capão do Leão, 2020/21.....	58
Tabela 6	Produtividade da cultura da soja (kg ha ⁻¹) em função da aplicação de diferentes métodos de manejo de plantas daninhas, considerando os períodos de convivência das plantas daninhas com a cultura definida em estádios fenológicos da cultura da soja (Ve, V3, V6, R1 e R8) em dias após a emergência dias após a emergência (DAE). Capão do Leão, 2020/21.....	59
Tabela 7	Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT), para as variáveis estatura (EST) e área foliar (AF), nas proporções de plantas das cultivares de soja BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, e caruru. Capão do Leão/RS, 2021.....	75
Tabela 8	Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT), para a variável massa seca da parte aérea (MSPA), nas proporções de plantas das cultivares de soja BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, e caruru. Capão do Leão/RS, 2021.....	76

Tabela 9	Índices de competitividade de cultivares de soja, BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, competindo com caruru, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). Capão do Leão/RS, 2021.	78
Tabela 10	Respostas de estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) da cultivar de soja BMX Raio e caruru, sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.....	80
Tabela 11	Respostas de estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) da cultivar de soja BMX Delta e caruru, sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.....	80
Tabela 12	Respostas de estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) da cultivar de soja BMX Ícone e caruru, sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.....	81
Tabela 13	Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO ₂ subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) da cultivar de soja BMX Raio e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.....	83
Tabela 14	Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO ₂ subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) da cultivar de soja BMX Delta e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.....	84
Tabela 15	Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO ₂ subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) da cultivar de soja BMX Ícone e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.....	85

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. CAPÍTULO I – Período anterior à interferência de soja ajustado ao grupo de maturidade relativa, época de semeadura e soma térmica.	22
2.1 Introdução	22
2.2 Material e Métodos	24
2.3 Resultados e Discussão	30
2.4 Conclusões	51
3. CAPÍTULO II – Alteração do PAI em função de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na soja	52
3.1 Introdução	52
3.2 Material e Métodos	54
3.3 Resultados e Discussão	56
3.4 Conclusões	65
4. CAPÍTULO III – Habilidade competitiva entre cultivares de soja com diferentes grupos de maturidade relativa e caruru (<i>Amaranthus hybridus</i>)	66
4.1 Introdução	66
4.2 Material e Métodos	67
4.3 Resultados e Discussão	71
4.4 Conclusões	87
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
6. REFERÊNCIAS	89
Vita	98

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui o posto de maior produtor mundial de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), com uma média de produção de 124,2 milhões de toneladas de grãos em uma área semeada de aproximadamente 36 milhões de hectares nas últimas cinco safras (CONAB, 2021). No Rio Grande do Sul, a cultura representa importante papel na economia, sendo considerado um dos três estados com maior produção no Brasil, junto com os estados do Mato Grosso e Paraná (CONAB, 2021). Ainda assim, problemas de manejo podem trazer limitações em sua produtividade, como a competição de plantas daninhas.

A competição corresponde a relação negativa entre indivíduos (cultura e planta daninha) que disputam recursos do meio como água, luz e nutrientes, e que são essenciais para o seu crescimento e desenvolvimento (HARRE & YOUNG, 2020). As características ecofisiológicas das plantas encontradas no ambiente influenciam na competição, destacando-se o fluxo de germinação e velocidade de emergência (ZANDONA et al., 2018b), a rota metabólica de fixação de carbono, a adaptabilidade e tolerância a estresses ambientais, ao potencial alelopático, ao maior acúmulo de massa seca (BAJWA et al., 2016), e essas tendem a fazer com que uma espécie se sobressaia perante a outra.

A interferência negativa de plantas daninhas na produtividade das espécies cultivadas pode estar relacionada a diversos fatores, destacando-se a competição (SABERALIA & MOHAMMADI, 2015). As plantas daninhas competindo com as culturas do arroz irrigado, trigo e soja, quando não manejadas corretamente, podem ocasionar prejuízos de até 90%, 83% e 94%, respectivamente (MEROTTO et al., 2016; GALON et al., 2011; ZANDONÁ et al., 2018a).

A competição por água pode ser estabelecida em diferentes momentos do desenvolvimento da cultura, iniciando nos processos de germinação e se estendendo durante as fases de desenvolvimento (SABERALIA & MOHAMMADI, 2015). Quando a cultura está em condições de competição com plantas daninhas a absorção de nutrientes também é afetada, uma vez que haverá menores quantidades disponíveis no meio (HARRE & YOUNG, 2020). A menor absorção da água e dos nutrientes devido a competição, vai variar de acordo com as características da cultura e das plantas daninhas estabelecidas no meio (CARVALHO et al., 2014).

A luz também é um recurso de extrema importância, tendo em vista que está diretamente relacionado aos processos fotossintéticos (TAIZ; ZEIGER; MOLLER, 2017). A redução de produtividade devido à competição por luz pode estar baseada na maior parte pelo sombreamento, considerando que há grande disponibilidade desse recurso no ambiente (LAMEGO et al., 2013; NOHATTO et al., 2016).

Plantas que possuem menor porte e desenvolvimento inicial tendem a fechar o dossel mais tarde e serem superadas em competição. Por outro lado, plantas com alta capacidade de produção de massa e rápido fechamento de entrelinhas se sobressaem em competição, sendo capazes de suprimir a germinação e estabelecimento de outras espécies (NOHATTO et al., 2016).

A eficiência na assimilação de CO₂ na atmosfera também é fator importante a ser considerado, pois é limitante para os processos fotossintéticos e afetado pela interferência de plantas daninhas (MANABE et al., 2014). Dessa forma, a facilidade em se adaptar a diferentes meios, a velocidade e a intensidade em conseguir interceptar a radiação solar, irão influenciar na habilidade competitiva de uma planta por esse recurso.

Plantas daninhas com metabolismo C₄, como o caruru (*Amaranthus* spp.), podem ser mais eficientes do que plantas C₃, como a soja, em condições de alta temperatura, alta disponibilidade de luz e baixa disponibilidade de água (ZISKA, 2000). Sob estas condições, plantas daninhas com metabolismo C₄ se sobressaem quando estão em competição com culturas anuais de verão de metabolismo C₃ (RUCHEL et al., 2019).

O impacto da interferência das plantas daninhas na cultura vai estar relacionado com o período de convivência entre essas plantas (NEPOMUCENO et

al., 2007). Estudos que busquem conhecer e determinar os períodos de convivência das culturas com plantas daninhas são fundamentais para compreender o equilíbrio entre a interferência a favor das culturas e auxiliar no manejo adequado dessas espécies (AGOSTINETTO et al., 2020).

Esses períodos podem sofrer variações de acordo com a cultura, as espécies daninhas encontradas na área, os tipos de cultivo (sistema convencional e sistema plantio direto) e os tratos culturais (como o uso de diferentes espaçamentos, densidade e profundidade de semeadura) (ANDRADE et al., 2019; CABRAL et al., 2013). A comunidade de plantas daninhas é influenciada pelas práticas culturais adotadas, e as espécies mais adaptáveis as características do ambiente irão se estabelecer e definir sua densidade e distribuição (ZANDONÁ et al., 2018b). As condições criadas para o cultivo de culturas agrícolas irão favorecer o estabelecimento de determinadas espécies de plantas daninhas que se adaptem no ambiente, tornando inevitável a convivência e a competição quando não controladas.

O estudo dos períodos de convivência, como o período anterior a interferência (PAI), o período total de prevenção a interferência (PTPI), e o período crítico de prevenção da interferência (PCPI) apresentam-se como fundamentais para auxiliar no manejo de plantas daninhas na época correta e compreender as perdas de produtividade em função dos períodos de competição (AGOSTINETTO et al., 2020). De maneira geral, o grau de interferência de plantas daninhas em condições de competição com a cultura da soja é estimado segundo a redução nos componentes de produção da cultura, como produtividade de grãos e massa seca (SILVA et al., 2015). A delimitação do período de plantio ou emergência em que a cultura deve crescer livre de plantas daninhas para que não ocorram perdas qualitativas e/ou quantitativas de produção denomina-se PTPI. O PCPI corresponde a fase em que as práticas de manejo devem ser efetivamente realizadas para evitar perdas irreversíveis de rendimento (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

O PAI corresponde ao espaço de tempo em que a cultura pode conviver com a população de plantas daninhas sem que ocorram perdas significativas de produção (AGOSTINETTO et al., 2020). Esse período pode ser considerado o estudo mais importante dos períodos de convivência, visto que o final do PAI seria o período ideal para o controle de plantas daninhas sem que ocorressem perdas significativas na produtividade (ZANDONA et al., 2018a).

A soja possui um PAI entre 23 e 50 dias convivendo com milhã (*Digitaria ciliaris*), e pode variar de 5 a 15 dias em áreas onde a comunidade é composta por *Urochloa plantaginea*, *Digitaria* spp., *Raphanus* spp., *Bidens pilosa*, *Ipomoea grandifolia*, *Sida rhombifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Amaranthus viridis* (AGOSTINETTO et al., 2014; ZANDONA et al., 2018a). A semeadura na época preferencial da cultura também pode aumentar o PAI em relação a semeadura no final da época, proporcionando melhores condições para o manejo de plantas daninhas (ZANDONA et al., 2018a).

Na literatura existem inúmeros trabalhos que buscaram estimar o PAI para a cultura da soja, onde a maioria utilizou cultivares antigas para determinação dos períodos de convivência, o que resulta em dados desatualizados. As cultivares de soja que anteriormente eram cultivadas no estado do RS variavam de ciclo médio a tardio e com tipo de crescimento determinado a indeterminado (ZANON et al., 2015). O melhoramento genético tem avançado com o passar dos anos e dessa forma novas cultivares de soja vem sendo introduzidas no mercado, com destaque para o aumento da utilização de cultivares de soja com ciclo curto e com tipo de crescimento indeterminado (ROCHA et al., 2018).

Cultivares modernas de soja trazem consigo mudanças em suas características fisiológicas, morfológicas e nutricionais, com alterações destinadas ao aumento do potencial produtivo (BENDER et al., 2015). Essas alterações nas cultivares podem ocasionar efeitos sobre suas características agrônômicas, necessitando de estudos que busquem entender melhor sua interação com o ambiente (ESPER NETO et al., 2021).

Os ciclos de cultivo de diferentes cultivares são determinadas pelos grupos de maturidade relativa (GMR) (MOURTZINIS et al., 2017) e sofrem influência quando impostas a diferentes fotoperíodos, épocas e locais de semeadura (MOURTZINIS et al., 2019). Existem diferenças e variações no ciclo de cultivares de soja entre diferentes regiões de cultivo devido à cultura ser responsiva ao fotoperíodo (ZANON; STRECK; GRASSINI, 2016).

Na região Sul do Brasil, destacam-se cultivares de GMR variando de 4.8 (ciclo curto) a 7.0 (ciclo longo), com semeadura predominando entre os meses de outubro a dezembro (ROCHA et al., 2018). Sendo assim, é visto a importância da atualização desses estudos, pois cultivares modernas de soja e com diferentes

ciclos podem apresentar diferenças no PAI quando semeadas em diferentes épocas e locais, devido a exposição a variações de temperatura e fotoperíodo.

As práticas de manejo nas culturas agrícolas comumente baseiam-se de acordo com o estágio fenológico de desenvolvimento das plantas (TAGLIAPIETRA et al., 2018). O manejo baseado no estágio fenológico pode não ser a maneira mais adequada, tendo em vista que estes fenômenos sofrem variações quando as plantas estão expostas a diferentes fotoperíodos (STEINMETZ et al., 2017). Dessa forma, ao invés de utilizar o número de dias do calendário, a soma térmica, através do acúmulo de graus-dia apresenta-se como uma maneira mais eficiente de estimar os subperíodos de desenvolvimento da planta e seus estádios fenológicos.

A soma térmica equivale ao somatório de graus-dia (GD) que a planta necessita para completar um subperíodo de desenvolvimento, sendo necessário um acúmulo diário de soma térmica para que avance uma fase fenológica (RENATO et al., 2013). A utilização de modelos de estimativas para o estágio de desenvolvimento em culturas, como a soma térmica, auxilia na elaboração para programas de práticas culturais, como aplicação de insumos e o manejo fitossanitário (TRENTIN et al., 2008).

Os GD podem ser calculados pela diferença entre a temperatura média do ambiente e a temperatura base (STEINMETZ et al., 2015), considerando a temperatura base como a mínima para o crescimento vegetativo (SCHNEIDER et al., 1987). O cultivo da soja é responsivo ao fotoperíodo, e o período em que cada estágio de desenvolvimento estiver estabelecido irá influenciar e definir os componentes de produtividade da cultura (SETIYONO et al., 2011).

Nos estudos de determinação do PAI, podem ser utilizados diferentes métodos de controle das plantas daninhas, como controle químico com herbicidas ou manejo mecânico com remoção manual (ZANDONA et al., 2018a). Em culturas com tecnologia Roundup Ready® (RR), permite-se a utilização do manejo químico com glyphosate para a realização do controle (LUCIO et al., 2019), e a partir desse manejo é determinado os dias que serão considerados livres de competição.

A utilização de herbicidas para determinar o início da época de controle, resultará em uma diminuição do PAI, quando comparado com a capina manual. Isso ocorre, porque após a aplicação do herbicida as plantas continuam competindo com a cultura por alguns dias, antes que ocorra a morte por inteira (ZAGONEL;

VENÂNCIO; KUNZ, 2000). Assim, aplicar herbicida para controle de plantas daninhas baseado no período de convivência determinado com capina manual, ainda não garante ausência de perdas de produtividade. Dessa forma, demonstra-se a importância da condução de ensaios que busquem estimar com maior precisão o PAI de plantas daninhas, podendo ser realizado comparando a capina manual com eliminação imediata das plantas daninhas e o manejo químico com herbicida.

O estudo da habilidade competitiva entre culturas e plantas daninhas permite elucidar as suas características, diminuindo o grau de interferência e auxiliando na adoção de práticas de manejo (GALON et al., 2018). O entendimento da habilidade competitiva de diferentes cultivares de soja com plantas daninhas busca explorar os atributos das espécies cultivadas em relação a espécies daninhas. Entre os métodos propostos para avaliar a habilidade competitiva estão os estudos de série aditiva ou de substituição (RADOSEVICH, 1987).

Esses estudos possuem capacidade de comparar a competição entre a cultura e a planta daninha, buscando avaliar qual espécie é mais competitiva, através da análise de monocultivos e mistura em diferentes proporções dessas espécies (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007). A utilização de métodos em série de substituição permite a realização de experimentos que buscam quantificar qual espécie se sobressai sobre a outra em competição (COUSENS, 1991).

Dentro das principais plantas daninhas na cultura da soja destacam-se as espécies do gênero *Amaranthus*, devido as suas características de adaptabilidade e habilidade competitiva, variabilidade genética, estatura de plantas, períodos longos de germinação e produção de sementes e ao surgimento de casos de resistência a herbicidas (ASSAD et al., 2017; HEAP, 2022). Recentemente no Sul do Brasil foi confirmada a resistência de *A. hybridus* a herbicidas inibidores da EPSPs e ALS (HEAP, 2022) e relatos de resistência de *A. retroflexus* aos mesmos herbicidas, diminuindo as alternativas de manejo para essas espécies.

A competição de caruru-gigante (*A. retroflexus*) com a cultura do milho interfere negativamente nos componentes de produtividade e produção da cultura (VAZIN, 2012). O caruru-de-mancha (*A. viridis*) apresenta-se como mais competitivo que a cultura da soja em condições de competição, interferindo em componentes de produtividade da cultura (RUCHEL e al., 2019).

Devido à importância relatada de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*, é visto a necessidade de trabalhos que busquem estimar a habilidade competitiva de diferentes cultivares de soja com essas espécies. Assim, é visto a importância do complemento de estudos de habilidade competitiva junto ao PAI, tendo em vista as possíveis diferenças nos períodos de interferência e na diferença das características de crescimento e desenvolvimento de cultivares.

As hipóteses desse trabalho foram que o atraso na época de semeadura diminui o PAI das plantas daninhas na soja; cultivares de maior GMR apresentam um maior PAI; o uso da soma térmica diária necessária para cada estágio fenológico da cultura da soja torna possível mensurar com maior precisão o PAI; a utilização de glyphosate no manejo de plantas daninhas permite que estas permaneçam por maior período competindo com a cultura em relação ao controle mecânico, e estimam valores diferentes para o PAI; cultivares de soja apresentam habilidade competitiva distintas e inferiores a caruru (*Amaranthus hybridus*).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivos: determinar o PAI de cultivares de soja com diferentes grupos de maturidade relativa e o estágio fenológico de controle, submetidas a diferentes épocas de semeadura e em função de dias e da soma térmica; determinar o PAI de plantas daninhas com a soja, em função dos métodos de controle mecânico e químico com glyphosate; e, comparar a habilidade competitiva de diferentes cultivares de soja quando em competição com caruru.

2. CAPÍTULO I – Período anterior à interferência de soja ajustado ao grupo de maturidade relativa, época de semeadura e soma térmica.

2.1 Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de soja (*Glycine max*), com uma média de 124,2 milhões de toneladas de grãos em uma área semeada de aproximadamente 36,3 milhões de hectares nas últimas cinco safras (CONAB, 2021). Por outro lado, a cultura da soja em condições de competição com plantas daninhas sofre influência negativa em seus componentes de produtividade (SABERALIA & MOHAMMADI, 2015).

Os prejuízos decorrentes da competição com plantas daninhas podem refletir em redução de até 94% na produtividade (ZANDONÁ et al., 2018a). Quanto maior for o período de convivência entre a soja e as plantas daninhas, maior serão os prejuízos ocasionados devido à interferência (AGOSTINETTO et al., 2014; ZANDONÁ et al., 2018a).

Conhecer o período de convivência entre as culturas e as plantas daninhas é fundamental para determinar o grau de interferência e o momento para realização das práticas de manejo (CHARLES et al., 2020). O período anterior a interferência (PAI) é considerado o período de maior importância, pois corresponde ao período ideal de controle sem que ocorram perdas significativas à produtividade da cultura (ZANDONÁ et al., 2018a).

A soja possui um PAI de 5 a 33 dias, podendo variar de acordo com a espécie daninha e a densidade de plantas em convivência, momento em que foi realizada a dessecação anterior à semeadura, a utilização ou não de pré-emergentes e a época de semeadura da cultura (AGOSTINETTO et al., 2014; NUNES et al., 2018; ZANDONÁ et al., 2018a). Ainda, diferentes cultivares de soja podem apresentar diferenças em sua habilidade competitiva, levando a diferenças no PAI (LAMEGO et al., 2005).

Cultivares de ciclo médio a tardio predominavam no estado do RS, mas ao passar dos anos novas cultivares de soja, sendo muitas de ciclo curto, vem sendo introduzidas no mercado (ZANON et al., 2015). Cultivares modernas de soja apresentam diferenças nas características fisiológicas, morfológicas e nutricionais em relação a cultivares utilizadas no passado (BENDER et al., 2015). Essas alterações tendem a ocasionar efeitos sobre características agrônômicas, necessitando de estudos que busquem entender melhor sua interação com o ambiente (ESPER NETO et al., 2021).

A temperatura e a soma térmica possuem relação direta com a época de semeadura e o grupo de maturidade relativa (GMR) das cultivares de soja (SETIYONO et al., 2011). Ainda, atuam sobre os componentes de produtividade, como a emissão de nós na soja, sendo determinada de acordo com o acúmulo de graus-dia para emissão de um novo nó e sofre influência de acordo com a época de semeadura no qual a cultura é submetida (ROCHA et al., 2018).

Os manejos realizados nos cultivos agrícolas comumente são recomendados de acordo com o estágio fenológico, sendo que cada etapa de desenvolvimento da cultura é influenciada diretamente pelo acúmulo diário de graus-dia (RENATO et al., 2013; STEINMETZ et al., 2017), e por consequência pode influenciar na estimativa do PAI em decorrência da utilização dos métodos e práticas de manejo. Assim, a utilização da soma térmica surge como alternativa para determinação do PAI com maior precisão e aplicabilidade à diferentes condições de cultivo.

O conhecimento dos períodos de interferência das plantas daninhas nas lavouras é de extrema importância para que possam ser realizados os manejos adequados, visando às melhores épocas e condições de aplicação, e permitindo explorar os atributos de cultivares de soja com características de ciclo diferentes em

relação às plantas daninhas, a fim de diminuir o seu grau de interferência. O objetivo do estudo foi determinar o PAI de plantas daninhas em cultivares de soja com diferentes GMR e em diferentes épocas de semeadura, em função da soma térmica (GD, °C dia⁻¹) e, calibrar o uso da soma térmica como forma de estimar o PAI de plantas daninhas na soja.

2.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em duas safras de verão, sendo elas 2018/19 e 2020/21. O primeiro e o segundo experimentos foram realizados a campo em quatro localidades: na área experimental de Produção Vegetal da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), em Cruz Alta-RS; na área experimental da Embrapa-Trigo, em Passo Fundo-RS; na área experimental do Centro de Herbologia, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), em Capão do Leão-RS; e, na área do Departamento de Defesa Fitossanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria-RS. O terceiro experimento foi conduzido na UNICRUZ, em Cruz Alta, e na UFPel, em Capão do Leão, onde foram realizados os experimentos visando determinar o PAI a fim de validar os resultados obtidos no primeiro estudo.

2.2.1 Experimento I - Determinação do PAI de cultivares de soja em função do grupo de maturidade relativa e época de semeadura

Para o primeiro estudo foram realizados 12 experimentos em quatro cidades (Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria) na safra 2018/19 e em 3 épocas de semeadura. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados, com quatro repetições e as unidades experimentais compostas por parcelas de 11,25 m². A soja foi semeada, em todos os locais, no sistema de semeadura direta (SSD), densidade de 14 sementes m⁻¹ e espaçamento a 0,45 m entre linhas.

Os solos onde foram realizados os experimentos são classificados como: Latossolo Vermelho Escuro distrófico, Unidade de Mapeamento (UM) Cruz Alta – UNICRUZ; Latossolo Vermelho Distrófico típico, UM Passo Fundo – Embrapa-trigo;

Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, UM Pelotas, UFPel; e Argissolo Vermelho Distrófico arênico, UM São Pedro, UFSM. Os dados climáticos observados nos diferentes locais e anos agrícolas encontram-se na figura 1.

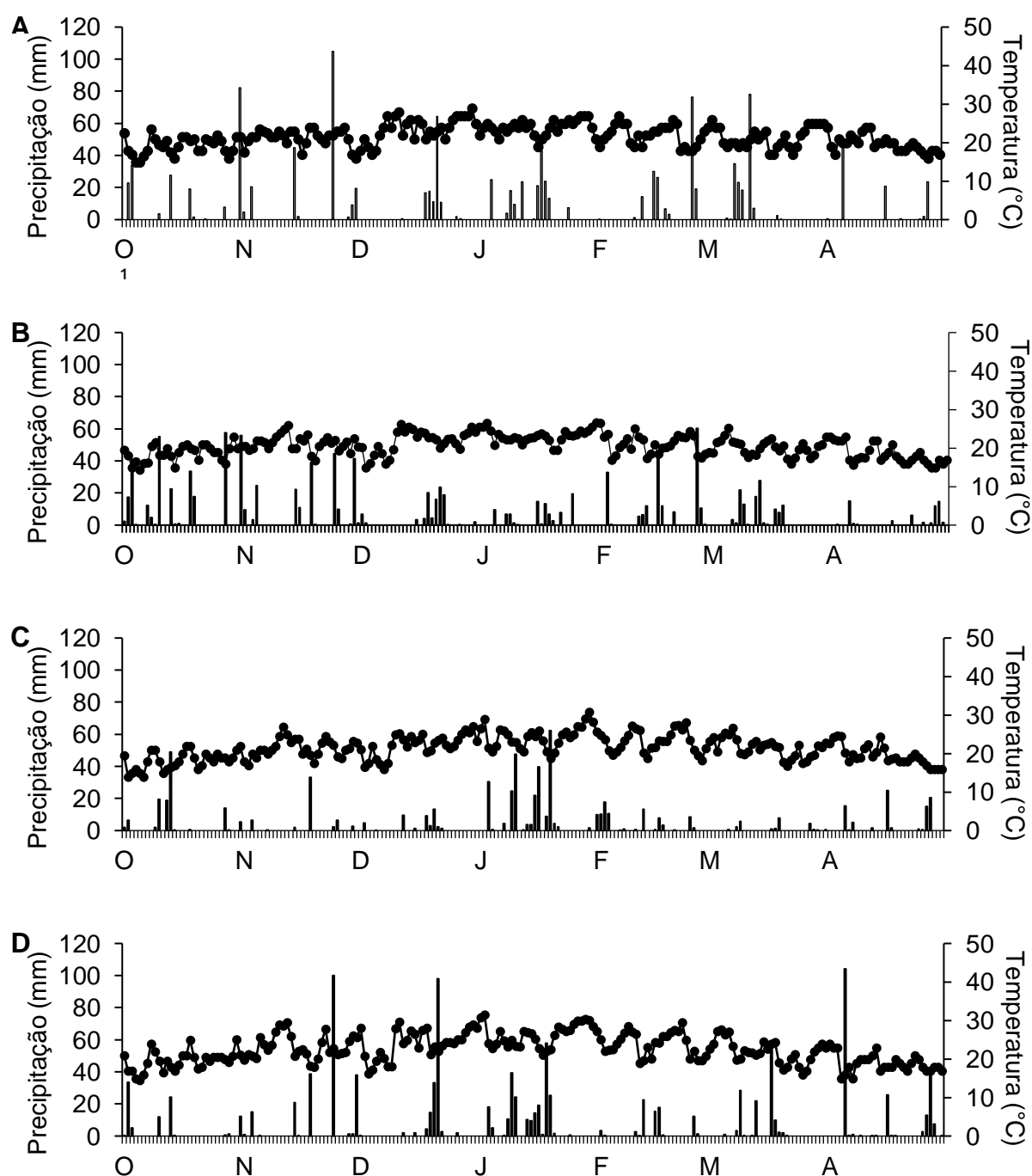


Figura 1- Dados climáticos observados nas áreas experimentais das diferentes cidades durante a realização do experimento: precipitação (chuva) e temperatura média do ar ($T_{média}$). Precipitação ■; Temperatura média do ar — °O= outubro; N=novembro; D=dezembro; J=janeiro; F=fevereiro M=março e A=abril – Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D), 2018/19.

