

Interação competitiva e nível de dano econômico de azevém daninho em híbridos de canola

Competitive interaction and economic damage level of ryegrass harmful in canola hybrids

Leandro Galon* (ORCID 0000-0002-1819-462X), **Milena Barretta Franceschetti** (ORCID 0000-0002-9908-2573), **Juliane Cervi Portes** (ORCID 0000-0001-5870-7306), **Janaíne Oliveira Toso** (ORCID 0000-0003-4862-443X), **Leonardo Brunetto** (ORCID 0000-0002-8252-6908), **André Dalponte Menegat** (ORCID 0000-0002-5395-1542), **Caroline Müller** (ORCID 0000-0003-0507-9355), **Gismael Francisco Perin** (ORCID 0000-0002-9036-0426)

Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, RS, Brasil. *Autor para correspondência: leandro.galone@gmail.com

Submissão: 09/01/2023 | Aceite: 24/02/2023

RESUMO

Na canola ocorrem perdas de produtividade e da qualidade de grãos em função da interferência causada pelo azevém (*Lolium multiflorum*). Diante disso, objetivou-se avaliar a interferência e identificar variáveis explicativas visando determinar o nível de dano econômico (NDE) de diferentes densidades do azevém infestante de híbridos de canola. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com uma repetição. Os tratamentos foram compostos pelos híbridos de canola (Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76) e 12 densidades de azevém, de 0 até 260 plantas m⁻², em competição com a cultura. Avaliou-se aos 50 dias após a emergência das plantas as variáveis densidades de plantas, área foliar, cobertura de solo e massa seca da parte aérea do azevém. A produtividade de grãos, custo de controle, preço de grãos e eficiência de controle foram determinados na canola. A cobertura do solo apresentou melhor ajuste ao modelo da hipérbole retangular estimando adequadamente