Foram utilizadas três cultivares de soja com diferentes grupos de maturidade relativa (GMR), sendo elas BMX Raio (5.0), BMX Delta (5.9) e BMX Ícone (6.8). As cultivares foram escolhidas por apresentarem características de índice de área foliar e estatura similares e, com isso, minimizar possíveis efeitos de diferença na habilidade competitiva da cultivar e permitir entender o efeito do GMR e época de semeadura.

Para os quatro experimentos realizados na safra 2018/19 as cultivares foram semeadas em três épocas distintas e de acordo com o período recomendado de plantio, sendo elas: primeira época (início do período recomendado), segunda época (meio do período recomendado) e terceira época (fim do período recomendado). Devido condições adversas, para Santa Maria, foram perdidas as cultivares BMX Raio e BMX Ícone semeadas na terceira época de semeadura.

O fator tratamento constou de períodos de convivência (presença das plantas daninhas) em relação ao estágio de desenvolvimento da cultura de acordo com a escala de Fehr & Caviness (1977), sendo eles: Ve (sem competição durante todo o ciclo da cultura), V2, V4, V6, R1, R5 e R8 (competição durante todo o ciclo da cultura). A remoção das plantas daninhas nas unidades experimentais foi realizada mediante a utilização do herbicida glyphosate (1080 g e.a. ha⁻¹) nos diferentes tratamentos. Para evitar danos à produtividade da soja, não foram realizadas mais de duas aplicações do herbicida durante o ciclo da cultura. As plantas daninhas que não foram controladas mediante aplicação de glyphosate foram retiradas manualmente das parcelas. Ao final do ciclo da cultura (R8), foi quantificada a produtividade através da colheita com área útil de 6,75 m², sendo posteriormente a umidade dos grãos corrigida para 13% e aferida sua massa, estimando-se o valor em kg ha⁻¹.

Os dados obtidos de produtividade foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Assim, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e quando significativos, as médias dos tratamentos foram agrupados e analisadas por meio do software R (R Core Team, 2012).

A determinação do período de convivência (PAI) foi realizada com a utilização da equação de regressão não linear com três parâmetros (VELINI, 1992):

$$y = a/[1 + (x/x_0)^b]$$

onde: y = produtividade de grãos; a = valor máximo estimado pelo modelo; x = número de dias após a emergência da cultura; x_0 = número de dias em que ocorre 50% da redução; e , b = declividade da curva.

Foi mensurado o PAI da soja subtraindo-se 5% da produtividade máxima estimada pelo modelo de regressão utilizado, sendo o valor que representa o custo médio de controle das plantas daninhas na cultura. Para o cálculo, considerou-se a produtividade máxima estimada pelo modelo para cada experimento realizado e o preço de uma saca de 60kg de soja em média dos últimos 5 anos. Os demais componentes foram o custo do herbicida glyphosate na dose de 1080 g e.a. ha⁻¹, do adjuvante e da aplicação de trator, segundo preços médios praticados no Rio Grande do Sul nas safras 2019/20 e 2020/21.

2.2.2 Experimento II - Determinação do PAI de cultivares de soja em função da soma térmica

Com base nos dados obtidos no primeiro experimento, descrito anteriormente, estimou-se o PAI em função da soma térmica para os diferentes locais. Para determinação do PAI em função da soma térmica, a data de ocorrência dos diferentes estádios fenológicos foi convertida em soma térmica, obtida pelos graus-dia necessários para atingir os mesmos. Os graus-dia (°C dia⁻¹) foram calculados conforme método proposto por ARNOLD (1959). Esse método é realizado por meio da diferença de temperatura média diária do ar (T_m), mensurado através da média aritmética entre as temperaturas máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}); e, a temperatura base inferior (T_b), sendo a T_b de soja considerada de 7,6°C nos estádios vegetativos e de 3,6°C nos estádios reprodutivos (SETIYONO et al., 2007):

$$GD = \sum_i^n [((T_{max} + T_{min})/2) - t_b]$$

onde, GD são graus-dia acumulados no período; n é o número de dias do período considerado; T_{max} é a temperatura máxima diária do ar (°C), e T_{min} a temperatura mínima diária do ar (°C); e T_b a temperatura base inferior. Os dados meteorológicos utilizados e relativos aos períodos considerados foram obtidos através da estação meteorológica mais próxima.

2.2.3 Experimento III - Experimentos de validação e simulação dos resultados através de modelo de estimativa do PAI em função da soma térmica

Para determinar o PAI das cultivares de soja de diferentes grupos de maturidade relativa (BMX Raio - 5.0; BMX Delta - 6.0; e BMX Ícone - 6.8) em função do acúmulo térmico, foram realizados dois experimentos para cada cultivar, em Cruz Alta e Capão do Leão. Para tanto, o PAI definido em função da soma térmica no Experimento II foi utilizado para a calibração. Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, e as unidades experimentais compostas por parcelas de 11,25 m². A semeadura e demais tratos culturais seguiram o descrito no Experimento I.

Para calibrar a estimativa do PAI pela soma térmica, os dados para os dois locais foram utilizados, considerando-se o PAI determinado no Experimento II. Assim sendo, os níveis do fator de tratamento épocas de manejo foram estimados através da normal climatológica para cada local de condução a partir da data de semeadura e da emergência da cultura da soja com base nos dados de acúmulo térmico (em graus dias, GD) para atingir o PAI em cada cultivar, calculados no Experimento II. Os níveis do fator de tratamento utilizado no experimento são descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Tratamentos de época de manejo de plantas daninhas na cultura da soja com aplicação de glifosato para calibração do período anterior à interferência (PAI) em função da soma térmica (em GD, °C dia⁻¹).

		Cruz Alta				Capão do Leão					
		BMX Raio		BMX Delta		BMX Ícone		BMX Delta		BMX Ícone	
Dias	GD (°C dia ⁻¹)	Dias	GD (°C dia ⁻¹)	Dias	GD (°C dia ⁻¹)	Dias	GD (°C dia ⁻¹)	Dias	GD (°C dia ⁻¹)	Dias	GD (°C dia ⁻¹)
0 ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	80	7	123	8	140	11	143	13	158		
9	163	12	206	13	223	16	223	18	240		
14	246 ¹	17	285 ¹	18	300 ¹	21	302 ¹	23	315 ¹		
19	330	22	373	23	390	26	378	28	390		
24	415	27	472	28	489	31	458	33	475		
133 ³	2498	133	2498	133	2498	143 ³	2551	143	2551		

¹Tratamento próximo ao PAI estimado, sendo eles: em Cruz Alta BMX Raio de 200 °C dia⁻¹, BMX Delta de 301 °C dia⁻¹ e BMX Ícone de 323 °C dia⁻¹; e em Capão do Leão BMX Delta de 279 °C dia⁻¹ e BMX Ícone de 289 °C dia⁻¹. ²Testemunha sem infestação. ³Testemunha com infestação.

O fator de tratamento constou de épocas de manejo na pós-emergência da cultura, com a utilização do herbicida glyphosate ($1080 \text{ g e.a. ha}^{-1}$), pelos quais a partir de cada aplicação a soja foi mantida livre da competição até o final do ciclo. Para Cruz Alta e Capão do Leão, as três cultivares foram semeadas nos dias 07/12/2020 e 22/11/2020, respectivamente. Devido condições adversas, para Capão do leão ocorreu a perda da cultivar BMX Raio. Os dados climáticos encontrados nas safras nos experimentos encontram-se na figura 2.

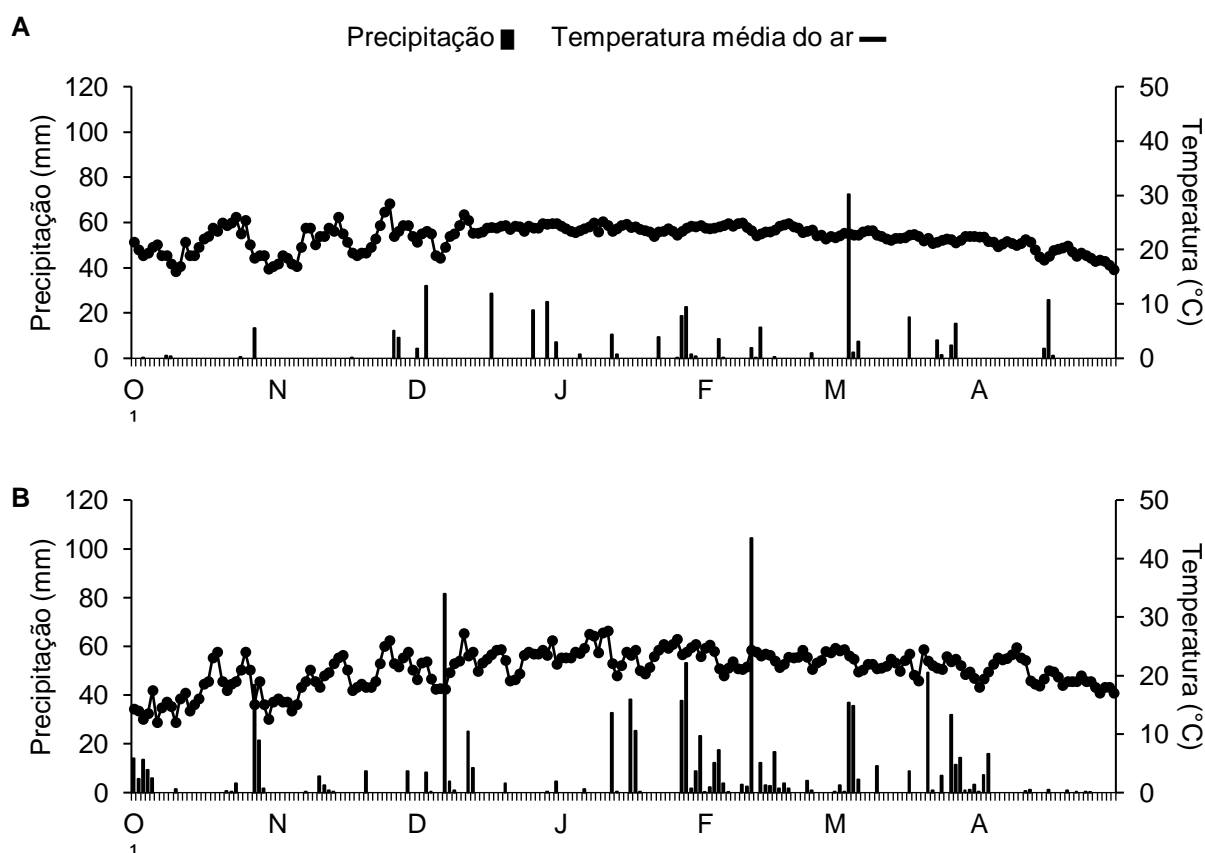


Figura 2- Dados climáticos observados na área experimental durante a realização dos experimentos: precipitação (chuva) e temperatura média do ar ($T_{média}$) – ¹O= outubro; N=novembro; D=dezembro; J=janeiro; F=fevereiro M=março e A=abril – Cruz Alta (A) e Capão do Leão (B), 2020/21.

Os dados obtidos de produtividade foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Assim, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e quando significativos, as médias dos tratamentos foram agrupados e comparadas a testemunha sem infestação pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$), por meio do software R (R Core Team, 2012). A data de

ocorrência dos diferentes períodos de convivência foi expressa em dias após a emergência e soma térmica, obtida pelos GD necessários para atingir os mesmos, para o cálculo do PAI em soma térmica ($\text{GD} - ^\circ\text{C dia}^{-1}$).

A determinação dos períodos de convivência (PAI) foi realizada através da regressão não linear com três parâmetros, conforme descrito no Experimento I. Procedeu-se a comparação em dias e soma térmica entre o “PAI calculado” (com base nos dados climáticos do ano agrícola) e o “PAI estimado” (com os dados da normal climatológica) no Experimento II.

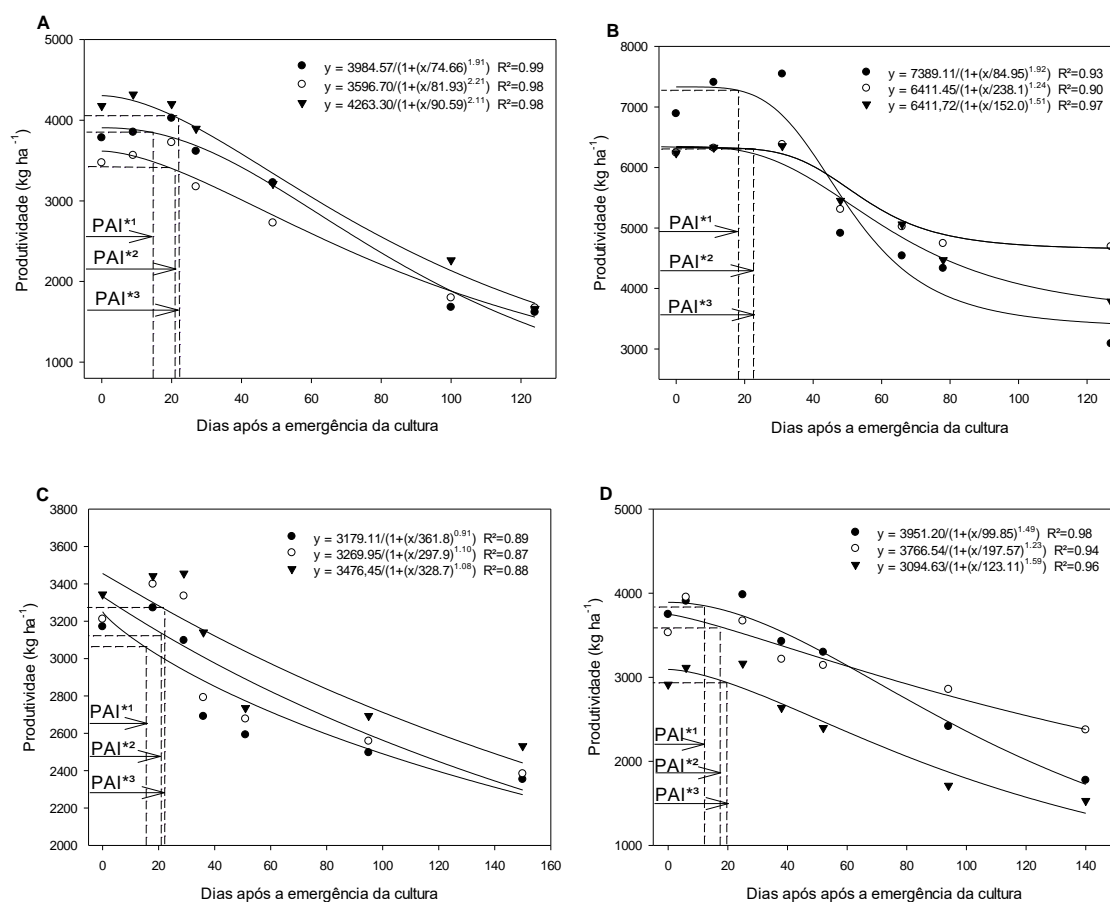
2.3 Resultados e Discussão

Os resultados e discussão serão apresentados de acordo com a sequência das atividades descritas no material e métodos.

2.3.1 Experimento I - Determinação do PAI de cultivares de soja em função do grupo de maturidade relativa e época de semeadura

Os resultados da análise de variância apresentaram significância estatística para os experimentos nas três épocas de semeadura e para as três cultivares. Os dados dos períodos de convivência foram ajustados às equações logísticas de três parâmetros e possibilitaram o cálculo do período de interferência das plantas daninhas na cultura da soja.

Para a primeira época de semeadura, considerando como custo de controle a tolerância de redução de 5% da produtividade máxima estimada pela equação, observou-se redução do PAI calculado em dias após a emergência conforme a diminuição do GMR das cultivares, para todos os locais (Figuras 3 - A, B, C e D). Observando as quatro localidades, em média, as cultivares BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone apresentaram para a primeira época de semeadura, respectivamente, PAI de 16, 21 e 22 dias (Figuras 3 - A, B, C e D).



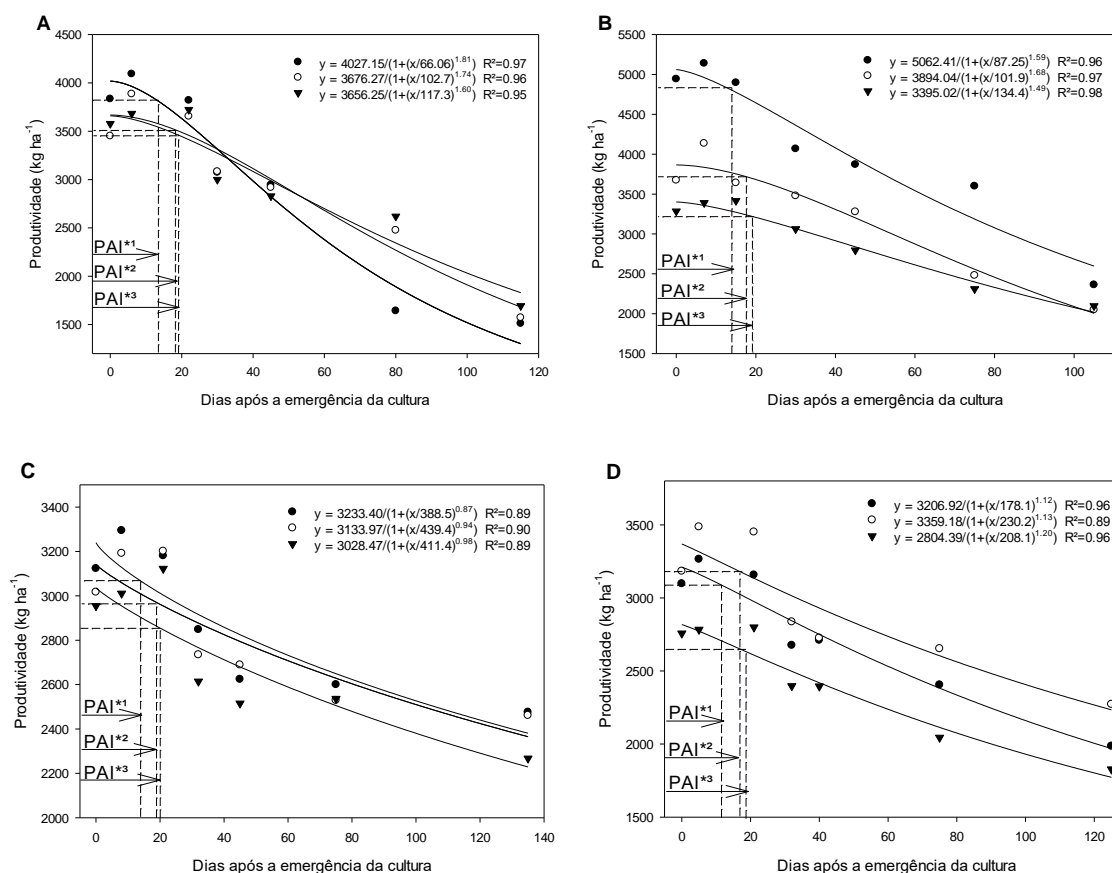
¹Período anterior à interferência da cultivar BMX Raio; ² da cultivar BMX Delta; ³da cultivar BMX Ícone. Barras verticais representam os intervalos de confiança do ponto ($p \leq 0,05$).

Figura 3- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) e com base na produtividade da primeira época de semeadura em relação aos dias após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.

De acordo com o ciclo da cultura, a tendência é que com a diminuição do GMR ocorra também a redução do PAI, uma vez que a transição entre o período vegetativo e reprodutivo é encurtado (NORDBY et al., 2007). Cultivares de ciclo curto, tendem a apresentar período vegetativo menor e a partir do período reprodutivo investir mais em características que não influenciam em sua habilidade competitiva (FLECK et al., 2007; TRENTIN et al., 2013). Como pode ser observado, esses fatores podem influenciar diretamente no PAI, diminuindo em ordem, quando comparados cultivares de ciclo curto, médio e longo.

A cultivar BMX Raio apresentou uma variação de 18 a 14 dias e a cultivar BMX Delta de 22 a 18 dias, entre cidades de Passo Fundo e Santa Maria, respectivamente (Figuras 3 - B e C). Para a cultivar BMX Ícone, ocorreu variação entre Passo Fundo e Santa Maria, respectivamente, com um PAI de 23 a 20 dias (Figuras 3 - A e D). A variação encontrada para algumas localidades, pode ser explicada devido a variação no clima local, principalmente devido a diferença nas condições de temperatura e na comunidade de plantas daninhas presentes (BRAZ et al., 2021; ZANON et al., 2016).

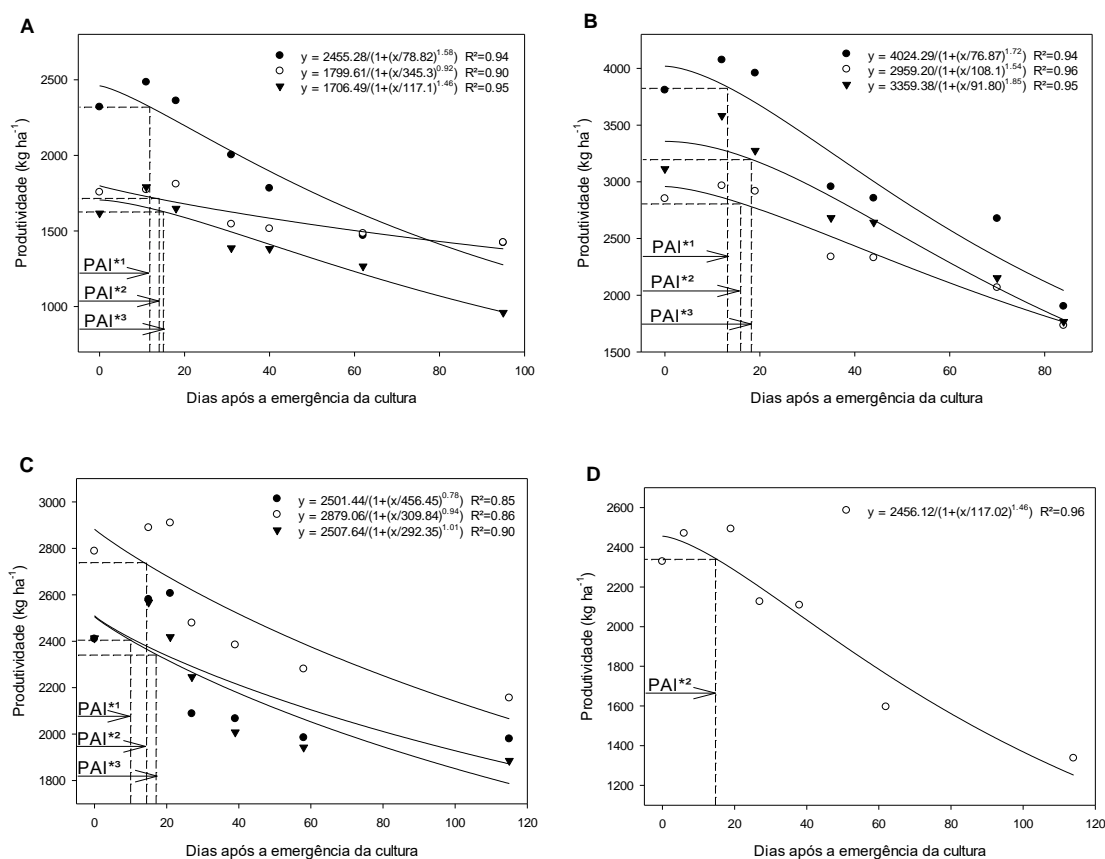
Na segunda época de semeadura, observou-se PAI médio para as cultivares BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, respectivamente, de 14, 18 e 19 dias (Figuras 4 - A, B, C e D). A cultivar BMX Raio semeada na segunda época evidenciou um PAI que variou de 13 a 14 dias em média entre os locais. Já, para a cultivar BMX Delta o PAI variou de 17 a 19 dias e para a cultivar BMX Ícone a variação foi de 18 a 20 dias (Figura 4).



¹Período anterior à interferência da cultivar BMX Raio; ² da cultivar BMX Delta; ³da cultivar BMX Ícone. Barras verticais representam os intervalos de confiança do ponto ($p \leq 0,05$).

Figura 4- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(c), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) e com base na produtividade da segunda época de semeadura em relação aos dias após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.

Para a terceira época de semeadura, observou-se o PAI médio das cultivares BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone para os diferentes locais, respectivamente, de 12, 15 e 16 dias após a emergência (Figuras 5 - A, B, C e D). A semeadura realizada na terceira época diminuiu o ciclo das cultivares e como consequência o PAI, reduzindo o tempo necessário para que seja realizado o manejo efetivo das plantas daninhas (Figura 5).



¹Período anterior à interferência da cultivar BMX Raio; ² da cultivar BMX Delta; ³da cultivar BMX Ícone. Barras verticais representam os intervalos de confiança do ponto ($p \leq 0,05$).

Figura 5- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone (▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) com base na produtividade da terceira época de semeadura em relação aos dias após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.

A diminuição do ciclo e do PAI podem estar relacionadas às características das cultivares em relação ao desenvolvimento e ao potencial produtivo, uma vez que grande parte são responsivas a época de semeadura e fotoperíodo (ROCHA et al., 2018; TAGLIAPIETRA et al., 2018). Assim, em ambientes subtropicais como no sul do Brasil, tomando-se como referência a data ótima de semeadura como 4 de novembro, a cada dia de atraso de semeadura ocorre uma redução de $26 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (ZANON et al., 2016).

Os resultados evidenciam menor intervalo entre a emergência da cultura e o PAI, se observarmos os resultados para a terceira época de semeadura em relação

a primeira e a segunda época (Figura 5). Para as três cultivares, houve decréscimo considerável no PAI da primeira para a terceira época de semeadura, sendo em média de 4 dias para a cultivar BMX Raio e de 6 dias para as cultivares BMX Delta e BMX Ícone (Figuras 5 - A, B, C e D). O PAI da cultivar BMX Raio variou de 11 a 14 dias, da cultivar BMX Delta de 14 a 16 dias, e para a cultivar BMX Ícone a variação foi de 15 a 18 dias (Figuras 5 - A, B, C, D).

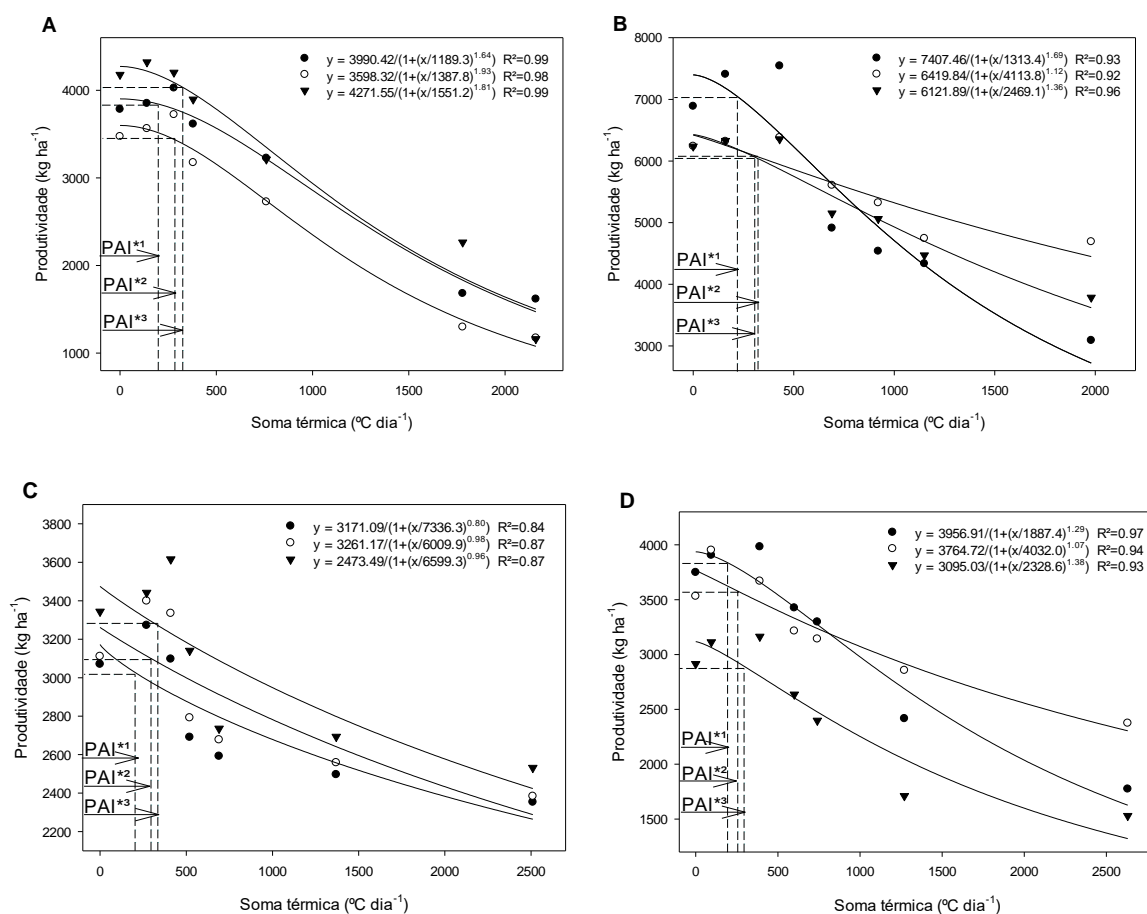
O ciclo das cultivares foi reduzido de acordo com o atraso da época de semeadura, diminuindo o número de dias de cada estágio de desenvolvimento e dos períodos de convivência. As plantas daninhas interferem negativamente na cultura devido a competição principalmente no início do ciclo do cultivo, afetando características de raiz, parte aérea e estabelecimento da soja (ROCKENBACH & RIZZARDI, 2020). A diminuição do ciclo da cultura relacionado a diminuição do PAI, apresenta interferência direta na definição dos componentes de produtividade e, como consequência, no potencial produtivo da cultura (NORDBY et al., 2007; ZANDONÁ et al., 2018a).

Outro fator que pode ocasionar no menor PAI de acordo com o atraso da época de semeadura, está relacionado com os fluxos de plantas daninhas próximos aos períodos críticos de competição, uma vez que é alterada a dinâmica populacional das plantas daninhas (espécies e o número de plantas daninhas presentes) durante o ciclo de cultivo (ZANDONÁ et al., 2018a). Ainda, fatores relacionados as características das cultivares, como adaptabilidade e habilidade competitiva também podem ter influência no PAI, de acordo com as condições de semeadura e cultivo em que são impostas (NORDBY et al., 2007). Ao escolher a cultivar a ser utilizada, devem ser elencados todos esses fatores para que o posicionamento seja adequado de acordo com a resposta do material a época de semeadura, a fim de que a cultura expresse o seu potencial produtivo.

2.3.2 Experimento II - Determinação do PAI de cultivares de soja em função da soma térmica

Quando o PAI foi calculado com base na soma térmica nos períodos de convivência da primeira época de semeadura, observou-se valor médio entre os quatro locais para as cultivares BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone,

respectivamente, de 205 °C dia⁻¹, 289 °C dia⁻¹ e 295 °C dia⁻¹ (Figuras 6 - A, B, C e D). De maneira geral, para as três cultivares e nas quatro localidades houve oscilação média ou próxima de 30 °C dia⁻¹ (Figura 6), que representa valor médio de 1 a 2 dias.



¹Período anterior à interferência da cultivar BMX Raio; ² da cultivar BMX Delta; ³da cultivar BMX Ícone. Barras verticais representam os intervalos de confiança do ponto ($p \leq 0,05$).

Figura 6- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) e com base na produtividade da primeira época de semeadura em relação a soma térmica após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.

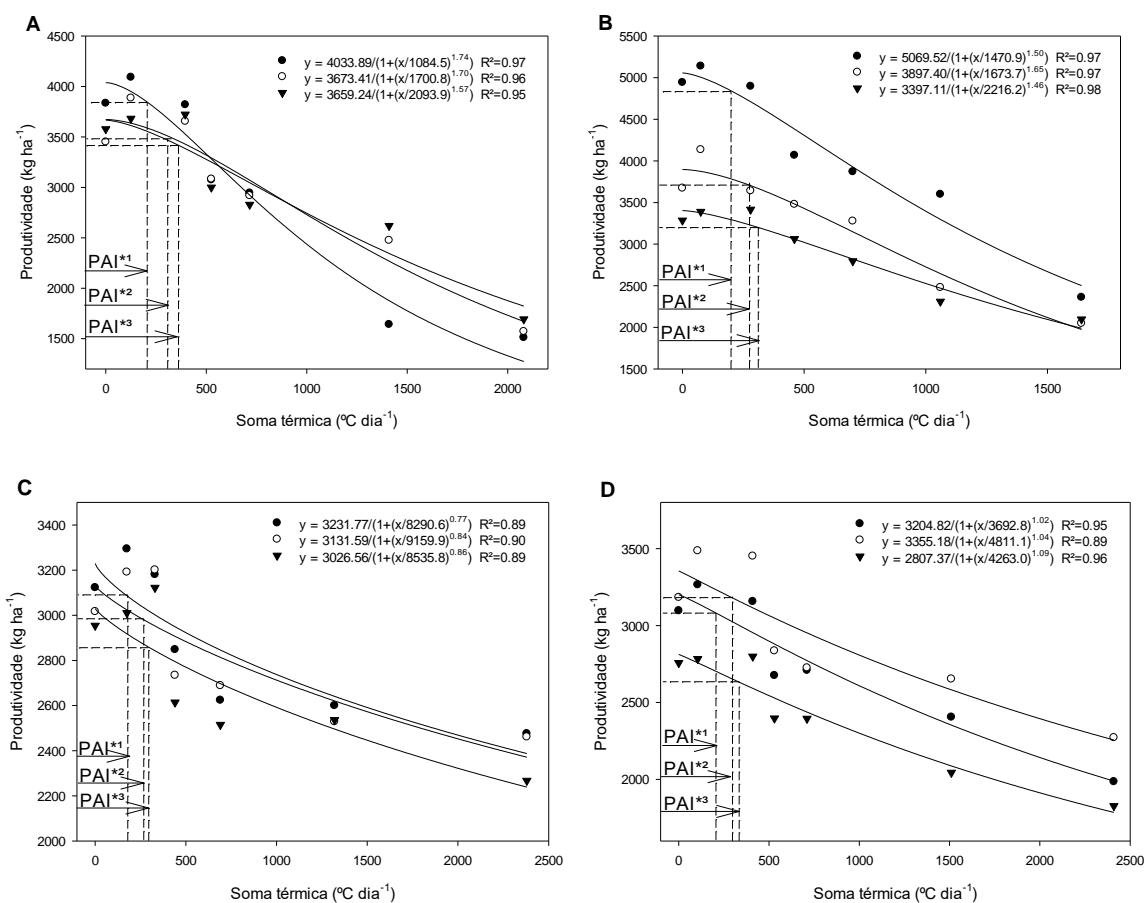
Ao analisar-se a cultivar BMX Raio, foi observado soma térmica de 198 °C dia⁻¹, 195 °C dia⁻¹ e 196 °C dia⁻¹ para Cruz Alta, Capão do Leão e Santa Maria, respectivamente, com resposta diferente apenas em Passo Fundo, no qual

apresentou PAI de 231 °C dia⁻¹, aproximadamente entre (Figura 6). De forma semelhante, para cultivar BMX Delta verificou-se PAI de 301 °C dia⁻¹, 297 °C dia⁻¹ e 298 °C dia⁻¹, respectivamente, para Cruz Alta, Passo Fundo e Capão do Leão, demonstrando diferença apenas para Santa Maria, no qual apresentou PAI de 260 °C dia⁻¹. Por sua vez, a cultivar BMX Ícone apresentou PAI de 307 °C dia⁻¹ e 305 °C dia⁻¹ para Cruz Alta e Capão do Leão, e de 287 °C dia⁻¹ e 280 °C dia⁻¹, respectivamente, para Passo Fundo e Santa Maria (Figuras 6 - A, B, C e D).

Os resultados obtidos apresentaram baixa variação, ao comparar-se o PAI calculado de cada cultivar nas diferentes localidades em função da soma térmica. As cultivares apresentaram maior variação no PAI quando analisado em dias para cada localidade do que os resultados encontrados através da soma térmica. A menor variação no PAI em função da soma térmica pode ser explicada devido a variação climática que ocorre em cada local do estudo, onde, por exemplo, podem ocorrer diferenças significativas na temperatura média dos dias dependendo da localidade (Figura 1) (ZANON et al., 2016).

O acúmulo de biomassa é componente importante em condições de competição com plantas daninhas e sofre influência significativa sob condições de padrões de temperatura diferentes, principalmente por afetar a taxa fotossintética, transporte e acúmulo de fotossimilados (ZHANG et al., 2016). Dessa forma, estudos mostram que o uso da soma térmica (em GD - °C dia⁻¹) apresenta ser metodologia mais precisa para estimar taxas de crescimento e épocas de manejo, se comparadas a metodologias temporais após semeadura ou emergência da cultura (FERNEDA et al., 2016).

Os resultados encontrados para segunda época de semeadura evidenciaram variação próxima de 30 °C dia⁻¹ quando comparadas a mesma cultivar nas distintas localidades (Figura 7). De maneira similar a primeira época, de acordo com o aumento no GMR, houve também acréscimo no PAI em função da soma térmica, com média entre as quatro localidades de 199°C para a cultivar BMX Raio, 285 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Delta e 299 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Ícone (Figura 7).



¹Período anterior à interferência da cultivar BMX Raio; ² da cultivar BMX Delta; ³da cultivar BMX Ícone. Barras verticais representam os intervalos de confiança do ponto ($p \leq 0,05$).

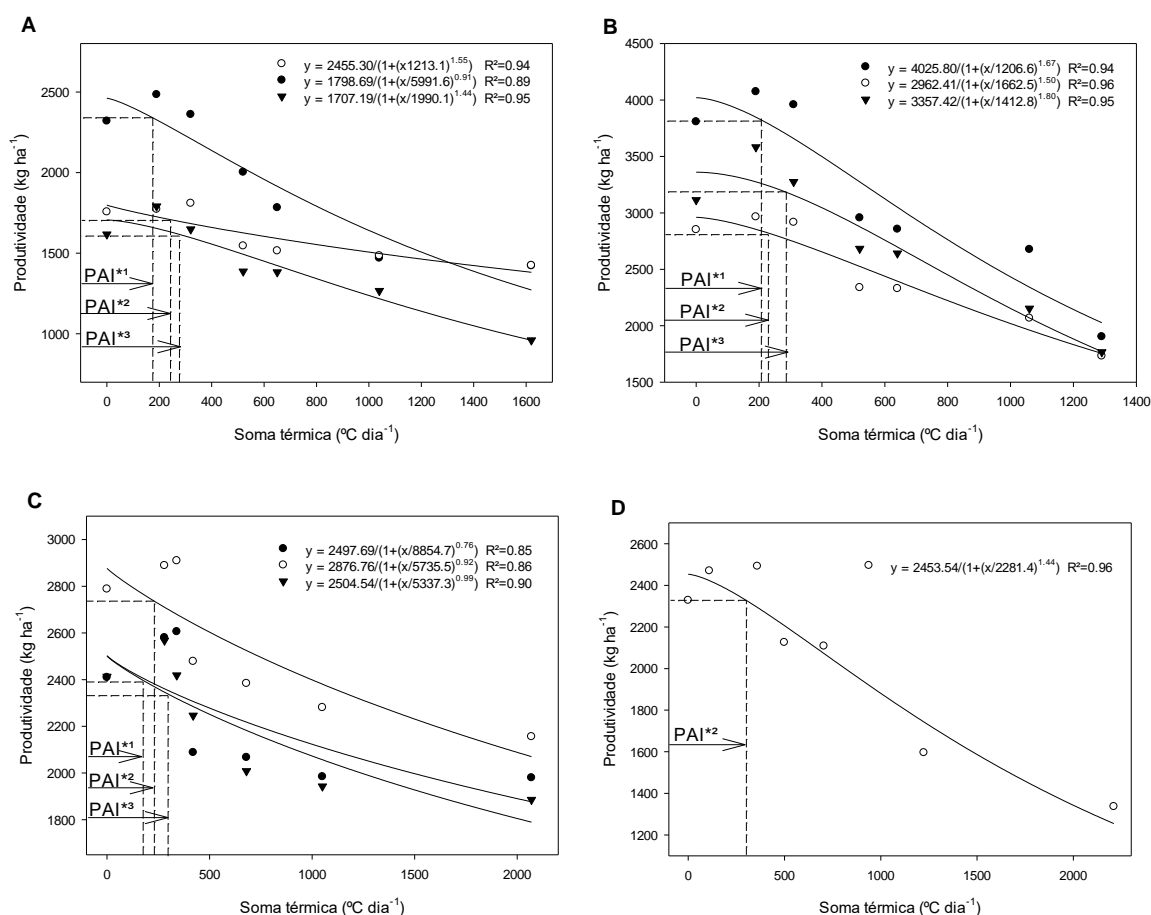
Figura 7- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone (▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) e com base na produtividade da segunda época de semeadura em relação a soma térmica após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.

A cultivar BMX Raio apresentou PAI para Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, respectivamente, de 200 °C dia⁻¹, 208 °C dia⁻¹, 180 °C dia⁻¹ e 207 °C dia⁻¹ (Figuras 7 - A, B, C e D). Na mesma ordem de localidades, a cultivar BMX Delta apresentou o PAI de 301 °C dia⁻¹, 281 °C dia⁻¹, 279 °C dia⁻¹ e 280 °C dia⁻¹ (Figuras 7A, B, C e D). Na comparação entre as localidades para a cultivar BMX Ícone, o PAI foi de 294 °C dia⁻¹, 289 °C dia⁻¹ e 290 °C dia⁻¹, respectivamente, para Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, com maior diferença encontra em Cruz Alta, onde o PAI foi de 323 °C dia⁻¹ (Figuras 7 - A, B, C e D).

De acordo com a redução do GMR de cada cultivar, a tendência é que ocorra o decréscimo no ciclo de desenvolvimento em cultivares semeadas na mesma região (ZANON et al., 2016) e com isso, diminuição na sua habilidade competitiva. Comparando a habilidade competitiva de duas cultivares de soja, cultivar BMX Alvo RR (GMR 5.7) e cultivar Fundacep 55RR (GMR 6.3) com picão-preto (*Bidens pilosa* (L.)) e leiteiro (*Euphorbia heterophylla* (L.)) não foi observada diferença, o que pode estar ligado a pouca diferença no ciclo das cultivares (FORTE et al., 2017).

Quando comparadas cultivares com maior diferença no GMR, observou-se que cultivares de ciclo mais tardio e de porte mais elevado apresentavam maior habilidade competitiva em relação a cultivares de ciclo mais curto e porte mais baixo (LAMEGO et al., 2005). Essa redução também ocorre no PAI, uma vez que as cultivares de ciclo mais curto apresentam menos tempo para recuperar-se de estresses, e acabam sofrendo mais quando se encontram em condições de competição com plantas daninhas (NORDBY et al., 2007).

Comparando os períodos de convivência na terceira época de semeadura, observou-se variação entre as quatro localidades de 26 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Raio, de 60 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Delta e de 20 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Ícone (Figura 8). A terceira época de semeadura evidenciou maior redução na soma térmica para as três cultivares ao comparar-se a primeira e segunda época, onde o PAI médio entre as quatro localidades foi de 192 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Raio, 257 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Delta e 273 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Ícone (Figura 8).



¹Período anterior à interferência da cultivar BMX Raio; ² da cultivar BMX Delta; ³da cultivar BMX Ícone. Barras verticais representam os intervalos de confiança do ponto ($p \leq 0,05$).

Figura 8- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (●), BMX Delta (○) e BMX Ícone(▼), nas cidades de Cruz Alta (A), Passo Fundo (B), Capão do Leão (C) e Santa Maria (D) com base na produtividade da terceira época de semeadura em relação a soma térmica após a emergência da cultura. Cruz Alta, Passo Fundo, Capão do Leão e Santa Maria, 2018/19.

Na terceira época de semeadura, a cultivar BMX Raio apresentou PAI de $182 \text{ } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ em Cruz Alta, $208 \text{ } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ em Passo Fundo e de $190 \text{ } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ em Capão do Leão (Figuras 8 - A, B e C). Para a cultivar BMX Delta, o PAI em função da soma térmica foi igual ou próximo de $240 \text{ } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ para Cruz Alta, Passo Fundo e Capão do Leão. Diferente das demais localidades, a cultivar BMX Delta em Santa Maria apresentou um PAI de $296 \text{ } ^\circ\text{C dia}^{-1}$ (Figura 8 - D).

A cultivar BMX Ícone obteve a menor variação do PAI em função da soma térmica na terceira época de semeadura, com PAI de 260 °C dia⁻¹ em Cruz Alta, 276 °C dia⁻¹ em Passo Fundo e 275 °C dia⁻¹ em Capão do Leão (Figuras 8 - A, B e C). A maior equidade de resultados obtidos para a cultivar BMX Ícone, podem estar relacionadas ao maior ciclo da cultivar, demonstrando ser menos sensível quando exposta a condições adversas, uma vez que tem maior tempo para recuperar-se de estresses passados durante o ciclo de cultivo, como em condições de competição.

Para a terceira época, ocorreu redução média para a cultivar BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, respectivamente, de 11,7 °C dia⁻¹, 35,8 °C dia⁻¹ e 24,4 °C dia⁻¹, quando comparados a primeira época de semeadura, e de 5,5 °C dia⁻¹, 32 °C dia⁻¹ e 28,6 °C dia⁻¹, quando comparados a segunda época de semeadura (Figuras 6, 7 e 8). Esses valores podem indicar intervalos menores de um dia de acúmulo térmico para o crescimento e desenvolvimento da soja, reforçando que o uso do conhecimento da soma térmica é promissor para uso no manejo integrado de plantas daninhas.

Ao analisar em dias, evidenciou-se redução no PAI entre a primeira, a segunda e a terceira época de semeadura para todas as cultivares (Figuras 3, 4 e 5). Entretanto, quando estimado o PAI em função da soma térmica, os resultados para a primeira e a segunda época de semeadura foram próximos, e ocorreu redução para a terceira época de semeadura. Os resultados na soma térmica entre a primeira e a segunda época de semeadura foram próximos, com diminuição de 6 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Raio e 4 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Delta, porém, de aumento de 4 °C dia⁻¹ para a cultivar BMX Ícone (Figuras 6, 7 e 8).

Estudo realizado em Urbana nos Estados Unidos (EUA) para estimar o momento de controle de plantas daninhas com glyphosate em função da data de semeadura e do acúmulo de graus dias, foi observado que não houve alteração nas estratégias de manejo em função da data de plantio ao analisar-se em relação ao estágio de desenvolvimento da cultura, entretanto, ocorreram diferenças no manejo em função dos graus dias (COULTER & NAFZIGER, 2007). Ao analisar-se o PAI da cultivar NA5909RR, em dias, houve diferença de um dia entre a primeira e a segunda época de semeadura, por outro lado, para a terceira época de semeadura houve redução próxima ou igual a 10 dias (ZANDONÁ et al., 2018a). Observando os trabalhos encontrados na literatura, as alterações nos períodos no qual ocorrem o

PAI irão depender do ambiente local onde está sendo realizado o trabalho, podendo sofrer influência ou não da época de semeadura.

Estudos vem sendo realizados buscando a utilização de modelos para prever o tempo de remoção de plantas daninhas em função da redução da produtividade da cultura (AGOSTINETTO et al., 2014; SARTORATO et al., 2011). Dentro desses estudos, sabe-se que podem ocorrer variações na dinâmica do fluxo de emergência e densidade de plantas daninhas em diferentes ambientes, porém os modelos têm a capacidade de trazer resultados satisfatórios e de boa precisão (ZANDONÁ et al., 2018a). No presente estudo, mesmo variando o ambiente de produção para mesma época de semeadura, os resultados estimados do PAI em função da soma térmica apresentaram-se bem próximos, demonstrando que a metodologia utilizada de soma térmica através dos graus dias, é uma boa forma para estimar-se o PAI.

2.3.3 Experimento III - Experimentos de validação e simulação dos resultados através de modelo de estimativa do PAI em função da soma térmica

Pela análise de variância se verificou diferença estatística dos períodos de convivência das plantas daninhas com a cultura para todas as cultivares. Comparando a testemunha sem infestação, de maneira geral, os melhores resultados foram observados onde o controle das plantas daninhas foi realizado através da aplicação próxima ao PAI estimado (APPE), para Cruz Alta e Capão do Leão (Tabelas 2 e 3). Apenas para a cultivar BMX Delta em Cruz Alta constatou-se resultado diferente, onde a produtividade no tratamento com aplicação 5 dias após APPE foi próximo a testemunha sem infestação (Tabela 2).

As cultivares BMX Raio e BMX Ícone apresentaram redução na produtividade nos tratamentos com aplicações posteriores ao tratamento APPE. Entretanto, para a cultivar BMX Delta obteve-se maiores perdas de produtividade a partir da aplicação realizada aos $472^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ (Tabela 2).

As cultivares BMX Delta e BMX Ícone, cultivadas no capão do Leão, demonstraram o mesmo comportamento, onde os melhores tratamentos foram verificados até APPE. Para as mesmas cultivares, a partir da convivência de $378^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e $390^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ até $458^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e $475^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, respectivamente, a produtividade teve decréscimo acentuado (Tabela 3).

Tabela 2- Produtividade da cultura da soja (kg ha^{-1}) em função dos períodos de convivência de plantas daninhas com a cultura da soja estimada pelo modelo. UNICRUZ, Cruz Alta, 2020/21.

Tratamento		Produtividade (kg ha^{-1})
Soma térmica ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$)	Dias após a emergência (DAE)	
BMX Raio		
0 (Ve) ¹	0 (Ve)	2428,9
80	4	2464,3 ^{ns3}
63	9	2492,6 ^{ns}
246 ⁽⁴⁾	14	2469,4 ^{ns}
330	19	2129,4 [*]
415	24	2116,0 [*]
2498 (R8) ²	133 (R8)	1194,8 [*]
CV (%)		5,2
BMX Delta		
0 (Ve)	0 (Ve)	3440,5
123	7	3464,5 ^{ns}
206	12	3432,3 ^{ns}
285 ⁽⁴⁾	17	3423,5 ^{ns}
373	22	3404,4 ^{ns}
472	27	2906,1 [*]
2498 (R8)	133 (R8)	1877,4 [*]
CV (%)		3,92
BMX Ícone		
0 (Ve)	0 (Ve)	3348,0
140	8	3436,5 ^{ns}
223	13	3463,4 ^{ns}
300 ⁽⁴⁾	18	3408,2 ^{ns}
390	23	3216,5 [*]
489	28	2935,9 [*]
2498 (R8)	133 (R8)	1807,2 [*]
CV (%)		5,28

¹Ve= testemunha sem infestação; ²R8= testemunha com infestação; ³Médias seguidas na coluna de (*) e (^{ns}) indicam valores significativos e não significativos, respectivamente, pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$), em relação a Ve. ⁴Tratamento próximo ao PAI estimado, sendo eles: BMX Raio de 200 $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, BMX Delta de 301 $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e BMX Ícone de 323 $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$.

Tabela 3- Produtividade da cultura da soja (kg ha^{-1}) em função dos períodos de convivência de plantas daninhas com a cultura da soja estimada pelo modelo. CEHERB/FAEM/UFPel, Pelotas, 2020/21.

Tratamento		Produtividade (kg ha^{-1})
Soma térmica ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$)	Dias após a emergência (DAE)	
BMX Delta		
0 (Ve) ¹	0 (Ve)	3191,4
143	11	3231,5 ^{ns3}
223	16	3132,1 ^{ns}
302 ⁽⁴⁾	21	3193,0 ^{ns}
378	26	2930,5 *
458	31	2772,7 *
2551 (R8) ²	143 (R8)	1245,4 *
CV (%)		12,5
BMX Ícone		
0 (Ve)	0 (Ve)	4044,0
158	13	4161,9 ^{ns}
240	18	4165,6 ^{ns}
315 ⁽⁴⁾	23	4095,9 ^{ns}
390	28	3905,2 *
475	33	3510,4 *
2551 (R8)	143 (R8)	1845,1 *
CV (%)		11,21

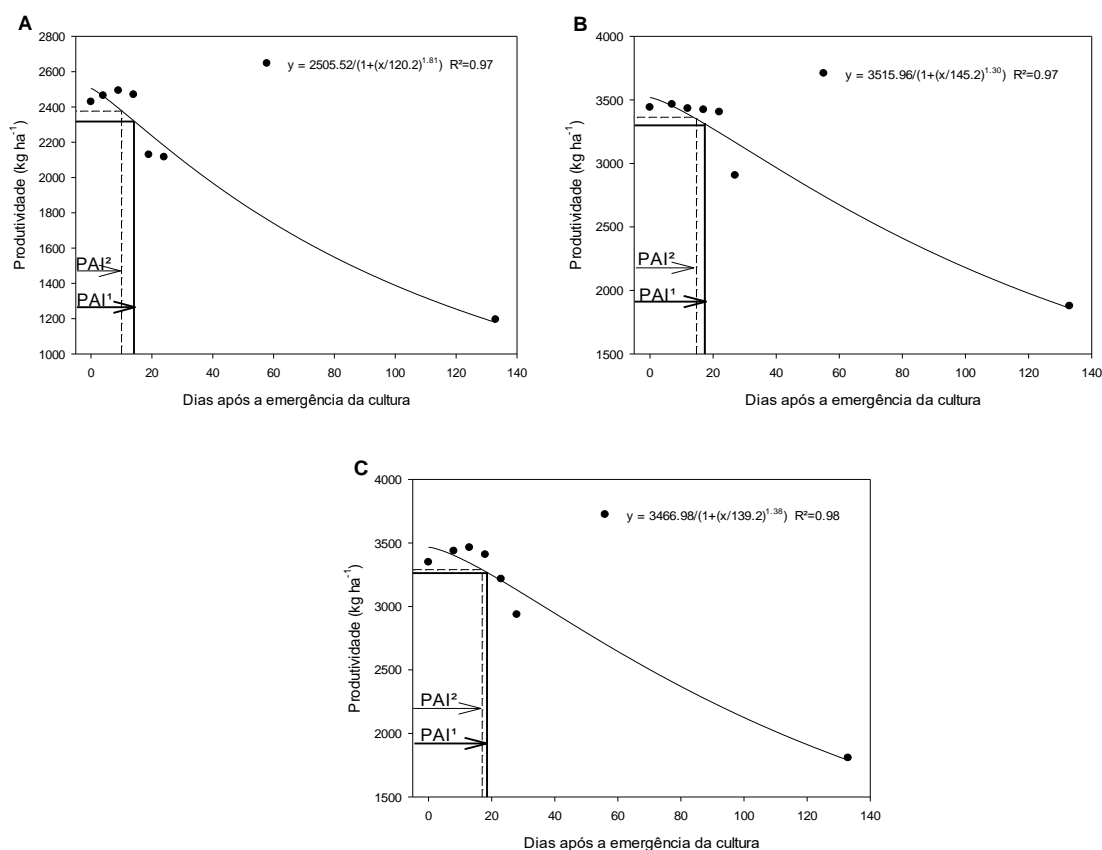
¹Ve= testemunha sem infestação; ²R8= testemunha com infestação; ³Médias seguidas na coluna de (*) e (^{ns}) indicam valores significativos e não significativos, respectivamente, pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$), em relação a Ve. ⁴Tratamento próximo ao PAI estimado, sendo eles: BMX Delta de 279 $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e BMX Ícone 289 $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$.

Estudos no RS e Paraná relatam que a máxima emergência de plantas daninhas tende a ocorrer aos 14 DAE da cultura, podendo ou não ocorrer novos fluxos de emergência durante o restante do ciclo de cultivo (SILVA et al., 2015; ZANDONÁ et al., 2018a). A partir dos 14 DAE, tende a ocorrer o aumento gradativo de matéria seca da cultura, sendo essa elevada produção aliada ao rápido fechamento de entrelinhas prejudicial ao crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas cultura (NOHATTO et al., 2016; SILVA et al., 2009).

Ao prolongar os períodos de convivência, além de permitir que as plantas daninhas sigam competindo com a cultura, também se permite que estas se desenvolvam e aumente a dificuldade de controle (MYERS et al., 2005). Nos estádios iniciais de crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas, a cera epicuticular e demais barreiras de absorção dos herbicidas ainda estão pouco desenvolvidas, aumentando a possibilidade de eficiência no controle (GUIMARÃES et al., 2009). O atraso no controle, além de prolongar a duração da interferência das plantas daninhas, também pode resultar no aumento populacional das espécies presentes no ambiente, dificultando a eficiência de controle e reduzindo o potencial produtivo da soja (COULTER & NAFZIGER, 2007; SARTORATO et al., 2011).

De maneira geral, os melhores resultados encontraram-se onde o manejo de plantas daninhas foi realizado próximo ou igual ao PAI estimado pelo modelo, sendo este considerado o momento ideal para que seja realizado o controle efetivo das plantas daninhas (Tabelas 2 e 3). Os resultados indicam que o modelo demonstra boa capacidade de prever a redução na produtividade de acordo com o momento de remoção das plantas daninhas.

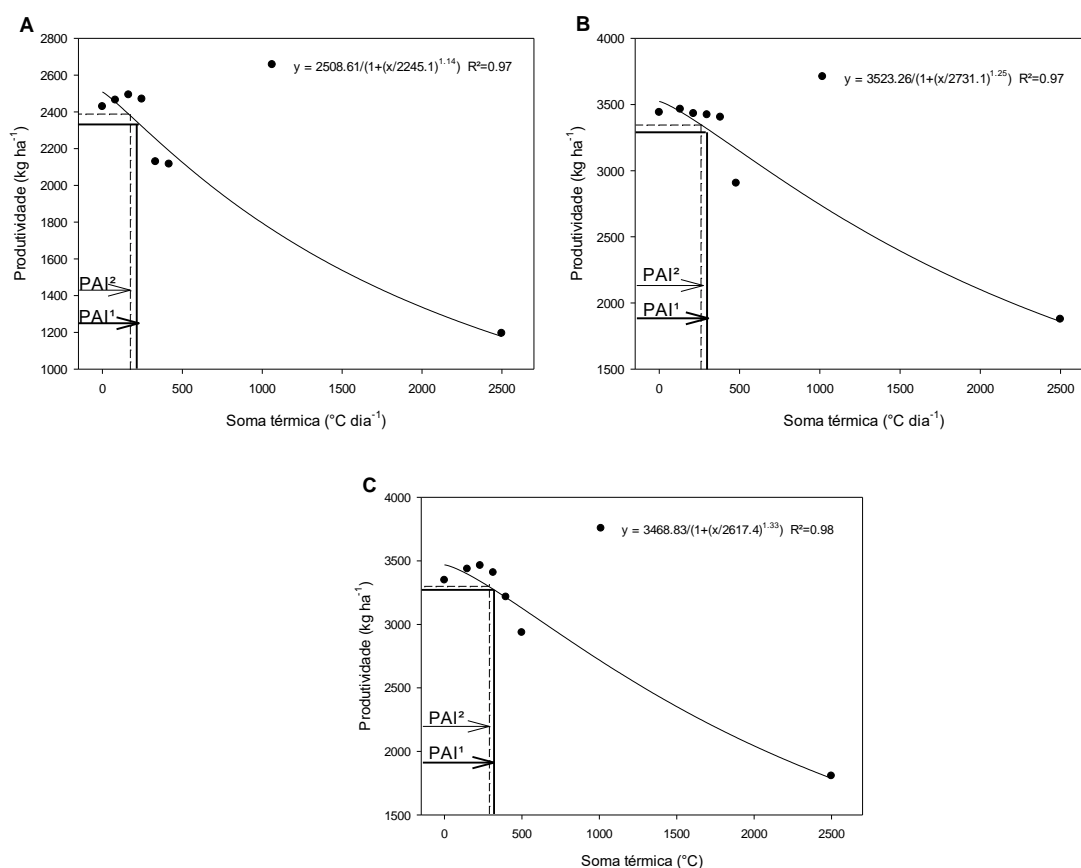
Quando foi realizado a comparação entre o PAI calculado e o estimado pela normal climatológica (NC), através dos dados obtidos nos experimentos I e II, para os dados de Cruz Alta, a análise de regressão revelou, para as cultivares BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, respectivamente, um PAI de 10, 15 e 17 DAE (Figura 9). O modelo utilizou o PAI estimado pela NC para a segunda época de semeadura, sendo considerado o mais próximo da data de semeadura realizada na safra 2018/19 em Cruz Alta, com um PAI de 13, 18 e 19 DAE, na mesma ordem de cultivares. Dessa forma, o PAI calculado ficou entre o tratamento de 5 dias antes do PAI estimado e do PAI estimado pela NC para todas as cultivares, com variação de 2 a 3 dias de diferença a menos do observado para o estimado (Figura 9).



¹Período anterior à interferência estimado pela NC nos trabalhos preliminares (Estimado). ²Período anterior à interferência calculado na safra (Observado). Barras verticais representam os intervalos de confiança ($p \leq 0,05$).

Figura 9- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C), na cidade de Cruz Alta e com base na produtividade calculada em relação aos dias após a emergência da cultura (DAE). Cruz Alta, 2020/21.

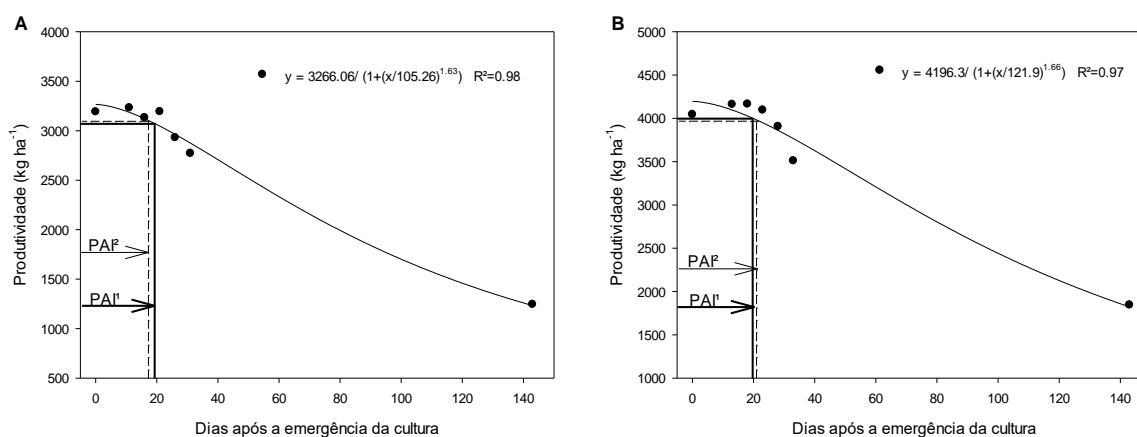
Quando o PAI foi calculado e comparado ao PAI estimado pela NC, com base na soma térmica, em Cruz Alta, observou-se um PAI nas cultivares BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, respectivamente, de $170^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, $260^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e $290^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ (Figura 10). O modelo utilizado para estimar o PAI em função da ST pela NC, previu para as cultivares um PAI de $200^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, $301^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e $323^{\circ}\text{C dia}^{-1}$. Através da diferença entre o PAI calculado e estimado pela NC, foi possível verificar uma variação de $30^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ para a cultivar BMX Raio, $41^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ para a cultivar BMX Delta e $33^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ para a cultivar BMX Ícone, o que representou, respectivamente, uma diferença de 3, 3 e 2 dias a menos para o PAI calculado em relação ao estimado (Figura 10).



¹Período anterior à interferência estimado nos trabalhos preliminares (Estimado). ²Período anterior à interferência calculado na safra (Observado). Barras verticais representam os intervalos de confiança ($p \leq 0,05$).

Figura 10- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C), na cidade de Cruz Alta e com base na produtividade calculada em relação a soma térmica após a emergência da cultura (ST). Cruz Alta, 2020/21.

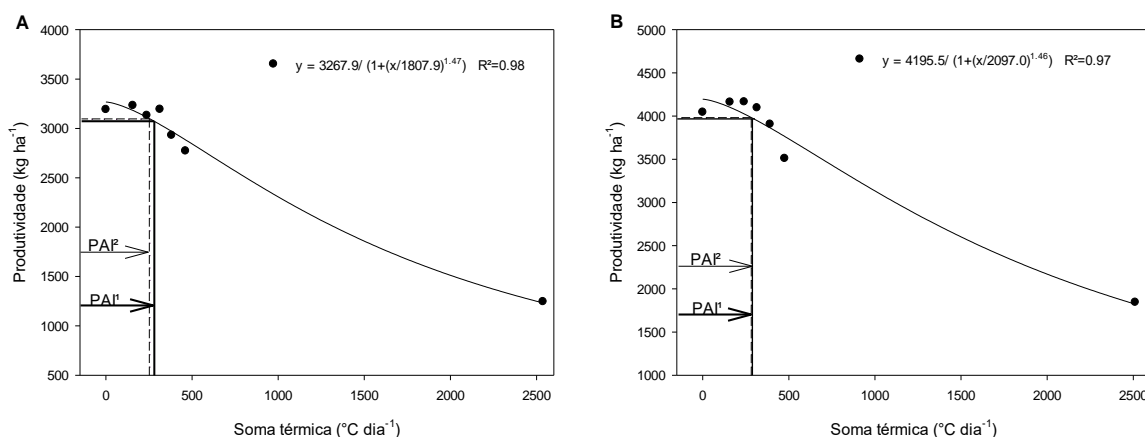
A mesma comparação entre o PAI calculado e o estimado pela normal climatológica (NC), para os dados do Capão do Leão, o PAI calculado foi de 17 e 21 DAE, respectivamente, para as cultivares BMX Delta e BMX Ícone (Figura 11). O PAI calculado para a cultivar BMX Delta ficou entre o tratamento de 5 dias antes do PAI estimado e do PAI estimado, já o PAI para a cultivar BMX Ícone ficou entre o tratamento do PAI estimado e dos 5 dias após o PAI estimado. A cultivar BMX Delta apresentou uma diferença de 2 dias entre o calculado e o estimado, já a cultivar BMX Ícone apresentou 1 dia a mais para calculado em relação ao PAI estimado (Figura 11).



¹Período anterior à interferência estimado nos trabalhos preliminares (Estimado). ²Período anterior à interferência calculado na safra (Observado). Barras verticais representam os intervalos de confiança ($p \leq 0,05$).

Figura 11- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Delta (A) e BMX Ícone (B), na cidade de Capão do Leão, e com base na produtividade calculada em relação aos dias após a emergência da cultura (DAE). Capão do Leão, 2020/21.

Em função da ST realizada em Capão do Leão, pode observar-se um PAI para as cultivares BMX Delta e BMX Ícone, respectivamente, de 248°C dia⁻¹ e 280°C dia⁻¹ (Figura 12). De acordo com o modelo utilizado para estimar o PAI em função da ST, o PAI estimado para as cultivares BMX Delta e BMX Ícone foram, respectivamente, de 279°C dia⁻¹ e 289°C dia⁻¹. Dessa forma, a diferença entre o PAI calculado e estimado foi de 31°C dia⁻¹ para a cultivar BMX Delta e de 9°C dia⁻¹ para a cultivar BMX Ícone, o que representou uma diferença de, respectivamente, 2 a menos e 1 dia a mais para as cultivares (Figura 12).



¹Período anterior à interferência estimado nos trabalhos preliminares (Estimado). ²Período anterior à interferência calculado na safra (Observado). Barras verticais representam os intervalos de confiança ($p \leq 0,05$).

Figura 12- Definição do período anterior a interferência de plantas daninhas das cultivares de soja BMX Delta (A) e BMX Ícone (B), na cidade de Capão do Leão e com base na produtividade calculada em relação a soma térmica após a emergência da cultura (ST). Capão do Leão, 2020/21.

Em Cruz Alta, a safra de 2018/19 apresentou precipitação total correspondente a 750,1 mm, bem distribuídos durante a estação de cultivo. Por outro lado, a safra de 2020/21, apresentou precipitação total de 378,9 mm durante toda estação de cultivo. Comparando os dados climáticos encontrados na estação de cultivo das duas safras na qual foram realizados os experimentos, observou-se para Cruz Alta, uma redução de aproximadamente 370 mm da safra 2020/21 em relação à safra 2018/19 (Figuras 1 e 2).

Nos meses anteriores e na semeadura, observou-se menor pluviosidade acumulada na safra de 2020/21, com diferença de abastecimento de água de 467,4 mm em relação à safra 2018/19 (Figuras 1 e 2), que aliados a baixa capacidade de armazenamento dos solos da região Sul do Brasil afetaram o estabelecimento inicial da cultura da soja (SENTELHAS et al., 2015). O estado hídrico do solo no período de semeadura é prática de manejo que tende a levar a custos adaptativos em situações de déficit hídrico, sendo prejudiciais para o estabelecimento da cultura em casos de deficiência (ZANON et al., 2016), como observado na comparação das duas safras do presente estudo.

O PAI para as cultivares BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone na segunda época de semeadura, encontram-se entre os estádios V2 a V4, onde condições de baixa disponibilidade de água podem levar a uma redução no PAI se comparados a uma boa condição hídrica. Tendo em vista a competição entre a cultura e plantas daninhas por recursos, a baixa disponibilidade de água durante os estádios iniciais de crescimento pode acentuar as perdas de produtividade decorrentes da competição e levar a uma diminuição do PAI (CARVALHO et al., 2014).

No período que compreendeu da floração ao enchimento de grãos, a safra 2020/21 apresentou precipitação acumulada de 365,6 mm a menos que a safra 2018/19 (Figuras 1 e 2). Por ser considerado o período mais crítico em relação ao déficit hídrico e, havendo evapotranspiração média elevada, aproximadamente de 5 a 8 mm dia⁻¹, o potencial produtivo da cultura da soja foi menor na safra 2020/21 em relação à safra 2018/19 (CURTO; COVI & GASSMANN, 2019; GAVA et al., 2015; ZANON et al., 2016). Dentro dos fatores que determinam o potencial produtivo da cultura da soja, destacam-se a época de semeadura e a disponibilidade hídrica, a qual necessita ser bem distribuída ao longo da estação de crescimento (FERREIRA & RAO, 2011; TAGLIAPIETRA et al., 2021).

Estudos no qual utilizam-se do cálculo de GD estão sendo realizados para estimar o momento ideal do controle de plantas daninhas, assim como a sensibilidade de culturas a herbicidas (SARTORATO et al., 2011; SCHOLTES et al., 2019), e vem demonstrando ser uma forma precisa para estimar o manejo nos cultivos agrícolas. Ao usar materiais que são utilizados em determinada região de interesse, modelos de simulação de cultura bem calibrados e validados tendem a servir de apoio para auxiliar o manejo do agricultor e atingir melhores produtividades (BATTISTI et al., 2018). O uso de modelos que utilizam parâmetros fenológicos e climatológicos que simulam o desenvolvimento de plantas, podem auxiliar de forma efetiva o manejo integrado das culturas (FERNEDA et al., 2016).

Os resultados indicam que o momento ideal para o manejo deve variar dependendo da época de ocorrência da emergência e da população total das plantas daninhas presentes na área, podendo ocorrer variações de ano para ano (PINHEIRO et al., 2021). Dessa forma, a modelagem através de sistema que utilize a soma térmica como variável para determinar o PAI é uma forma de abordagem

que poderia melhorar a compreensão dos períodos ideais de manejo das plantas daninhas dentro do sistema (SARTORATO et al., 2011).

Para a calibração e validação do modelo, é necessário que sejam atendidos alguns critérios, como exemplo, a realização de experimentos divididos em três épocas de semeadura (antecipada, média e tardia) e feitos em diferentes localidades (FENSTERSEIFER et al., 2017), assim como o presente estudo. Diante do cenário de mudanças climáticas, é visto que podem ocorrer oscilações nas respostas de modelos frente ao manejo dentro do sistema de produção (PINHEIRO et al., 2021). Apesar dos resultados indicarem boa assertividade para que sejam utilizados em futuros modelos mais elaborados, cabe salientar que podem ocorrer alterações de acordo com possíveis variações climáticas que venham ocorrer em diferentes anos de cultivo.

2.4 Conclusões

Na semeadura precoce há aumento no número de dias do PAI em relação a segunda e terceira época de semeadura, favorecendo a manutenção da produtividade potencial da cultura.

Conforme diminuição no GMR das cultivares estudadas, menor serão os dias em que a cultura pode conviver competindo com as plantas daninhas, independente da época de semeadura.

O PAI calculado em função da soma térmica apresenta menor variação em relação ao calculado em dias, independente da localidade. Quando comparado em soma térmica, não há diferença no PAI entre a primeira e a segunda época de semeadura, porém para a terceira época ocorre diminuição no PAI.

A utilização da soma térmica apresenta ser boa alternativa para estimar-se o PAI de forma mais assertiva. Porém, podem ocorrer alterações no PAI devido as oscilações climáticas encontradas em diferentes safras, demonstrando a necessidade de mais estudos para obter-se resultados mais robustos.

3. CAPÍTULO II – Alteração do PAI em função de diferentes métodos de controle de plantas daninhas na soja

3.1 Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) apresenta posição econômica de destaque no Brasil devido ao seu potencial de produtividade, sendo a principal commodity agrícola e com mais de 36 milhões de hectares de produção em média das últimas cinco safras, representando 48% do total da produção de grãos (CONAB, 2021). Apesar da produtividade potencial ser elevada, vários são os fatores que a reduzem, com destaque a interferência negativa das plantas daninhas, por limitar os recursos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das culturas como água, luz e nutrientes (competição) (SILVA et al., 2015).

A competição com plantas daninhas pode ser estabelecida em diferentes momentos do ciclo da cultura e podem ocasionar prejuízos de até 94% na cultura da soja (ZANDONA et al., 2018a). Além das perdas de produtividade decorrentes da competição, a presença de plantas daninhas também pode afetar negativamente a colheita e serem hospedeiras alternativas de insetos praga, nematoides e doenças (CARVALHO et al., 2014; BELLÉ et al., 2019).

Para um manejo eficiente e sustentável, é necessário que seja utilizado dentro do sistema, estratégias que englobem o manejo integrado de plantas daninhas (MIPD), como métodos culturais, mecânico, biológico, genético e químico (SWANTON & WEISE, 1991).

Para colocar em prática essas estratégias, são necessárias pesquisas que busquem compreender os períodos de convivência entre plantas daninhas e a cultura, pois o impacto da interferência das plantas daninhas na cultura vai estar relacionado com o período de convivência entre essas plantas (NEPOMUCENO et al., 2007; AGOSTINETTO et al., 2020).

O grau de interferência de plantas daninhas em condições de competição com a cultura da soja pode ser determinado por estudos dos períodos de convivência. Entre os períodos de interferência, o período anterior a interferência (PAI) é o que apresenta maior relevância, pois compreende ao tempo máximo que as plantas daninhas no início do ciclo podem competir e ser toleradas pela cultura antes que ocorram reduções irreversíveis da produtividade (KNEZEVIC & DATTA, 2015). O final do PAI pode ser considerado o período ideal para o controle de plantas daninhas sem que ocorram perdas significativas na produtividade, tendo em vista a maior eficiência de controle quando as plantas se encontram nos estágios iniciais de desenvolvimento (ZANDONA et al., 2018a).

Estudos de períodos de competição realizados com a cultura da soja demonstram que a duração do PAI pode variar de 5 a 33 dias após a emergência (DAE) (NEPOMUCENO et al., 2007; ZANDONÁ et al., 2018a). A variabilidade no PAI encontrada nesses estudos pode ocorrer de acordo com as cultivares, da época de semeadura, da comunidade de plantas daninhas infestante na área e das práticas de manejo utilizadas, dentre outros fatores (NUNES et al., 2018; TAVARES et al., 2012).

Na medida em que a cultura evoluiu para cultivos em grande escala, foi necessária a adoção de práticas agrônômicas que apresentassem rapidez, eficiência e menor custos para o produtor. Um dos fatores que elevaram a produção da cultura foram a expansão do sistema de plantio direto, melhorias nas tecnologias de plantio e colheita e a adoção da tecnologia Roundup Ready® (RR), que torna a aplicação de glyphosate seletivo a cultura.

Os estudos de períodos de interferência em culturas, geralmente, são realizados com remoção mecânica das plantas daninhas e a partir desse manejo são determinados os dias que serão considerados livres de competição. No entanto, quando ocorre a utilização de herbicidas nas lavouras, pode haver modificação nos períodos de interferência, isso porque após a aplicação do herbicida as plantas

continuam competindo com a cultura por alguns dias, antes que a competição seja interrompida (ZAGONEL; VENÂNCIO; KUNZ, 2000).

A utilização do herbicida para o manejo de plantas daninhas baseado no PAI estimado pela remoção mecânica pode inferir em resultados que não garantem ausência de perdas significativas de produtividade. Nesse sentido, é preciso ajustar esses dados com base no mecanismo de ação do herbicida aplicado para o controle, tendo em vista que a paralisação da competição, percepção da cultura e morte das plantas daninhas pode ter intervalos diferentes quando ocorre aplicação de herbicidas (DUKE & DAYAN, 2011).

A hipótese desse estudo é que a utilização de glyphosate no manejo de plantas daninhas permite que estas permaneçam por maior período competindo com a cultura em relação a capina mecânica, e estimam valores diferentes para o PAI, podendo levar a interpretações inadequadas para tomada de decisões de manejo. Desta forma, o objetivo do estudo foi determinar o PAI de plantas daninhas com a soja, em função dos métodos de manejo manual, com glyphosate e associação desses, em diferentes estádios fenológicos da cultura.

3.2 Material e Métodos

O trabalho foi conduzido à campo na área experimental do Centro de Herbologia/CAP/UFPel, em Capão do Leão-RS. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e as unidades experimentais foram compostas por parcelas de 12,5 m².

A cultivar de soja utilizada foi a BMX ícone, de grupo de maturidade relativa (GMR) 6.8, sendo a semeadura realizada no dia 9 de dezembro de 2020 no sistema de semeadura direta (SSD). A densidade de semeadura correspondeu a 14 sementes m⁻¹ e espaçamento a 0,45 m entre linha, juntamente com a adubação de base, calculada através da análise de solo e recomendada pelo manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Os tratamentos relacionados aos períodos de interferência foram dispostos em esquema fatorial 5x4, onde o fator A foi constituído através da competição da cultura com plantas daninhas por períodos crescentes de convivência, correspondente a estádios fenológicos da soja, sendo eles: Ve (sem competição

durante todo o ciclo da cultura), V3, V6, R1 e R8 (competição durante todo o ciclo da cultura); e, o fator B constituído pelo manejo da planta daninha comparando-se a capina manual com glyphosate e a associação destes, sendo eles: capina mecânica, glyphosate isolado, glyphosate + capina mecânica aos 4 dias após aplicação (DAA) do herbicida e glyphosate + capina mecânica aos 8 DAA.

Os manejos realizados referente ao fator B foram feitos manualmente onde houve capina mecânica, e nos tratamentos com manejo químico com glyphosate foi utilizada a dose de 1080 g e.a. ha⁻¹. A aplicação foi realizada com o auxílio de pulverizador costal pressurizado com CO₂ e com pontas de pulverização do tipo leque AI 110.015, calibrado para proporcionar volume de aplicação de 130L ha⁻¹ de calda. As plantas daninhas do experimento foram as que se encontravam no banco de sementes do solo, sendo elas: *Digitaria* spp. (milhã), *Bidens* spp. (picão-preto), *Ipomoea* spp. (corriola), *Raphanus* spp. (nabo), *Richardia brasiliensis* (poaia-branca), *Sida rhombifolia* (guanxuma), *Urochloa plantaginea* (papuã).

Ao fim de cada período de competição, avaliou-se a matéria seca da parte aérea (MSPA) da cultura e das plantas daninhas, onde foram coletadas todas as plantas de soja e plantas daninhas presentes em área de 0,25 m² de cada parcela. A variável MS foi determinada a partir da coleta da parte aérea das plantas, sendo quantificada pela pesagem da parte aérea das plantas após serem secas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até o peso da biomassa se manter constante e ajustada em massa por metro quadrado (g m⁻²).

No final do ciclo da cultura (R8), foi avaliado a variável estatura (EST) e determinados os componentes de produtividade número de legumes por planta (NLP) e peso de mil grãos (PMG). A produtividade da cultura foi determinada em área útil de 6,75 m² para avaliação dos efeitos de tratamentos, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13% e aferida sua massa, estimando-se o valor em kg ha⁻¹. A determinação da estatura foi medida através da escolha aleatória de dez plantas em cada parcela, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice das mesmas, com o limbo foliar distendido.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e quando significativos, os efeitos dos métodos de manejo e os efeitos dos tempos de coexistência foram analisados

pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), ambas por meio de scripts do software R (R Core Team, 2012).

Para determinação do PAI, foi utilizado a equação de regressão não linear com três parâmetros (VELINI, 1992):

$$y = a/[1 + (x/x_0)^b]$$

onde: y = produtividade de grãos; y_0 = produtividade mínima obtida na testemunha infestada; a = valor máximo menos o valor mínimo estimado pelo modelo; x = número de dias após a emergência da cultura; x_0 = número de dias em que ocorre 50% da redução; e , b = declividade da curva.

Foi mensurado o PAI da soja subtraindo-se 5% da produtividade máxima estimada pelo modelo de regressão utilizado, sendo o valor que representa o custo médio de controle das plantas daninhas na cultura. Para o cálculo, considerou-se a produtividade máxima estimada pelo modelo para cada experimento realizado e o preço de uma saca de 60kg de soja em média dos últimos 5 anos. Os demais componentes foram o custo do herbicida glyphosate na dose de 1080 g e.a. ha⁻¹, do adjuvante e da aplicação de trator, segundo preços médios praticados no Rio Grande do Sul nas safras 2019/20 e 2020/21.

3.3 Resultados e Discussão

Os resultados do teste de Shapiro Wilk revelaram não haver necessidade de transformação dos dados para todas as variáveis analisadas. Ao observar-se o efeito dos períodos de convivência para a variável MSPA da cultura da soja, verificou-se que posteriormente ao estágio V3 todos os valores foram aumentados de acordo com o avanço dos estágios de desenvolvimento da cultura. Quando avaliadas as plantas daninhas, foi observado que nos estágios iniciais a MSPA encontrava-se em níveis baixos e, após o estágio V6, apresentaram aumento (Tabela 4).

Tabela 4- Evolução da matéria seca de parte aérea (MSPA) (g m^{-2}) de plantas de soja e de plantas daninhas presentes na área em relação aos períodos de coexistência de diferentes estádios fenológicos, em dias após a emergência da cultura (DAE). Capão do Leão, 2020/21.

Período (DAE)	MSPA (g m^{-2})	
	Soja	Plantas daninhas
Ve ¹	1,02	1,04
V3	25,07	62,57
V6	114,62	77,93
R1	227,31	421,32
R8	277,48	683,10
CV (%)	21,05	11,52

¹Estádios fenológicos da cultura da soja (Ve, V3, V6, R1 e R8) após a emergência.

A diferença observada entre os períodos de convivência era esperada, visto que as plantas daninhas presentes no período de manejo da emergência até o estágio V3 estavam iniciando seu ciclo de desenvolvimento. Em estudo com a cultura da soja foi verificado que as plantas daninhas se apresentavam em níveis baixos da MSPA até os 14 DAE e, a partir de 21 DAE observou-se aumento gradativo (SILVA et al., 2009), corroborando com o observado no presente estudo.

As características de determinadas plantas podem fazer com que uma espécie se sobressaia perante a outra, sendo o acúmulo de massa seca das plantas daninhas um desses fatores (BAJWA et al., 2016). Plantas com elevada produção de massa e rápido fechamento de entrelinhas tendem a se sobressair em condições de competição, podendo suprimir a germinação e/ou estabelecimento de outras espécies (NOHATTO et al., 2016). Dessa forma, reforça-se a ideia de que o controle nos estágios iniciais é essencial para manutenção do potencial produtivo da cultura.

A análise de variância apresentou efeito simples dos períodos de convivência nas variáveis EST, NLP e PMG para cultura da soja (Tabela 5). Para a variável EST, a competição com plantas daninhas não interferiu no crescimento das plantas de soja, não havendo diferença significativa quando comparados a competição de Ve até todo o ciclo da cultura (R8) (Tabela 5). A competição com plantas daninhas pode interferir em variáveis definidoras do crescimento, como a estatura das plantas, onde o potencial de interferência vai depender do nível de infestação durante o ciclo da cultura (SILVA et al., 2009), entretanto, a redução no porte das plantas pode ou não ocasionar reduções de produtividade da cultura.

Tabela 5- Efeito dos períodos de convivência de plantas daninhas com soja nas variáveis estatura de planta (EST) (cm), número de legumes por planta (NLP) e peso de mil grãos (g) (PMG) em dias após a emergência da cultura (DAE). Capão do Leão, 2020/21.

Período (DAE)	EST (cm)	NLP	PMG (g)
Ve ¹	96,5 ns ²	58,2 a ²	173,9 ab
V3	95,4	59,7 a	182,1 a
V6	96,9	56,6 a	172,3 ab
R1	96,4	52,8 b	170,4 b
R8	95,2	36,8 c	145,7 c
CV	4,12	7,29	6,62

¹Estádios fenológicos da cultura da soja (Ve, V3, V6, R1 e R8) após a emergência. ²ns indica não significativo e médias seguidas de letras diferentes, comparadas na coluna, diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A comparação entre períodos de convivência, para o NLP não diferiu do período sem competição durante todo o ciclo (Ve) até o estágio V6, sendo que para estádios posteriores os valores da variável foram reduzidos (Tabela 5). Comportamento semelhante foi observado para as cultivares de soja 98C81 e 98Y11, onde a partir dos 14 dias dos períodos de convivência houve decréscimo no NLP (TAVARES et al., 2012). Ao analisar a competição de *Euphorbia dentata* com a cultura da soja, verificou-se que o principal componente de produtividade afetado foi o NLP, com redução de até 40% (JUAN et al., 2003).

O componente de produtividade NLP começa a ser definido na densidade de plantas estabelecida no campo, o que pode ser influenciada pela competição nos estágios iniciais de crescimento e desenvolvimento da cultura (BOARD et al., 1995). Todavia, o NLP é principalmente definido de acordo com a quantidade de flores produzidas e fixadas durante a fase reprodutiva (ROCHA et al., 2018), fator que vai de acordo ao resultado obtido no presente estudo, onde houve decréscimo no NLP a partir do estágio R1.

Quando avaliado o PMG da soja os resultados não diferiram até o estágio V6 (Tabela 5). O menor PMG foi observado quando a cultura da soja permaneceu competindo com as plantas daninhas durante todo do ciclo da cultura (R8). De modo similar, a convivência de capim-colchão (*Digitaria ciliaris*) com o arroz (*Oryza sativa*) e a soja resultou em decréscimo no PMG quando coexistindo até o final do ciclo das culturas (AGOSTINETTO et al., 2014).

Em estudos similares com a cultura da soja o PMG não mostrou diferença significativa em relação aos períodos de convivência (TAVARES et al., 2012; RIZZARDI et al., 2020). Os resultados encontrados no presente estudo reforçam que dentre os componentes de produtividade primários, a variável NLP é mais responsiva a interferências decorrentes da competição com plantas daninhas do que quando comparado a variável PMG (BOARD et al., 1995), entretanto, ambas variáveis podem apresentar impacto na produtividade final da cultura. Do mesmo modo, observou-se que o método utilizado para o manejo das plantas daninhas não interferiu no resultado dessas variáveis em relação aos períodos de convivência.

A análise de variância indicou ocorrer interação entre os fatores períodos de convivência com plantas daninhas e os tratamentos com métodos de manejo para a variável produtividade de grãos da soja (Tabela 6).

Tabela 6- Produtividade da cultura da soja (kg ha^{-1}) em função da aplicação de diferentes métodos de manejo de plantas daninhas, considerando os períodos de convivência das plantas daninhas com a cultura definida em estádios fenológicos da cultura da soja (Ve, V3, V6, R1 e R8) em dias após a emergência dias após a emergência (DAE). Capão do Leão, 2020/21.

Período (DAE)	Produtividade (kg ha^{-1})			
	Capina mecânica	Glyphosate	Gly + Capina 4DAA ³	Gly + Capina 8DAA ³
Ve ¹	4565 a ² NS ³	4556 a	4765 a	4627 a
V3	4457 aNS	4464 a	4761 a	4604 a
V6	4140 bA	3961 bB	4230 bA	4108 bA
R1	3438 cA	3204 cB	3512 cA	3139 cB
R8	1297 dNS	1261 d	1274 d	1226 d
CV	13.22	12.44	8.78	10.23

¹Estádios fenológicos da cultura da soja (Ve, V3, V6, R1 e R8) após a emergência. ²Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ³Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes ou NS comparam cada variável na linha, diferindo significativamente ou não pelo teste Tukey, respectivamente ($p \leq 0,05$). ³Manejo com glyphosate mais capina mecânica aos 4 ou 8 dias após aplicação do herbicida (DAA).

A variável produtividade da cultura da soja apresentou interação entre os tratamentos períodos de convivência com as plantas daninhas e métodos de manejo (Tabela 6). As maiores produtividades foram observadas quando as plantas daninhas conviveram com a cultura da soja até o estágio fenológico V3, no que diferiram dos demais tratamentos. Quando comparada a variável nos estádio V3 x

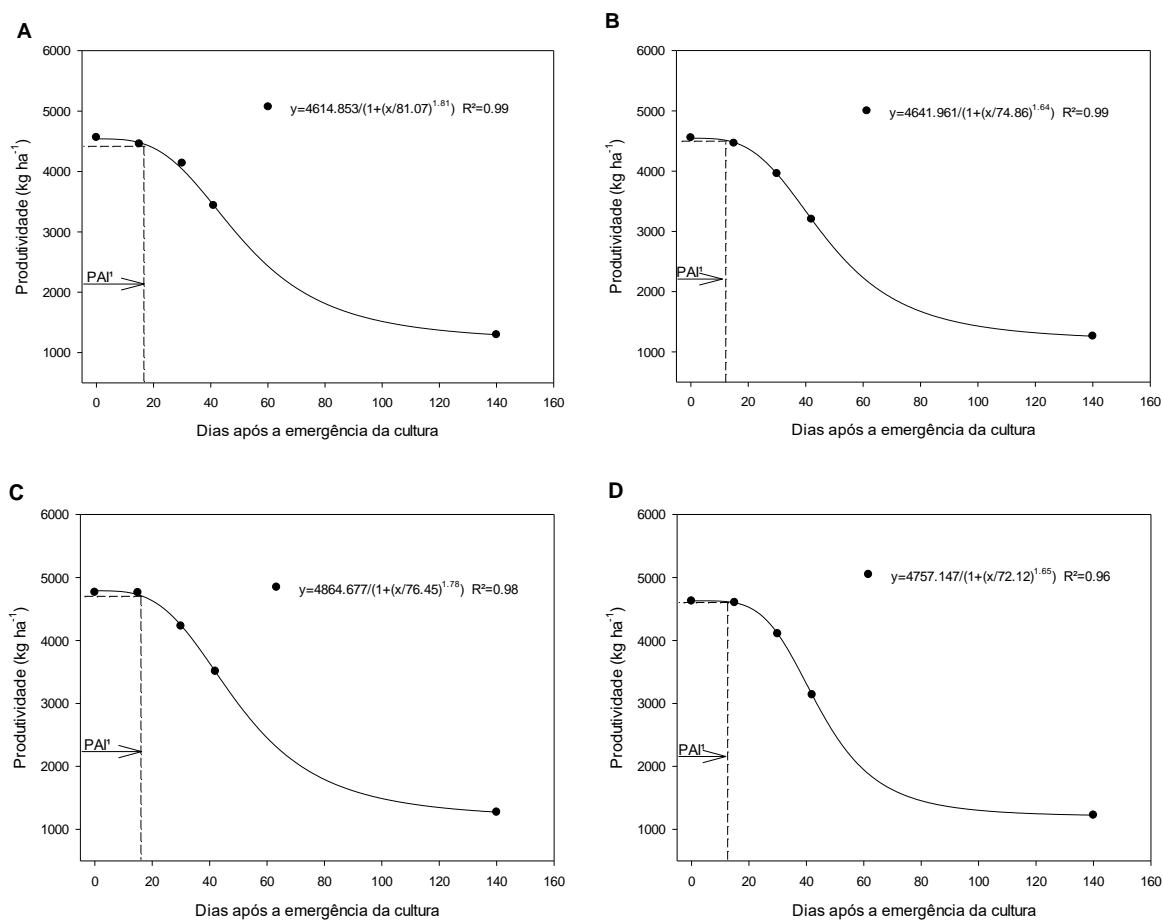
V6 ou R1, constata-se redução média de 10% e próxima a 30% na produtividade, respectivamente. Já a competição até o final do ciclo reduziu a produtividade em 73% comparativamente ao estágio Ve.

Comparando os efeitos dos tratamentos de métodos de manejo foi observado diferença para a variável produtividade somente nos estágios V6 e R1 (Tabela 6). O controle químico de plantas daninhas nos estágios iniciais de crescimento e desenvolvimento é favorecido em relação aos estágios mais avançados, uma vez que a as barreiras de absorção do herbicida na planta, principalmente a cera epicuticular, ainda estão pouco desenvolvidas (GUIMARÃES et al., 2009).

Os tratamentos com capina mecânica, a aplicação de glyphosate mais capina mecânica aos 4 DAA (GCM4) e glyphosate mais capina mecânica aos 8 DAA (GCM8) evidenciaram maior produtividade de grãos em V6 do que a aplicação de glyphosate isolado (Tabela 6). As diferenças encontradas podem estar relacionadas ao fato que logo após a aplicação de glyphosate iniciam-se os primeiros sintomas nas plantas, onde em alguns casos apenas a 4 dias após a aplicação o herbicida se encontra translocado por todas as partes da planta (MICHITTE et al., 2007). Em algumas espécies de plantas daninhas, como caruru (*Amaranthus palmeri*), pode ser observada evolução dos sintomas desde as primeiras horas até 14 dias ou mais após a aplicação do herbicida (LORENTZ et al., 2011), permitindo que a cultura ainda siga competindo com a planta daninha.

No estágio R1, o tratamento com GCM8 e o tratamento com glyphosate isolado apresentaram produtividades da soja inferiores aos demais tratamentos, com redução na produtividade de 6 e 9 %, respectivamente, quando comparados a capina mecânica (Tabela 6). Em estágios avançados de desenvolvimento, aumenta-se a dificuldade de controle com a aplicação de glyphosate, uma vez que o herbicida tende primeiramente a se acumular nos tecidos mais jovens e ativos, para posteriormente se translocar em concentrações mais baixas para os tecidos mais velhos da planta (LORENTZ et al., 2011). Ainda, a aplicação de glyphosate a partir do período reprodutivo (R1) pode ocasionar fitotoxicidade e com isso levar a perdas de produtividade da cultura da soja (ALBRECHT et al., 2014). Dessa forma, assim como perdas em decorrência da interferência das plantas daninhas na cultura, também podem ocorrer perdas na eficiência de controle e perdas de produtividade devido a fitointoxicação decorrente da aplicação do herbicida.

Os dados obtidos de produtividade para os períodos de convivência ajustaram-se satisfatoriamente a equação logística de três parâmetros, permitindo calcular o período de interferência das plantas daninhas na cultura da soja. Considerando tolerância de redução de 5% da produtividade máxima e estimada pelas equações como sendo o custo do controle, o PAI na cultura da soja para os tratamentos capina mecânica, GCM4, GCM8 e glyphosate, respectivamente, foram de 16, 15, 12 e 12 DAE (Figura 13).



¹Período anterior à interferência. Barras verticais representam os intervalos de confiança ($p \leq 0,05$).

Figura 13- Definição do período anterior a interferência (PAI) para os tratamentos capina mecânica (A), glyphosate (B), glyphosate + capina aos 4DAA (C) e glyphosate + capina aos 8DAA (D). Capão do Leão, 2020/21.

Na literatura diversos trabalhos estimaram o PAI para a cultura da soja, variando de 5 a 34 dias, porém sem comparar os diferentes métodos para remoção

das plantas daninhas (NEPOMUCENO et al., 2007; ZANDONÁ et al., 2018a), o que ao analisar-se poderia levar a interpretações diferentes. Ao comparar a remoção das plantas daninhas com herbicidas ao manejo mecânico, reforça-se a hipótese de que a interpretação dos resultados de período de interferência, cuja remoção das plantas daninhas foi realizada pelo método químico podem apresentar equívocos na estimativa.

Grande parte dos trabalhos sobre períodos de interferência desenvolvidos no Brasil e disponíveis na literatura utiliza-se da capina manual como forma de manejo das plantas daninhas (NEPOMUCENO et al., 2007; TAVARES et al., 2012; ZANDONA et al., 2018a). O PAI para a cultivar de soja Fundacep 63RR foi de 28 DAE na densidade de 10 plantas m⁻² de milho voluntário e de 14 DAE na densidade de 30 plantas m⁻² (SCHNEIDER et al., 2014). A convivência de plantas daninhas com as cultivares de soja INT 6100 RR e P98Y12 resultaram num PAI de 24 e 7 DAE, respectivamente (SILVA et al., 2015; PEREIRA et al., 2015).

Em trabalhos no qual foram utilizados o manejo químico com glyphosate para determinação dos períodos de convivência com as plantas daninhas, o PAI pra soja variou de 21 a 23 DAE (AGOSTINETTO et al., 2014; RIZZARDI et al., 2020). Por mais que sejam realizados o manejo mecânico ou o químico como forma de controle das plantas daninhas, outros fatores também irão influenciar no PAI. Como exemplo, o PAI vai ser dependente do momento em que foi realizada a dessecação anterior a semeadura da cultura, as diferentes cultivares utilizadas, o local e a época de semeadura, e da comunidade de plantas daninhas infestante na área.

Os resultados evidenciam maior intervalo entre a emergência da cultura e o PAI com capina mecânica no manejo das plantas daninhas, quando comparado aos demais tratamentos (Figura 13). O uso de glyphosate isolado e de GCM8 resultaram em um PAI de 12 DAE, equivalentes ao estágio V2, enquanto para o manejo com capina mecânica e GCM4 o PAI foi de 16 e 15 dias, e equivalentes a transição do estágio V3 para o estágio V4 e ao estágio V3, respectivamente. Além da possível fitotoxicidade causada pelo herbicida a cultura, outro fator a ser considerado é a maior sensibilidade da soja às mudanças de luz causadas pela presença de plantas daninhas nos estágios iniciais de desenvolvimento (GREEN-TRACEWICZ et al., 2012). De maneira geral, as perdas decorrentes da interferência de plantas daninhas

em competição nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura estão associadas a quantidade e qualidade de luz incidentes na planta.

Plantas daninhas refletem a luz em determinado comprimento de onda, sendo normalmente reconhecido pela cultura antes mesmo que ocorra o sombreamento, através da variação de luz detectada pelos pigmentos fitocromos, criptocromo e fitotropina (PIERIK et al., 2013). As alterações na qualidade de luz ocorrem de acordo com que a proporção dos comprimentos de onda do vermelho e do vermelho distante são reduzidas devido ao sombreamento provocado pela presença das plantas daninhas (SILVA et al., 2014). Os efeitos da qualidade da luz modificada pela presença das plantas daninhas podem ser refletidos em alterações morfológicas nas plantas, como alocações de recursos direcionados ao crescimento da parte aérea que afetam o desenvolvimento do sistema radicular e a disputa por recursos (RAJAN & SWANTON, 2001). Além da alteração na morfologia das raízes, a percepção da presença de plantas vizinhas devido a alteração na qualidade de luz também pode refletir na produção de metabólitos secundários e na supressão de ramificações, com reflexo na produtividade da cultura (GREEN-TRACEWICZ et al., 2012; ROCKENBACH et al., 2018).

A remoção imediata das plantas daninhas nos períodos de convivência pela capina mecânica, proporcionou um ganho de 4 dias no PAI, em relação aos tratamentos com GCM8 e glyphosate, permitindo que a cultura convivência por um maior período sem que ocorressem perdas significativas de produtividade. Entretanto, esse intervalo foi menor quando comparando a capina mecânica ao tratamento com GCM4, devido à remoção das plantas daninhas serem mais próximas a aplicação do herbicida em relação ao GCM8 (Figura 13). Isso pode estar relacionado ao fato de que após a absorção e translocação do glyphosate pelas plantas sensíveis, ocorre a paralisação do crescimento, porém devido tratar-se de um processo físico, a absorção de água e nutrientes pelas plantas tendem a diminuir gradativamente até que ocorra a sua morte (OLIVEIRA JR., 2011; HARRE & YOUNG, 2020). Da mesma forma, leva-se um determinado tempo para que se interrompa a competição por luz, uma vez que essa resposta ocorre pela percepção da luz refletida, e na presença de uma planta podem haver diferenças na qualidade e quantidade da luz devido o ambiente de competição (ROCKENBACH et al., 2018).

Em média, o glyphosate tende a fornecer 100% de controle das plantas daninhas suscetíveis ao herbicida a partir de 1 a 2 semanas após a aplicação, variando de acordo com a época de aplicação, população e estágio em que as plantas daninhas se encontram (MYERS et al., 2005). Diante disso, a remoção imediata das plantas daninhas com capina mecânica tende a interromper a competição logo após o manejo. Por outro lado, a aplicação de glyphosate permite que a cultura permaneça competindo por um maior período até que ocorra a morte das plantas daninhas, e dessa forma continue ocorrendo perdas decorrentes da competição.

É possível que a composição espectral da luz nos períodos de competição estudados possa ser diferente de acordo com o tratamento de métodos de manejo utilizada (SILVA et al., 2014). Isso ocorre porque uma vez que a remoção imediata da planta daninha pode refletir em determinado comprimento de onda, o manejo químico com herbicida pode levar maior tempo para que se altere a qualidade da luz e resulte na percepção da cultura sobre a presença da planta daninha controlada (BROZ et al., 2010). Ainda, além da diferença na percepção e nas reações a luz devido a presença da planta daninha por maior período, outro fator que pode influenciar é a possível fitotoxicidade causada pelo herbicida a cultura, que também influencia na produção de metabólitos secundários (ROCKENBACH et al., 2018), tendo consequências na produtividade da soja.

Os resultados deste estudo sugerem que para recomendar o momento correto de manejo químico com herbicida na pós-emergência da cultura da soja e de acordo com o PAI estimado pela capina mecânica, deve-se descontar em média 4 dias para entrada do herbicida na lavoura, a fim de que o manejo se ajuste com o PAI estimado através do manejo com glyphosate. Cabe salientar que os resultados podem variar de acordo com a cultivar utilizada, a época de semeadura, as espécies e população de plantas daninhas encontradas na área, além das outras variáveis comentadas anteriormente.

3.4 Conclusões

A competição com plantas daninhas por recursos afeta negativamente o acúmulo de massa seca, o número de legumes por planta, o peso de mil grãos e a produtividade da soja, porém não interfere na estatura das plantas.

As medidas de manejo de plantas daninhas na cultura da soja devem ser tomadas ao final do PAI, sendo 16 DAE quando se utiliza a capina mecânica e 12 DAE para o manejo com glyphosate.

O uso da capina mecânica aumentou em 4 dias o PAI da cultivar de soja BMX Ícone quando comparado com manejo químico.

4. CAPÍTULO III – Habilidade competitiva entre cultivares de soja com diferentes grupos de maturidade relativa e caruru

4.1 Introdução

A cultura da soja (*Glycine max*) possui grande importância econômica e social, onde o Brasil destaca-se no cenário mundial com o posto de maior produtor, produzindo em média 124,2 milhões de toneladas de grãos em área semeada de aproximadamente 36,3 milhões de hectares nas últimas cinco safras (CONAB, 2021). Entretanto, a produtividade da soja pode ser afetada por diversos fatores bióticos e abióticos, destacando-se a competição com plantas daninhas.

A competição corresponde a relação negativa entre indivíduos (cultura e planta daninha) que disputam os recursos do meio como água, luz e nutrientes, os quais são essenciais para o seu crescimento e desenvolvimento, e sua disponibilidade não é suficiente para cobrir toda demanda (HARRE & YOUNG, 2020). Dessa forma, a competição entre cultura e plantas daninhas é estabelecida e intensificada em locais onde os recursos são limitantes (CARVALHO et al., 2014).

O estudo da habilidade competitiva entre culturas e plantas daninhas permite elucidar as suas características, diminuindo o grau de interferência e auxiliando na adoção de práticas de manejo (GALON et al., 2018). Entender a habilidade competitiva de diferentes cultivares de soja com plantas daninhas, permite explorar características que favoreçam a cultura e que possam ser utilizadas no manejo integrado de plantas daninhas (BAJWA et al., 2016).

Entre os métodos propostos para avaliar a habilidade competitiva estão os estudos de série de substituição, através de métodos de análise gráfica da variação ou produtividade relativa, e índices de competitividade (RADOSEVICH, 1987; PICCININI et al., 2016). Experimentos comparando diferentes cultivares de soja com plantas daninhas de difícil controle, como picão-preto (*Bidens pilosa*), leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e guanxuma (*Sida rhombifolia*) vem sendo conduzidos com o objetivo de elucidar características que confirmam maior habilidade competitiva à cultura, e dessa forma auxiliar no desenvolvimento de estratégias de manejo (FORTE et al., 2017; KONZEN et al., 2021).

Dentre as espécies de difícil controle, destacam-se espécies do gênero *Amaranthus*, onde recentemente no Sul do Brasil foi confirmada a resistência de *A. hybridus* (caruru) a herbicidas inibidores da EPSPs e ALS (HEAP, 2022) e relatos de resistência de *A. retroflexus* (caruru-gigante) aos mesmos herbicidas, diminuindo as alternativas de manejo para essas espécies. Plantas daninhas com metabolismo C4, como o caruru, podem ser mais eficientes do que plantas C3, como a soja, em condições de alta temperatura, alta disponibilidade de luz e baixa disponibilidade de água, comprometendo a produtividade da cultura (ZISKA, 2000; RUCHEL et al., 2019). Devido o potencial de interferir negativamente sobre o sistema de produção da cultura, tornam-se fundamentais estudos que busquem entender o potencial competitivo de diferentes cultivares de soja, podendo tornar-se alternativas dentro do manejo integrado dessas espécies.

Pressupõem-se que a soja apresenta habilidade competitiva inferior a caruru, sendo importante a condução de estudos que visem compreender melhor a relação de competição dessa planta daninha com diferentes cultivares. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi comparar a habilidade competitiva de diferentes cultivares de soja em competição com caruru.

4.2 Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Centro de Herbologia (CEHERB) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), na UFPel em Capão do Leão. O estudo foi realizado em delineamento experimental de blocos

casualizados, com quatro repetições, no período de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021.

As cultivares de soja utilizadas pertencem a três grupos de maturidade relativa (GMR) diferentes, sendo elas, BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, correspondendo a GMR de 5.0, 5.9 e 6.8, respectivamente. As sementes de caruru foram coletadas no município de Pedro Osório, no Rio Grande do Sul. As unidades experimentais foram compostas por vasos de polietileno com capacidade de 4L e diâmetro de 22 cm (RUCHEL et al., 2019).

As populações de plantas por unidade experimental foram determinadas a partir do cálculo da média aritmética das espécies obtidas por Ruchel et al. (2019), resultando em 12 plantas vaso⁻¹, equivalente a 289 plantas m⁻². Os tratamentos para o experimento em série de substituição constaram as proporções de soja com plantas de caruru: 100:0 (estande puro de cultivares de soja), 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100% (estande puro das plantas de caruru); equivalentes a 12:0, 9:3, 6:6, 3:9 e 0:12 plantas vaso⁻¹ das cultivares de soja e caruru, respectivamente (RUCHEL et al., 2019).

A correção da fertilidade do solo seguiu as recomendações de adubação e calagem para o RS e SC (CQFS, 2016). A semeadura foi realizada em bandejas de polietileno e o transplante para os vasos ocorreu aos 5 e 2 dias após a emergência para caruru e a soja, respectivamente. As variáveis analisadas foram área foliar (AF), estatura (EST) e massa seca da parte aérea (MSPA) das cultivares de soja e de caruru, as quais foram avaliadas aos 50 dias após o transplante (DAT).

A determinação de área foliar foi efetuada com auxílio de medidor de área foliar, modelo LI 3200 C, sendo o valor obtido em cm² e convertido em cm² planta⁻¹. Já a estatura foi mensurada em todas as plantas de cada repetição, com auxílio de régua graduada, tomando-se o comprimento desde o nível do solo até o ápice da planta, com o limbo foliar distendido. Aos 50 DAT das espécies, foi determinada a MSPA pelo corte das plantas rente à superfície do solo, sendo secada em estufa com circulação de ar a 72°C até o peso se manter constante. Posteriormente, a determinação de MSPA foi realizada em balança analítica de precisão e ajustada em massa por planta (g planta⁻¹).

As variáveis AF, EST e MS foram analisadas conforme o método de análise gráfica para experimentos substitutivos (RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007;

ROUSH et al., 1989; COUSENS, 1991), de acordo com a construção de diagramas que tem por base as produtividades ou variações relativas (PR) e totais (PRT) nas proporções de plantas de 0, 25, 50, 75 e 100% da cultura e do competidor. A PR é calculada através da média da proporção/média do estande puro, com a adição no cálculo a média por cada planta em cada unidade experimental. A PRT representada pela soma das produtividades relativas do competidor, o caruru, e da cultura, cultivares de soja, nas respectivas proporções de plantas.

Os diagramas de PR e PRT foram construídos através da comparação aos valores da reta teórica que une os pontos zero e um do diagrama. Caso o resultado da PR for uma linha reta, significa que as habilidades da cultura e do competidor se equivalem. Por outro lado, caso o PR resultar em linha côncava, corresponde ao prejuízo, enquanto se ocorrer a formação de uma linha convexa há benefício no crescimento. Se a PRT formar uma linha reta e igual a 1, está ocorrendo competição pelo(s) mesmo(s) recurso(s); se formar uma linha convexa e superior a 1, não está ocorrendo competição pelos recursos; e caso for menor linha côncava e menor que 1, está ocorrendo prejuízo mútuo em ambas as espécies (COUSENS, 1991; RADOSEVICH; HOLT; GHERSA, 2007).

Os índices de competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C) foram calculados na proporção de 50% de plantas de cada cultivar de soja e do caruru. A CR representa o crescimento comparativo das cultivares de soja em relação ao competidor caruru; K indica a dominância relativa de um genótipo sobre o outro; e, C aponta qual espécie é mais competitiva. Dessa forma, os índices propostos quando analisados em conjuntos indicam qual espécie manifesta-se com maior potencial de competição e sua interpretação conjunta indica com maior segurança a competitividade das espécies (COUSENS, 1991).

Os índices CR, K e C foram calculados de acordo com as equações propostas por Cousens e O'Neill (1993):

$$CR = PR_{soja} / PR_{caruru}$$

$$K_{soja} = PR_{soja} / (1 - PR_{soja})$$

$$K_{caruru} = PR_{caruru} / (1 - PR_{caruru})$$

$$C = PR_{soja} - PR_{caruru}$$

onde: a cultura da soja é mais competitiva que o caruru quando $CR > 1$, $K_{soja} > K_{caruru}$ e $C > 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002). Já, o caruru é mais competitivo que a soja quando $CR < 1$, $K_{soja} < K_{caruru}$ e $C < 0$.

Primeiramente foi analisado o cálculo da diferença para os valores de PR (diferenças relativas de produtividade - DPR) obtidos das proporções de 50% de plantas, em relação aos valores pertencentes às retas hipotéticas obtidas nas respectivas proporções. Em seguida foi realizado o teste t ($p \leq 0,05$) para verificar as diferenças nos índices DPR, PRT, CR, K e C (ROUSH et al., 1989; HOFFMAN e BUHLER, 2002). O critério adotado para significância das curvas de PR e PRT e dos índices CR, K e C, foi que no mínimo em duas proporções, ocorra diferença significativa pelo teste t (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Os dados obtidos de EST, AF e MS das plantas foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e, quando a variância foi significativa, as médias dos tratamentos foram agrupadas e analisadas pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$), tendo considerado como tratamento padrão o respectivo monocultivo.

Os parâmetros fotossintéticos foram avaliados quando as plantas de soja estavam em estágio V6-V8 e caruru, entre 11-13 folhas. O critério para avaliação foi para a soja o último trifólio desenvolvido e para o caruru a última folha completamente expandida. Foi utilizado o medidor portátil Infra Red Gas Analyzer (IRGA), marca LICOR, modelo LI-6400. Nessa ocasião, as variáveis analisadas foram a fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO_2 subestomática (Ci) e taxa de transpiração (E). Calculou-se ainda a eficiência da carboxilação (CE) e do uso da água (EUA) pela relação A/Ci e A/E, respectivamente.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e à homocedasticidade pelo teste de Hartley. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) por meio de scripts do software R (R Core Team, 2012). Quando constatada significância estatística pelo teste F ($p \leq 0,05$), as proporções foram comparadas pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$) para cada espécie competidora e analisados separadamente para os três experimentos.

4.3 Resultados e Discussão

Ao analisar as proporções das cultivares de soja e caruru para a variável EST, verificou-se que, o desvio observado da reta da PR foi representado por linha côncava para a cultivar BMX Raio, enquanto para caruru os desvios observados das retas da PR foram representados por linhas convexas (Figura 14A). Para a competição de caruru com as cultivares testadas, em todas as situações, observou-se redução na EST para caruru quando a planta daninha ocupou a proporção de 75% do nicho. Apesar de não serem considerados significativos, uma vez que em pelo menos duas proporções deve ocorrer diferença significativa (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006), é visto que o aumento na população de caruru foi prejudicial ao crescimento da cultura e da planta daninha.

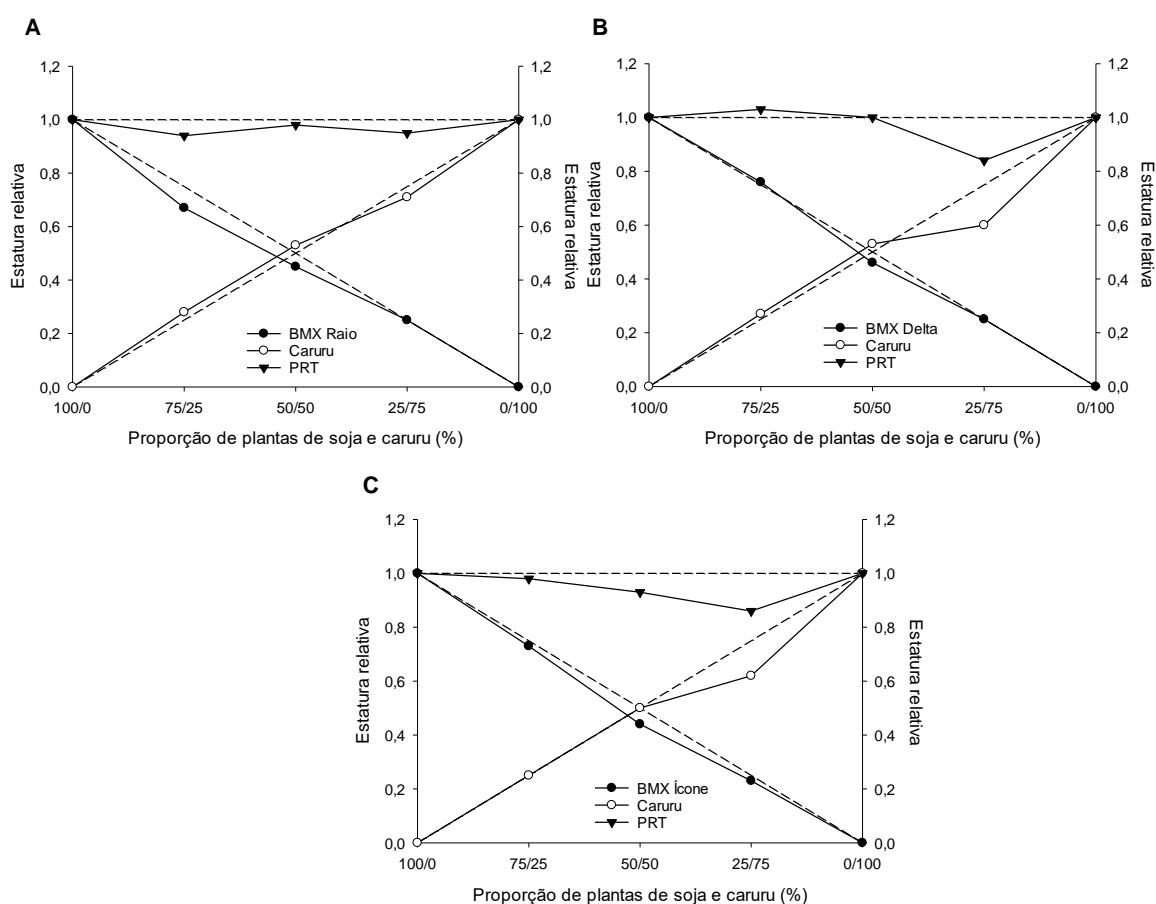


Figura 14- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para estatura de plantas de soja das cultivares BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C) e caruru, em função da proporção entre as espécies na população. (●) PR da soja; (○) PR do caruru; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra. Capão do Leão/RS, 2021.

Para as cultivares BMX Delta e BMX Ícone, verificou-se, em geral, que o desvio observado da reta da PR foi representado por linha côncava na proporção 50:50 (soja:caruru) e próximo a reta nas demais proporções (Figuras 14B e 14C). Os resultados indicam que para as cultivares de soja, em geral, a presença do caruru representou perdas em estatura, indicando que a cultura foi menos competitiva que a planta daninha. Resultados similares foram observados para EST de soja competindo com caruru, em que os desvios observados na PR foram representados por linhas côncavas para a cultura e convexas para caruru, onde a cultura sofreu redução na EST quando em competição com a planta daninha (RUCHEL et al., 2019).

Ao analisar as combinações das cultivares de soja e caruru, para a variável AF, verificou-se que, em geral, o desvio observado da reta da PR foi representado por linha côncava para todas as cultivares, enquanto, para caruru os desvios observados foram representados por linhas próxima à reta hipotética (Figura 15). Quando o caruru ocupou 25% da proporção no nicho em competição com as cultivares BMX Raio e BMX Delta, observou-se aumento em sua AF (Figuras 15A e 15B).

Estudos com as cultivares de soja BMX Ativa, BMX Elite, DM5958 e NS5445 competindo com guanxuma (*Sida rhombifolia*), demonstraram que os desvios das linhas PR foram representados por linhas côncavas para a variável AF, tanto para a cultura, quanto para a planta daninha, indicando prejuízos a ambas as espécies (KONZEN et al., 2021).

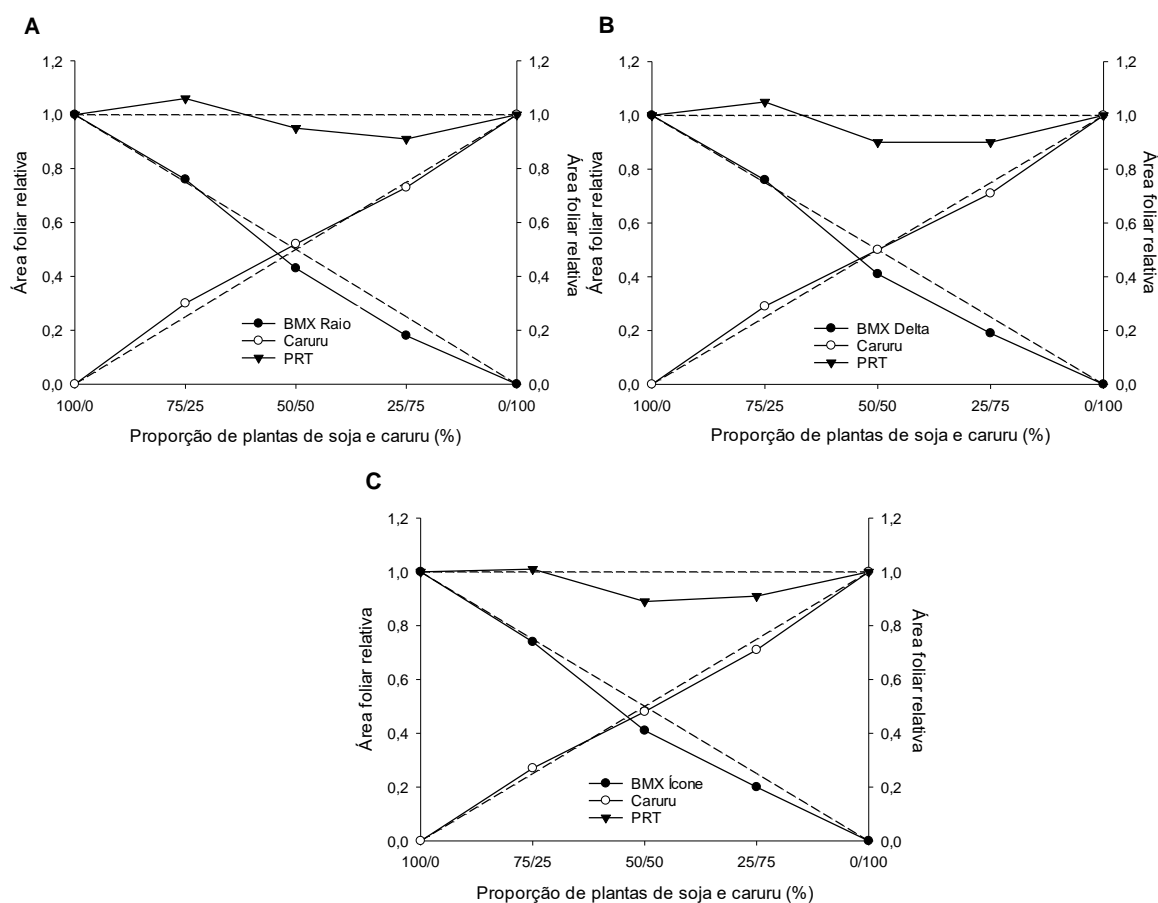


Figura 15- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para área foliar de plantas de soja das cultivares BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C) e caruru, em função da proporção entre as espécies na população. (●) PR da soja; (○) PR do caruru; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra. Capão do Leão/RS, 2021.

Para a variável MSPA, analisando-se as combinações de cultivares de soja e caruru verificou-se, em geral, que o desvio observado da reta da PR foi representado por linha reta para as cultivares (Figura 16). Para caruru, quando em competição com a cultivar BMX Raio, o desvio observado da reta da PR foi representado por linha convexa, e quando *versus* as cultivares BMX Delta e BMX Ícone o PR foi representado por linha próxima à reta hipotética. Desta forma, ocorreu benefícios para o caruru quando em competição com a cultivar BMX Raio, indicando que o caruru utilizou de forma mais eficiente os recursos do meio.

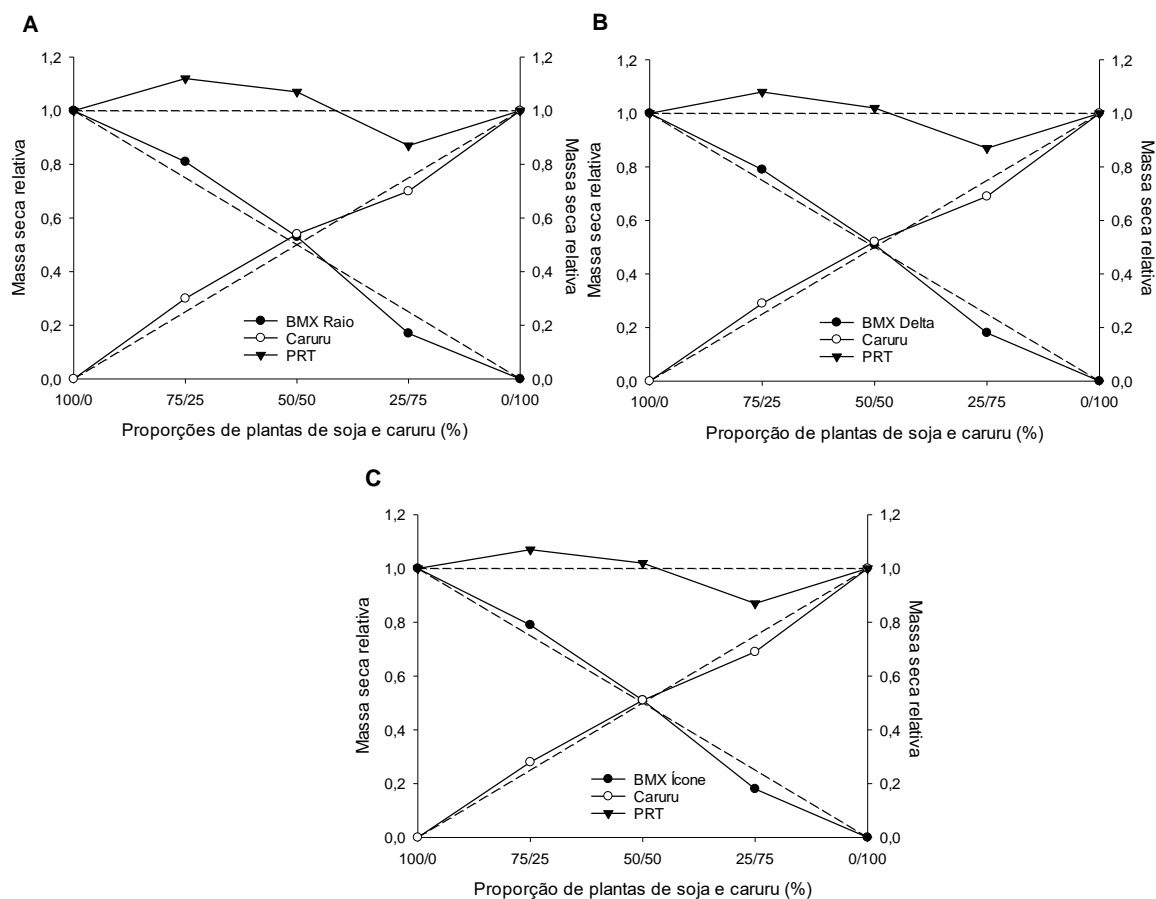


Figura 16- Produtividade relativa (PR) e total (PRT) para massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de soja das cultivares BMX Raio (A), BMX Delta (B) e BMX Ícone (C) e caruru, em função da proporção entre as espécies na população. (●) PR da soja; (○) PR do caruru; e, (▼) PRT. Linhas tracejadas referem-se às produtividades relativas hipotéticas, quando não ocorre interferência de uma espécie sobre a outra. Capão do Leão/RS, 2021.

Quando comparada as variáveis EST e MSPA, em competição com a cultivar BMX Ícone, não se observou alteração, considerando que não houve diferença significativa em pelo menos duas proporções de plantas, apresentando diferença apenas para a variável AF (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006) (Tabelas 7 e 8). Cultivares de soja com maior estatura e ciclo tendem a apresentar habilidade competitiva superior a cultivares de menor estatura e ciclo, e diferenciada em relação a plantas concorrentes, apresentando menores prejuízos em variáveis de crescimento quando em competição (LAMEGO et al., 2005).

Tabela 7- Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT), para as variáveis estatura (EST) e área foliar (AF), nas proporções de plantas das cultivares de soja BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, e caruru. FAEM/UFPel, Capão do Leão/RS, 2021.

	Estatura (EST)			Área foliar (AF)		
	75:25	50:50	25:75	75:25	50:50	25:75
BMX Raio						
DPRsoja	-0,08 ($\pm 0,01$)*	-0,05 ($\pm 0,00$)*	-0,00 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,03$) ^{ns}	-0,07 ($\pm 0,01$)*	-0,07 ($\pm 0,01$)*
DPRcaruru	0,03 ($\pm 0,01$)*	0,03 ($\pm 0,00$)*	-0,04 ($\pm 0,01$)*	0,05 ($\pm 0,01$)*	0,02 ($\pm 0,01$) ^{ns}	-0,02 ($\pm 0,01$) ^{ns}
PRT	0,94 ($\pm 0,01$)*	0,98 ($\pm 0,01$)*	0,95 ($\pm 0,02$) ^{ns}	1,06 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,95 ($\pm 0,01$)*	0,91 ($\pm 0,00$)*
BMX Delta						
DPRsoja	0,01 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,04 ($\pm 0,01$)*	-0,00 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,09 ($\pm 0,02$)*	-0,06 ($\pm 0,01$)*
DPRcaruru	0,02 ($\pm 0,02$) ^{ns}	0,03 ($\pm 0,01$)*	-0,15 ($\pm 0,02$)*	0,04 ($\pm 0,01$)*	-0,00 ($\pm 0,01$) ^{ns}	-0,04 ($\pm 0,02$) ^{ns}
PRT	1,03 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,99 ($\pm 0,01$)*	0,84 ($\pm 0,02$)*	1,05 ($\pm 0,02$) ^{ns}	0,90 ($\pm 0,02$)*	0,90 ($\pm 0,03$)*
BMX Ícone						
DPRsoja	-0,02 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,06 ($\pm 0,01$)*	-0,02 ($\pm 0,01$) ^{ns}	-0,01 ($\pm 0,03$) ^{ns}	-0,09 ($\pm 0,02$)*	-0,05 ($\pm 0,00$)*
DPRcaruru	-0,00 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,00 ($\pm 0,01$) ^{ns}	-0,13 ($\pm 0,01$)*	0,02 ($\pm 0,01$) ^{ns}	-0,02 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,04 ($\pm 0,04$) ^{ns}
PRT	0,98 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,93 ($\pm 0,01$)*	0,86 ($\pm 0,01$)*	1,01 ($\pm 0,03$) ^{ns}	0,89 ($\pm 0,03$)*	0,91 ($\pm 0,04$)*

^{ns} Não significativo; * significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Tabela 8- Diferenças relativas de produtividade (PR) e produtividade relativa total (PRT), para a variável massa seca da parte aérea (MSPA), nas proporções de plantas das cultivares de soja BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, e caruru. FAEM/UFPEL, Capão do Leão/RS, 2021.

	Massa seca da parte aérea (MSPA)		
	75:25	50:50	25:75
BMX Raio			
DPRsoja	0,06 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,03 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,02 ($\pm 0,00$)*
DPRcaruru	0,05 ($\pm 0,01$)*	0,04 ($\pm 0,03$)*	-0,05 ($\pm 0,03$) ^{ns}
PRT	1,12 ($\pm 0,05$) ^{ns}	1,07 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,94 ($\pm 0,02$)*
BMX Delta			
DPRsoja	0,04 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,01 ($\pm 0,00$)*
DPRcaruru	0,04 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,02 ($\pm 0,01$) ^{ns}	-0,06 ($\pm 0,02$) ^{ns}
PRT	1,08 ($\pm 0,01$) ^{ns}	1,02 ($\pm 0,02$) ^{ns}	0,86 ($\pm 0,02$)*
BMX Ícone			
DPRsoja	0,04 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,03$) ^{ns}	-0,00 ($\pm 0,01$) ^{ns}
DPRcaruru	0,03 ($\pm 0,01$) ^{ns}	0,01 ($\pm 0,02$) ^{ns}	-0,06 ($\pm 0,01$)*
PRT	1,07 ($\pm 0,03$) ^{ns}	1,02 ($\pm 0,04$) ^{ns}	0,87 ($\pm 0,00$)*

^{ns} Não significativo; * significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Quando as três cultivares ocuparam 25% e o caruru 75% da proporção no nicho, observou-se prejuízo para ambas as espécies, com redução da MSPA tanto para a cultura, quanto para a planta daninha (Tabela 8). Esses resultados demonstram que quando se aumenta a presença do caruru, ocorrem prejuízos ao crescimento da planta daninha, demonstrando assim que a competição intraespecífica foi mais prejudicial que a interespecífica (VILÁ et al., 2004).

Analisando as variáveis EST e AF para a cultivar BMX Raio, verificou-se diferenças relativas entre as DPR observadas se as esperadas, enquanto para a variável MSPA observou-se significância somente no tratamento da proporção de 25% da cultivar (Tabelas 7 e 8). Nas cultivares BMX Delta e BMX Ícone, observou-se diferença para a DPR apenas para a variável AF, com prejuízos de acordo com o aumento da população de caruru. Cultivares de diferentes estaturas e ciclos (Fundacep 55RR e BMX Alvo) possuem comportamento semelhante para as variáveis AF e MSPA quando em competição com picão-preto (*Bidens pilosa*) ou leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), ocorrendo prejuízo para ambas as cultivares independente da proporção utilizada das plantas daninhas (FORTE et al., 2017).

Com relação à PRT, houve diferença entre os valores esperados e estimados para a variável EST nas proporções de 75:25 e 50:50 para o experimento com a cultivar BMX

Raio, e de 50:50 e 50:75 para as cultivares BMX Delta e BMX Ícone (Tabela 7). Para a variável AF, observou-se diferença nas proporções de 50:50 e 75:25 nos experimentos com as três cultivares. De maneira semelhante, observou-se redução na AF e no crescimento quando cultivares de soja estavam competindo com picão-preto e leiteiro, onde a PRT foi representada por linhas côncavas (FORTE et al., 2017). Para MSPA verificou-se diferenças somente nas proporções de 25% de todas as cultivares (Tabela 8), porém não foram considerados significativos devido ocorrer diferença em apenas uma proporção (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006).

Para o PRT no experimento com a cultivar BMX Raio, observou-se diferença, indicando as proporções com todos os valores menores que 1 para a variável EST e nas proporções de 50:50 e 25:75 (soja:caruru) para a variável AF (Figuras 14 e 15, Tabela 7). De maneira geral, ao analisar-se as mesmas variáveis para a competição com as cultivares BMX Delta e BMX Ícone, também foi observado valores de PRT menores que 1. O valor da PRT menor que um representa que ocorreu prejuízo mútuo, ocorrendo a competição pelos recursos do meio e prejudicando o crescimento das espécies (COUSENS, 1991). Ao analisar a PRT da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) competindo com cinco espécies de *Amaranthus*, foi demonstrado que tanto a cultura, quanto as plantas daninhas, foram prejudicadas em condições de competição (CARVALHO & CHRISTOFFOLETI, 2008).

Os resultados observados para as três cultivares, para as variáveis EST e AF, permitem inferir que, as cultivares de soja são menos competitivas que o caruru. Esses resultados podem ser observados através dos índices CR, K e C (Tabela 9), onde as plantas de soja foram consideradas mais competitivas que o caruru, quando $CR > 1$, $K_a > K_b$ e $C > 0$ (HOFFMAN; BUHLER, 2002), e atendido como critério diferenças significativas em pelo menos dois desses índices (BIANCHI; FLECK; LAMEGO, 2006). Utilizando a mesma metodologia para avaliar a interação competitiva entre soja e caruru (*A. viridis*), foi possível observar resultados similares, onde o caruru foi mais competitivo que a soja (RUCHEL et al., 2019).

Tabela 9- Índices de competitividade de cultivares de soja, BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, competindo com caruru, expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamento relativo (K) e de competitividade (C). FAEM/UFPeI, Capão do Leão/RS, 2021.

Índices	Estatura (EST)	Área foliar (AF)	Massa seca da parte aérea (MSPA)
	BMX Raio		
CR	0,85 ($\pm 0,01$)*	0,82 ($\pm 0,04$)*	1,00 ($\pm 0,04$) ^{ns}
Ksoja	0,82 ($\pm 0,01$)*	0,75 ($\pm 0,03$)*	0,95 ($\pm 0,08$)*
Kcaruru	1,13 ($\pm 0,02$)	1,10 ($\pm 0,05$)	1,18 ($\pm 0,11$)
C	-0,08 ($\pm 0,00$)*	-0,10 ($\pm 0,02$)*	-0,04 ($\pm 0,02$)*
BMX Delta			
CR	0,87 ($\pm 0,03$)*	0,82 ($\pm 0,04$)*	0,98 ($\pm 0,04$) ^{ns}
Ksoja	0,86 ($\pm 0,02$)*	0,68 ($\pm 0,04$)*	1,04 ($\pm 0,08$) ^{ns}
Kcaruru	1,14 ($\pm 0,04$)	0,99 ($\pm 0,06$)	1,07 ($\pm 0,05$)
C	-0,07 ($\pm 0,02$)*	-0,09 ($\pm 0,02$)*	-0,01 ($\pm 0,03$) ^{ns}
BMX Ícone			
CR	0,88 ($\pm 0,02$)*	0,85 ($\pm 0,04$)*	1,02 ($\pm 0,06$) ^{ns}
Ksoja	0,78 ($\pm 0,02$)*	0,69 ($\pm 0,04$)*	1,07 ($\pm 0,10$) ^{ns}
Kcaruru	0,98 ($\pm 0,02$)	0,94 ($\pm 0,08$)	1,03 ($\pm 0,07$)
C	-0,06 ($\pm 0,01$)*	-0,08 ($\pm 0,02$)*	0,01 ($\pm 0,03$) ^{ns}

^{ns} Não significativo e * significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$). Valores entre parênteses representam os erros padrões das médias.

Para a variável MSPA, observou-se diferença apenas para os índices K e C no experimento com a cultivar BMX Raio, considerando redução na MS da cultura quando em competição com caruru (Tabela 9). Esses resultados são similares ao trabalho de competição com as cultivares de soja NA 5909 e Enlist™ (linhagem descontinuada com GMR 5.5), evidenciando maior habilidade competitiva do caruru (*Amaranthus viridis*) sobre a soja em EST e AF, porém não encontrado diferença significativa para MSPA (RUCHEL et al., 2019; GAZOLA, 2019).

As variáveis EST e AF, da cultivar BMX Raio, foram reduzidas à medida que se aumentou a proporção do caruru nas associações (Tabela 10). Para MSPA, houve redução apenas na proporção de 25%. Para as cultivares BMX Delta e BMX Ícone, quando nas proporções de 50% e 25%, de maneira geral, também se observou redução para EST e AF, já para MSPA, não foram verificadas diferenças (Tabelas 11 e 12). Para estas mesmas variáveis, resposta inversa foi observada para o caruru, que aumentou a resposta, em função do aumento da presença das cultivares na proporção. Os menores valores observados para EST e AF para a cultura da soja evidenciam os prejuízos relacionados a competição interespecífica, onde as espécies competem pelos recursos do

meio, semelhante ao observado na soja competindo com capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) e caruru-de-mancha (DIAS et al., 2010; RUCHEL et al., 2019).

Para o caruru, na proporção de 25% em competição com a cultivar BMX Raio, verificou-se maior EST, AF e MSPA, com médias superiores ao monocultivo (Tabela 10). Quando em competição com as cultivares BMX Delta e BMX Ícone, apenas nas variáveis AF e MSPA, na proporção de 25%, observou-se diferença em relação ao monocultivo, entretanto, também observa-se maior EST nessa proporção do nicho (Tabelas 11 e 12). Diferindo do presente estudo, a competição de soja com leiteira e/ou picão-preto, ambas espécies C3, indicam que a competição interespecífica foi mais prejudicial às espécies daninhas, com redução de EST, AF e MSPA em relação ao monocultivo (ULGUIM et al., 2017; RUCHEL, et al., 2019). O caruru possui metabolismo fotossintético C4 e apresenta maior porte e desenvolvimento inicial, o que favorece sua habilidade competitiva frente a culturas anuais de verão de metabolismo C3, como a soja (ZISKA, 2000).

A partir dos resultados pode-se inferir que, quanto mais elevada à proporção do caruru na associação com a soja, maiores foram os danos às variáveis das cultivares. Também constata-se que, para o caruru a competição com as cultivares foi menos prejudicial do que a intraespecífica que ocorreu no monocultivo. Para MSPA, o efeito foi similar às demais variáveis, no entanto não se encontrou diferença entre as associações de plantas. Esses resultados corroboram com o trabalho que avaliou a habilidade competitiva entre soja e caruru-de-mancha, em que a competição intraespecífica foi mais importante para planta daninha (RUCHEL et al., 2019).

Tabela 10- Respostas de estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) da cultivar de soja BMX Raio e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.

Proporção de plantas (soja:caruru)		EST (cm)	AF (cm ² planta ⁻¹)	MSPA (g planta ⁻¹)
BMX Raio	100:00	37,75	264,97	1,22
	75:25	33,51 *	268,42 ^{ns}	1,25 ^{ns}
	50:50	34,15 *	227,15 *	1,23 ^{ns}
	25:75	37,28 ^{ns}	188,92 *	1,08 *
	CV (%)	5,64	6,43	7,47
Caruru	00:100	35,10	226,47	1,21
	25:75	33,00 ^{ns}	221,89 ^{ns}	1,17 ^{ns}
	50:50	37,22 ^{ns}	237,40 ^{ns}	1,32 *
	75:25	38,74 *	271,50 *	1,46 *
	CV (%)	5,38	7,26	8,62

^{ns} Não significativo e * significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). CV – Coeficiente de variação.

Tabela 11- Respostas de estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) da cultivar de soja BMX Delta e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.

Proporção de plantas (soja:caruru)	EST (cm)	AF (cm ² planta ⁻¹)	MSPA (g planta ⁻¹)	
BMX Delta	100:00	45,96	291,65	1,26
	75:25	46,73 ^{ns}	296,99 ^{ns}	1,31 ^{ns}
	50:50	42,63 *	237,32 *	1,27 ^{ns}
	25:75	45,35 ^{ns}	224,77 *	1,23 ^{ns}
	CV (%)	6,76	5,52	4,95
Caruru	00:100	35,10	226,47	1,21
	25:75	30,96 ^{ns}	214,70 ^{ns}	1,16 ^{ns}
	50:50	37,42 ^{ns}	225,51 ^{ns}	1,25 ^{ns}
	75:25	37,45 ^{ns}	259,18 *	1,40 *
	CV (%)	8,72	7,05	7,09

^{ns} Não significativo e * significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). CV – Coeficiente de variação.

Tabela 12- Respostas de estatura (EST), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MSPA) da cultivar de soja BMX Ícone e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.

Proporção de plantas	(soja:caruru)	EST (cm)	AF (cm ² planta ⁻¹)	MSPA (g planta ⁻¹)
BMX Ícone	100:00	48,52	300,84	1,32
	75:25	47,54 ^{ns}	297,41 ^{ns}	1,35 ^{ns}
	50:50	42,52 [*]	245,95 [*]	1,34 ^{ns}
	25:75	45,37 [*]	246,67 [*]	1,30 ^{ns}
	CV (%)	3,59	6,50	6,44
Caruru	00:100	35,10	226,47	1,21
	25:75	30,21 ^{ns}	213,24 ^{ns}	1,16 ^{ns}
	50:50	34,85 ^{ns}	219,21 ^{ns}	1,23 ^{ns}
	75:25	35,13 ^{ns}	244,20 [*]	1,35 [*]
	CV (%)	8,18	9,14	6,87

^{ns} Não significativo e ^{*} significativo em relação ao respectivo monocultivo (100%), pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). CV – Coeficiente de variação.

Ao avaliar-se os parâmetros fotossintéticos para as cultivares de soja, foram observadas diferenças para todas as variáveis, exceto para a variável CE nas três cultivares e para A e Ci na cultivar BMX Ícone (Tabelas 13, 14 e 15). Das 144 comparações possíveis, observou-se diferença em 86%. Para as três cultivares, de maneira geral, verificou-se maiores A, Gs, Ci e EUA quando a cultura se encontrava em maior proporção, com decréscimo nas variáveis na medida que aumentava-se a população de caruru, enquanto para a variável E o comportamento foi inverso.

Apesar das cultivares BMX Raio e BMX Delta apresentarem maiores valores de A e GS na proporção de 100%, observou-se aumento na E na proporção de 25%, resultando em redução da EUA com o aumento na população da planta daninha em competição (Tabelas 13 e 14). As variáveis A e Gs comumente estão interligadas e na maioria dos casos resultam em maior E, tendo influência da disponibilidade de água e conseqüentemente redução na EUA (GALON et al., 2013). No entanto, no presente trabalho a E foi maior na medida em que as plantas daninhas aumentavam quando as espécies estavam em competição.

Tabela 13- Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO₂ subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) da cultivar de soja BMX Raio e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.

Proporção de plantas	A μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	Gs mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	Ci μmol CO ₂ mol ⁻¹	E mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	CE μmol m ⁻² s ⁻¹	EUA μmol CO ₂ mmol H ₂ O ⁻¹	
BMX Raio	100:00	9,10 a ¹	0,14 a	246,73 a	2,91 b	0,037 ^{ns}	3,26 a
	75:25	8,08 b	0,12 ab	233,05 a	2,83 b	0,035	2,85 ab
	50:50	8,05 b	0,11 bc	208,65 b	2,96 b	0,039	2,70 b
	25:75	8,23 ab	0,09 c	201,43 b	3,44 a	0,041	2,38 c
	CV (%)	14,36	13,25	8,08	16,91	19,92	14,49
Caruru	00:100	12,64 a	0,23 a	119,65 c	2,52 a	0,105 a	5,02 c
	25:75	13,49 a	0,13 c	134,26 b	2,49 a	0,100 a	5,51 c
	50:50	12,07 b	0,15 c	143,75 b	1,90 b	0,084 b	6,36 b
	75:25	12,36 b	0,19 b	168,78 a	1,57 b	0,073 b	7,87 a
	CV (%)	4,86	15,60	8,36	17,91	6,65	19,03

^{ns} Não significativo pelo teste F (p<0,05). ¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando proporções de cada espécie para cada variável, não diferem significativamente pelo teste de Duncan (p<0,05).

Tabela 14- Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO₂ subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) da cultivar de soja BMX Delta e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.

Proporção de plantas	A μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	Gs mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	Ci μmol CO ₂ mol ⁻¹	E mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	CE μmol m ⁻² s ⁻¹	EUA μmol CO ₂ mmol H ₂ O ⁻¹	
BMX Delta	100:00	10,01 a	0,14 ab	250,71 a	2,66 b	0,040 ^{ns}	3,76 a
	75:25	9,86 a	0,15 a	240,49 ab	2,54 b	0,041	3,92 a
	50:50	9,11 b	0,12 ab	232,61 b	2,84 ab	0,038	3,20 b
	25:75	8,97 c	0,11 b	213,54 c	3,43 a	0,042	2,62 c
	CV (%)	7,89	20,88	3,67	11,84	7,33	22,07
Caruru	00:100	12,64 a	0,23 a	119,65 c	2,52 a	0,105 a	5,02 c
	25:75	12,44 b	0,16 c	137,39 b	2,16 b	0,087 ab	5,76 b
	50:50	11,54 c	0,21 b	144,45 ab	2,15 b	0,079 b	5,39 b
	75:25	11,40 c	0,14 c	156,34 a	1,77 c	0,072 b	6,41 a
	CV (%)	3,80	13,76	8,75	10,08	9,45	11,14

^{ns} Não significativo pelo teste F (p≤0,05). ¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando proporções de cada espécie para cada variável, não diferem significativamente pelo teste de Duncan (p≤0,05).

Tabela 15- Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração de CO₂ subestomática (Ci), taxa de transpiração (E), eficiência da carboxilação (CE) e eficiência do uso da água (EUA) da cultivar de soja BMX Ícone e caruru, em condições de competição e sob diferentes proporções de plantas. Capão do Leão/RS, 2021.

Proporção de plantas	A μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	Gs mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	Ci μmol CO ₂ mol ⁻¹	E mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	CE μmol m ⁻² s ⁻¹	EUA μmol CO ₂ mmol H ₂ O ⁻¹	
BMX Ícone	100:00	9,76 ^{ns}	0,22 a	224,84 ^{ns}	2,56 b	0,043 ^{ns}	3,81 a
	75:25	9,20	0,21 ab	223,41	2,67 b	0,042	3,45 a
	50:50	8,91	0,18 bc	219,75	2,92 a	0,040	3,06 b
	25:75	9,16	0,15 c	219,17	3,13 a	0,041	2,94 b
	CV (%)	8,87	15,39	7,67	11,61	16,11	25,30
Caruru	00:100	12,64 a	0,23 a	119,65 b	2,52 a	0,105 a	5,02 c
	25:75	12,26 a	0,19 b	117,92 b	2,05 b	0,104 a	5,99 b
	50:50	11,45 b	0,17 b	139,11 a	1,87 c	0,082 b	6,15 a
	75:25	11,65 b	0,18 b	143,55 a	1,85 c	0,081 b	6,29 a
	CV (%)	6,36	14,44	14,56	8,66	6,21	8,18

^{ns} Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). ¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando proporções de cada espécie para cada variável, não diferem significativamente pelo teste de Duncan ($p \leq 0,05$).

Para a cultivar BMX Ícone, não se observou diferença para as variáveis A, Ci e CE, entretanto, nas proporções de 50% e 25% verificou-se maior E e menor EUA, resultado do aumento da competição com o caruru (Tabela 15). Quando as plantas estão submetidas a competição ocorrem mudanças em suas características fisiológicas, como no aumento da E, resultando em maiores perdas de água pela transpiração e diminuindo sua EUA, podendo interferir negativamente na AF e MS da cultura (JUMRANI; BHATIA; PANDEY, 2017).

A análise dos parâmetros fotossintéticos para caruru evidenciou, de maneira geral, maiores valores de A, Gs, E e CE nas proporções de 100% e 75% da planta daninha, enquanto para as proporções de 50% e 25% ocorreram maiores valores para as variáveis Ci e EUA (Tabelas 13, 14 e 15). Para caruru, a competição intraespecífica promoveu aumento na A, Gs e E, indicando maior perda de água pela transpiração devido à abertura estomática e conseqüentemente menor EUA do que quando comparado a competição com a cultura (GALON et al., 2013).

Na medida em que se aumentou a proporção das cultivares na competição com o caruru, houve incremento na EUA da planta daninha (Tabelas 13, 14 e 15). Esses resultados podem estar relacionados a maior abertura estomática (Gs) observada no presente estudo, no qual resultou em maior incorporação de CO₂ atmosférico para o interior das células, tendo como consequência o aumento da E e diminuição da EUA (BASTIANI et al., 2016). A água perdida por transpiração tende a variar conforme o gradiente potencial entre a câmara subestomática na folha e a atmosfera, onde algumas plantas podem apresentar vantagem ecológica e serem mais regulares nos processos de transpiração e EUA (CONCENÇO et al., 2009).

No presente estudo as cultivares de soja foram mais prejudicadas pela competição interespecífica, já o caruru apresentou maior competitividade que a cultura, sendo mais afetado pela competição intraespecífica. Espécies com mecanismo fotossintético C₄, como o caruru, normalmente apresentam maior EUA, o que pode minimizar as perdas de água devido à competição (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009). Uma planta de caruru-gigante (*A. retroflexus*) é mais eficiente no uso da água do que a soja, pois consegue produzir maior quantidade de massa seca por volume de água do que a cultura (SILVA et al., 2007). De forma semelhante, o resultado de trabalho com a cultura da soja e o caruru-de-mancha em competição, demonstrou que a competição

interespecífica foi mais prejudicial à cultura e, que a intraespecífica foi negativa para a planta daninha (RUCHEL et al., 2019).

Desta forma, em geral, a competição interespecífica foi mais prejudicial para a cultura da soja, reduzindo variáveis de crescimento e fotossintéticas das cultivares. Por outro lado, a competição intraespecífica foi mais pronunciada para caruru, influenciando nas variáveis de crescimento e fotossintéticas da planta daninha. A partir dos resultados, verificou-se a necessidade do controle de caruru mesmo quando a planta daninha apresentar-se em baixas densidades, devido aos danos que causam as variáveis de crescimento da cultura da soja.

4.4 Conclusões

A competição com caruru interfere negativamente nas variáveis morfológicas estatura e área foliar das cultivares de soja BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, e MSPA da cultivar BMX Raio.

A competição interespecífica é mais prejudicial do que a competição intraespecífica para as cultivares de soja BMX Raio, BMX Delta e BMX Ícone, interferindo negativamente nas variáveis morfológicas e nos parâmetros fotossintéticos, enquanto para caruru a competição intraespecífica é mais importante.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na medida que aumenta o GMR das cultivares estudadas, maior serão os dias em que a cultura pode conviver competindo com as plantas daninhas. A semeadura realizada na primeira época em relação a segunda e terceira época, respectivamente, aumenta o PAI em 3 e 6 dias para as cultivares BMX Ícone e BMX Delta, e em 2 e 4 dias para cultivar BMX Raio, favorecendo o manejo de plantas daninhas nas lavouras de soja.

O PAI médio da primeira, segunda e terceira época de semeadura foi, respectivamente, de 22, 19 e 16 dias para a cultivar de maior GMR, equivalente aos estágios fenológicos de V4, V4 e V3; 21, 18 e 15 dias para a cultivar de GMR médio, equivalente aos estágios fenológicos V4, V3 e V3; e, 16, 14 e 12 dias para a cultivar de menor GMR, equivalente aos estágios fenológicos V3, V2 e V2.

A utilização da soma térmica demonstra diferença no PAI entre a primeira e a terceira época de semeadura, porém, quando comparadas a primeira e a segunda época, os resultados são equivalentes ou próximos. Quando calculado em função da soma térmica, o PAI apresenta menor variação em relação ao calculado em dias, independente da localidade, podendo sofrer alterações dependendo das oscilações climáticas encontradas em diferentes safras.

Para que não ocorram danos aos componentes e na produtividade da soja, as medidas de controle de plantas daninhas devem ser tomadas ao final do PAI, sendo de 16 DAE quando se utiliza a capina mecânica e 12 DAE para o manejo com glyphosate. Quando comparados o manejo com glyphosate ao de glyphosate mais capina mecânica aos 4DAA o resultado foi igual ou próximo, com PAI de respectivamente, 16 e 15 DAE. Para o manejo com capina mecânica aos 8DAA, o PAI foi de 12 DAE, sendo igual ao manejo com glyphosate isolado. O uso da capina mecânica resultou no aumento de 4 dias no PAI da cultivar quando comparado ao controle químico com glyphosate.

A soja apresenta habilidade competitiva inferior ao caruru, sendo que a competição interespecífica é mais prejudicial para as cultivares de soja, e a intraespecífica para o caruru, influenciando negativamente nas variáveis de crescimento e nos parâmetros fotossintéticos.

6.REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L.C.; VARGAS, L.; PERBONI, L.T.; POLIDORO, E.; SILVA, B.M. Competition periods of crabgrass with ice and soybean crops. **Planta Daninha**, v.32, p.31-38, 2014.

AGOSTINETTO, D.; WESTENDORFF, N.; ZANDONÁ, R.R.; ULGUIM, A.R.; LANGARO, A.C. Interference periods of *Raphanus Raphanistrum* L. in sunflower crop. **Planta Daninha**, v.38, e020192183, 2020.

ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; KRENCHINSKI, F.H.; PLACIDO, H.F.; LORENZETTI, J.B.; VICTORIA FILHO, R.; BARROSO, A.A.M. Behavior of RR soybeans subjected to different formulations and rates of glyphosate in the reproductive period. **Planta Daninha**, v.32, p.851-859, 2014.

ANDRADE, J.F.; EDREIRA, J.I.R.; MOURTZINIS, S.; CONLEY, S.P.; CIAMPITTI, I.A.; DUNPHY, J.E.; GASKA, J.M.; GLEWEN, K.; HOLSHOUSER, D.L.; KANDEL, H.J.; KYVERYGA, P.; LEE, C.D.; LICHT, M.A.; LINDSEY, L.E.; CLURE MC, M.A.; NAEVE, S.; NAFZIGER, E.D.; ORLOWSKI, J.M.; ROSS, J.; STATON, M.J.; THOMPSON, L.; SPECHT, J.E.; GRASSINI, P. Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data. **Field Crops Research**, v.230, p.98-106, 2019.

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.74, p.430-445, 1959.

ASSAD, R.; RESHI, Z.A.; JAN, S.; RASHID, I. Biology of Amaranths. **The Botanical Review**, v.83, p.382-436, 2017.

BAJWA, A.A.; WALSH, M.; CHAUHAN, B.S. Weed management using crop competition in Australia. **Crop Protection**, v.95, p.8-13, 2016.

BASTIANI, M.O.; LAMEGO, F.P.; AGOSTINETTO, D.; LANGARO, A.C.; SILVA, D.C. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. **Bragantia**, v.75, p.435-445, 2016.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P.C.; PASCOALINO, J.A.L.; SAKO, H.; DANTAS, J. P.S.; MORAES, M.F. Soybean yield gap in the areas of yield contest in Brazil. **International Journal of Plant Production**, v.12, p.159–168, 2018.

BELLÉ, C.; RAMOS, C.R.; BALARDIN, R.R.; KASPARY, T.E.; ANTONIOLLI, Z.I. Reproduction of *Meloidogyne enterolobii* on weeds found in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v.44, p.380-384, 2019.

BENDER, R.R.; HAEGELE, J.W.; BELOW, F.E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. **Agronomy Journal**, v.107, p.563–573, 2015.

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, p.1380-1387, 2006.

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

BRAZ, G.B.P.; CRUVINEL, A.G.; CANEPPELE, A.B.; TAKANO, H.K.; SILVA, A.G.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S. Interferência do capim-amargoso na cultura da soja no cerrado brasileiro. **Revista Caatinga**, v.34, p.350-358, 2021.

BROZ, A.K.; BROECKLING, C.D.; DE-LA-PENA, C.; LEWIS, M.R.; GREENE, E.; CALLAWAY, R.M.; SUMNER, L.W.; VIVANCO, J.M. Plant neighbor identity influences plant biochemistry and physiology related to defense. **BMC Plant Biology**, v.10, p.1-14, 2010.

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

CARVALHO, S.J.P.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v.67, p.317-326, 2008.

CARVALHO, L.B.; BIANCO, S.; BIANCO, M.S. Estudo comparativo do acúmulo de massa seca e macronutrientes por plantas de *Zea mays* e *Ipomoea hederifolia*. **Planta Daninha**, v.32, p.99-107, 2014.

CHARLES, G.W.; SINDEL, B.M.; COWIE, A.L.; KNOX, O.G.G. Determining the critical period for grass control in high-yielding cotton using Japanese millet as a mimic weed. **Weed Technol.**, v.34, p.292-300, 2020.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2020/2021**. Brasília: CONAB, 2021.

CONCENÇO, G.; SANT'ANNA, S.J.; SCHWANKE, A.M.L.; GALON, L.; FERREIRA, E.A.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A.F.; FERREIRA, F.A. Uso da água por plantas híbridas ou convencionais de arroz irrigado. **Planta Daninha**, v.27, p.447-453, 2009.

COULTER, J.A.; NAFZIGER, E.D. Planting date and glyphosate timing on soybean. **Weed Technology**, v.21, p.359-366, 2007.

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

CURTO, L.; COVI, M.; GASSMANN, M.I. Actual evapotranspiration and the pattern of soil water extraction of a soybean (*Glycine max*) crop. **Revista FCA UNCUYO**, v.51, p.125-141, 2019.

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

DUKE, S.O.; DAYAN F.E. **Plant Systems | Bioactivity of Herbicides**. In: Murray Moo-Young (ed.), *Comprehensive Biotechnology*, Second Edition, v.4, p.23-35, 2011.

ESPER NETO, M.; LARA, L.M.; OLIVEIRA, S.M.; SANTOS, R.F.; BRACCINI, A.L.; INOUE, T.T.; BATISTA, M.A. Nutrient removal by grain in modern soybean varieties. **Frontiers in Plant Science**, v.12, p.1-14, 2021.

FENSTERSEIFER, C.A.; STRECK, N.A.; BAIGORRIA, G.A.; TIMILSINA, A.P.; ZANON, A.J.; CERA, J.C.; ROCHA, T.S.M. On the number of experiments required to calibrate a cultivar in a crop model: The case of CROPGRO-soybean. **Field Crops Research**, v.204, p.146-152, 2017.

FERNEDA, B.G.; BOEING, E.; SILVA, A.C.; SOUZA, A.P.; SILVA, S.G.; MARTIM, C.C.; PALADINO, F.G.; TANAKA, A.A. Graus-dias na estimativa das taxas de crescimento de quatro cultivares de soja em diferentes épocas de plantio. **Nativa**, v.4, p.121-127, 2016.

FERREIRA, D.B.; RAO, V.B. Recent climate variability and its impacts on soybean yields in southern Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.105, p.83-97, 2011.

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

FORTE, C.T.; BASSO, F.J.M.; GALON, L.; AGAZZI, L.R.; NONEMACHER, F.; CONCENÇO, G. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Agrária**, v.12, p.185-193, 2017.

GALON, L.; FERREIRA, E.A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.A.; SILVA, D.V.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; VARGAS, L. Características fisiológicas de biótipos de *Conyza bonariensis* resistentes ao glyphosate cultivados sob competição. **Planta Daninha**, v.31, p.859-866, 2013.

GALON, L.; SANTIN, C.O.; ANDRES, A.; BASSO, F.J.M.; NONEMACHER, F.; AGAZZI, L.R.; SILVA, A.F.; HOLZ, C.M.; FERNANDES, F.F. Competitive interaction between sweet sorghum with weeds. **Planta Daninha**, v.36, p.1-13, 2018.

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

GAVA, R.; FRIZZONE, J.A.; SNYDER, R.L.; JOSE, J.V.; FRAGA JUNIOR, E.F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, p.349-359, 2015.

GAZOLA, Juliano. **Habilidade competitiva e controle de soja voluntária Enlist™, buva e nabo**. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

GREEN-TRACEWICZ E.; PAGE, ER.; SWANTON, C.J. Light quality and the critical period for weed control in soybean. **Weed Science**, v.60, p.86-91, 2012.

GUIMARÃES, A. A.; FERREIRA, E. A.; VARGAS, L.; SILVA, A. A.; VIANA, R. G.; DEMUNER, A. J.; CONCENÇO, G.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; REIS, M. R.; SILVA, A. F. Composição química da cera epicuticular de biótipos de azevém resistente e suscetível ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.27, p.149-154, 2009.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 2009. 574p.

HARRE, N.T.; YOUNG, B.G. Early-season nutrient competition between weeds and soybean. **Journal of Plant Nutrition**, v.43, p.1887-1906, 2020.

HEAP, I. M. **International Survey of Herbicide Resistant Weeds**. 2022 Disponível em: <http://weedscience.org/Pages/Case.aspx?ResistID=18184>. Acesso em: 25 jul. 2022.

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

JUAN, V.F.; SAINT-ANDRE, H.; FERNANDEZ, R.R. Competencia de lecheron (*Euphorbia dentata*) en soja. **Planta Daninha**, v.21, p.175-180, 2003.

JUMRANI, K.; BHATIA, V.S.; PANDEY, G.P. Impact of elevated temperatures on specific leaf weight, stomatal density, photosynthesis and chlorophyll fluorescence in soybean. **Photosynthesis Research**, v.131, p.333-350, 2017.

KONZEN, A.; GALON, L.; WEIRICH, S.N.; GALLINA, A.; BRUNETTO, L.; BRANDLER, D.; PIAZZETTA, H.V.L.; ASPIAZÚ, I. Competitive interaction between soybean cultivars and *Sida rhombifolia*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.16, e8975, 2021.

KNEZEVIC, S.Z.; DATTA, A. The critical period for weed control: Revisiting data analysis. **Weed Science**, Special Issue, p.188-202, 2015.

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

LAMEGO, F.P.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T.E.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L. Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v.31, p.521-531, 2013.

LORENTZ, L.; BEFFA, R.; KRAEHMER, H. Recovery of plants and histological observations on advanced weed stages after glyphosate treatment. **Weed Research**, v.51, p.333-343, 2011.

LUCIO, F.R.; KALSING, A.; ADEGAS, F.S.; ROSSI, C.V.S.; CORREIA, N.M.; GAZZIERO, D.L.P.; SILVA, A.F. Dispersal and Frequency of Glyphosate Resistant and Glyphosate-Tolerant Weeds in Soybean-producing Edaphoclimatic Microregions in Brazil. **Weed Technology**, v.33, p.217-231, 2019.

MANABE, P.M.S; MATOS, C.C.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; SEDIYAMA, T.; MANABE, A.; SILVA, A.F.; ROCHA, P.R.R.; GALON, L. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, v.30, p.1721-1728, 2014.

MEROTTO JR, A.; IVES, C.G.R.; NUNES, A.L.; KALSING, A.; MARKUS, C.; MENEZES, V.G.; WANDER, A.E. Evolutionary and social consequences of introgression of nontransgenic herbicide resistance from rice to weedy rice in Brazil. **Evolutionary applications**, v.9, p.837-846, 2016.

MICHITTE, P.; DE PRADO, R.; ESPINOZA, N.; RUIZ-SANTAELLA, J.P.; GAUVRIT, C. Mechanisms of resistance to glyphosate in a ryegrass (*Lolium multiflorum*) biotype from Chile. **Weed Science**, v.55, p.435-440, 2007.

MOURTZINIS, S.; GASPAR, A.P.; NAEVE, S.L.; CONLEY, S.P. Planting date, maturity, and temperature effects on soybean seed yield and composition. **Agronomy Journal**, v.109, p.2040-2049, 2017.

MYERS, M.W.; CURRAN, W.S.; VANGESSEL, M.J.; MAJEK, B.A.; SCOTT, B.A.; MORTENSEN, D.A.; CALVIN, D.D.; KARSTEN, H.D.; ROTH, G.W. The effect of weed density and application timing on weed control and corn grain yield. **Weed Technology**, v.19, p.102-107, 2005.

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

NOHATTO, M.A.; BENEM55ANN, D.P.; OLIVEIRA, C.; VARGAS, L.; AVILA, L.A.; AGOSTINETTO, D. Expression of genes in cultivated rice and weedy rice in competition. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, p.749-757, 2016.

NORDBY, D.E.; ALDERKS, D.L.; NAFZIGER, E.D. Competitiveness with weeds of soybean cultivars with different maturity and canopy width characteristics. **Weed Technology**, v.21, p.1082-1088, 2007.

NUNES, A.L.; LORENSET, J.; GUBIANI, J.E.; SANTOS, F.M. A multy-year study reveals the importance of residual herbicides on weed control in glyphosate-resistant soybean. **Planta Daninha**, v36, e018176135, 2018.

OLIVEIRA JR., R.S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Ominipax. 2011. p.141-192

PEREIRA, F.A.R.; BONO, J.A.M.; REIS NETO, J.F.; BERSELLI, C.; CARVALHO, F.T. Periods of competition between weeds and soybean crop in Cerrado. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p.3644-3649, 2015.

PICCININI, F.; MARTIN, T.N.; MACHADO, S.L.O.; KRUSE, N.D.; SCHMATZ, R. Soybeans competitiveness with morning glory. **Planta Daninha**, v.34, p.25-33, 2016.

PIERIK, R.; MOMMER, L.; VOESENEK, L.A.C.J. Molecular mechanisms of plant competition: neighbor detection and response strategies. **Functional Ecology**, v.27, p.841-853, 2013.

PINHEIRO, A.G.; SOUZA, L.S.B.; JARDIM, A.M.R.F.; ARAÚJO JÚNIOR, G.N.; ALVES, C.P.; SOUZA, C.A.A.; SILVA, G.I.N.; SILVA, T.G.F. Importância dos modelos de simulação de culturas diante dos impactos das alterações climáticas sobre a produção agrícola – Revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, p.3648-3666, 2021.

R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management.** 3ed. New York: Wiley, 2007. 589p.

RAJAN, I.; SWANTON, C. L. Understanding maize-weed competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, v.71, p.139-150, 2001.

RENATO, N.S.; SILVA, J.B.L.; SEDIYAMA, G.C.; PEREIRA, E.G. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista brasileira de meteorologia**, v.28, p.382-388, 2013.

RIZZARDI, M.A.; ROCKENBACH, A.P.; SCHNEIDER, T. Residual herbicides increase the period prior to interference in soybean cultivars. **Planta Daninha**, v.38, p.1-7, 2020.

ROCHA, T.S.M.; STRECK, N.A.; BEXAIRA, K.P.; RIBAS, G.G.; TAGLIAPIETRA, E.L.; WINCK, J.E.M.; WEBER, P.S.; RICHTER, G.L.; SILVA, M.R.; ALVEZ, A.F.; RIBEIRO, B.S.M.R.; ZANON, A.J. Plastocrono e número final de nós de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura. **Agrometeoros**, v.26, p.247-256, 2018.

ROCKENBACH, A.P.; RIZZARDI, M.A. Competition at the soybean V6 stage affects root morphology and biochemical composition. **Plant Biology**, v.22, p.252-258, 2020.

ROCKENBACH, A.P.; RIZZARDI, M.A.; NUNES, A.L.; BIANCHI, M.A.; CAVERZAN, A.; SCHNEIDER, T. Interferência entre plantas daninhas e a cultura: alterações no metabolismo secundário. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, p.59-70, 2018.

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

RUCHEL, Q.; AGOSTINETTO, D.; ZANDONÁ, R.R.; ULGUIM, A.R.; AVILA NETO, R.; FRAGA, D.S. Competitive ability of soybean crop with C3 and C4 weeds. **International Journal of Agriculture and Environmental Research**, v.5, p.669-683, 2019.

SABERALIA, S.F.; MOHAMMADI, K. Organic amendments application down weight the negative effects of weed competition on the soybean yield. **Ecological Engineering**, v.82, p.451-458, 2015.

SARTORATO, I.; BERTI, A.; ZANIN, G.; DUNAN, C.M. Modeling of glyphosate application timing in glyphosate-resistant soybean. **Weed Science**, v.59, p.390-397, 2011.

SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; MANFROR, P.A.; SACCOL, A.V.; ESTEFANEL, V. Temperatura base e soma térmica do subperíodo semeadura emergência para algumas cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência Rural**, v.11, p.299-308, 1987.

SCHNEIDER, T.; ROCKENBACH, A.P.; BIANCHI, M.A. Alteração do período anterior à interferência da soja na presença de plantas voluntárias de milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.13, p.80-87, 2014.

SCHOLTES, A.B.; SPERRY, B.P.; REYNOLDS, D.B.; IRBY, J.T.; EUBANK, T.W.; BARBER, L.T.; DODDS, D.M. Effect of soybean growth stage on sensitivity to sublethal rates of dicamba and 2,4-D. **Weed Technology**, v.33, p.555-561, 2019.

SENTELHAS, P.C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G.M.S.; FARIAS, J.R.B.; HAMPF, A.C.; NENDEI, C. The soybean yield gap in Brazil: Magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal Agricultural Science**, v.153, p.1394-1411, 2015.

SETIYONO, T.D.; BASTIDAS, A. M.; CASSMAN, K.G.; WEISS, A.; DOBERMANN, A.; SPECHT, J. E. Nodal leaf area distribution in soybean plants grown in high yield environments. **Agronomy Journal**, v.103, p.1198-1205, 2011.

SETIYONO, T.D.; WEISS, A.; SPECHT, J.; BASTIDAS, A.M.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Understanding and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, v.100, p.257–271, 2007.

SETIYONO, T. D.; BASTIDAS, A. M.; CASSMAN, K.G.; WEISS, A.; DOBERMANN, A.; SPECHT, J. E. Nodal leaf area distribution in soybean plants grown in high yield environments. **Agronomy Journal**, v.103, p.1198-1205, 2011.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. **Biologia de Plantas Daninhas**. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 318p.

SILVA A.A.P.; OLIVEIRA NETO, A.M.; GUERRA, N.; HELVIG, E.O.; MACIEL, C.D.G. Interference periods among weeds and soybean RRTM crops in the Western Center area of the Brazilian State of Paraná. **Planta Daninha**, v.33, p.707-716, 2015.

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

SILVA, D.R.O.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; MARIANI, F. Glyphosate-resistant hairy fleabane competition in RR soybean. **Bragantia**, v.73, p.451-457, 2014.

STEINMETZ, S.; CUADRA, S.V.; ALMEIDA, I.R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M.; FAGUNDES, P.R.R. Soma térmica e estádios de desenvolvimento da planta de grupos de cultivares de arroz irrigado. **Agrometeoros**, v.25, p.405-414, 2017.

STEINMETZ, S.; CUADRA, S.V.; PEREIRA, C.B.; SANTOS, E.L.; ALMEIRA, I.R. **GD Arroz: programa baseado em graus-dia como suporte ao planejamento e à tomada de decisão no manejo do arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 8p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 162).

SWANTON, C. J.; WEISE, S. F. Integrated weed management: the rationale approach. **Weed Technology**, v.5, p.657-663, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Brasil. 7.ed. Artmed, 2017. 888p.

TAGLIAPIETRA, E.L.; STRECK, N.A.; ROCHA, T.S.M.; RICHTER, G.L.; SILVA, M.R.; CERA, J.C.; GUEDES, J.V.C.; ZANON, A.J. Optimum Leaf Area Index to Reach Soybean Yield Potential in Subtropical Environment. **Agronomy Journal**, v.110, p.932-938, 2018.

TAGLIAPIETRA, E.L., ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; BALEST, D.S.; ROSA, S.L.; BEXAIRA, K.P.; RICHTER, G.L.; RIBAS, G.G.; SILVA, M.R. Biophysical and management factors causing yield gap in soybean in the subtropics of Brazil. **Agronomy Journal**, v.113, p.1882-1894, 2021.

TAVARES, C.J.; JAKELAITIS, A.; MARANGONI, R.E.; REZENDE, B.P.M.; CUNHA, P.C.R.; DORNELLES, M.S. Interferência de plantas daninhas em dois cultivares de soja. **Revista Agrarian**, v.5, p.223-235, 2012.

TRENTIN, R.; SCHREIBER, F.; STRECK, N.A.; BURIOL, G.A. Soma térmica de subperíodos do desenvolvimento da planta de melancia. **Ciência Rural**, v.38, p.2464-2470, 2008.

ULGUIM, A.R.; AGOSTINETTO, D.; OLIVEIRA, C.; RUCHEL, Q.; SILVA, J.D.G.; VARGAS, L.; AVILA, L.A. Does competition between soybeans and wild poinsettia with low-level resistance or susceptibility to glyphosate affect physiology and secondary metabolism? **Semina**, v.38, p.1133-1144, 2017.

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

VELINI, E. D. Interferências entre plantas daninhas e cultivadas: In: KOGAN, M.; LIRA, V.J.E. **Avances en manejo de malezas en la producción agrícola y forestal**. Santiago del Chile: PUC/ALAM, 1992. p.41-58.

VILÁ, M.; WILLIAMSON, M.; LONSDALE, M. Competition experiments on alien weeds with crops: lessons for measuring plant invasion impact? **Biological Invasions**, v.6, p.59-69, 2004.

ZAGONEL J.; VENÂNCIO W.S.; KUNZ R.P. Efeitos de métodos e épocas de controle das plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v.18, p.143-150, 2000.

ZANDONÁ, R.R.; AGOSTINETTO, D.; SILVA, B.M.; RUCHEL, Q.; FRAGA, D.S. Interference periods in soybean crop as affected by emergence times of weeds. **Planta Daninha**, v.36, e018169361, 2018a.

ZANDONÁ, R.R.; AGOSTINETTO, D.; RUCHEL, Q. Modelagem matemática do fluxo de emergência de plantas daninhas: ferramenta para decisão no manejo de cultivos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, p.3-11, 2018b.

ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; GRASSINI, P. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. **Agronomy Journal**, v.108, p.1447-1454, 2016.

ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; RICHTER, G.L.; BECKER, C.C.; ROCHA, T.S.M.; CERA, J.C.; WINCK, J.E.M.; CARDOSO, A.P.; TAGLIAPIETRA, E.L.; WEBER, P.S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, v.74, p.279-290, 2015.

ZHANG, J.; LIU, J.; YANG, C.; DU, S.; YANG, W. Photosynthetic performance of soybean plants to water deficit under high and low light intensity. **South African Journal of Botany**, v.105, p.279-287, 2016.

ZISKA, L.H. The impact of elevated CO₂ on yield loss from a C₃ and C₄ weed in field-grown soybean. **Global Change Biology**, v.6, p.899-905, 2000.

VITA

Cassiano Salin Pigatto é filho de Fernando Zasso Pigatto e Marla Salin Pigatto. Nasceu em 25 de janeiro de 1996, no Município de São Sepé, Rio Grande do Sul. Concluiu no ano de 2011, o ensino fundamental e no ano de 2014 o ensino médio, na Escola Estadual de Ensino Médio Plácido de Castro, no município de Rosário do Sul-RS. No ano de 2015, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Santa Maria, onde colou grau no ano de 2020. No período de 2015 a 2020, desenvolveu atividades de pesquisa e extensão, nesta instituição. Foi bolsista de iniciação científica no laboratório de solos e no grupo de Herbologia da UFSM, onde realizou atividades de pesquisa e extensão, voltados para área de ecofisiologia, manejo e resistência de plantas daninhas em cultivos agrícolas. Realizou seu estágio final da graduação no setor de plantas daninhas do INIA-La Estanzuela, em Colônia del Sacramento, no Uruguai, em projetos relacionados ao manejo e a resistência de plantas daninhas a herbicidas. Em 2020, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, em Capão do Leão/RS.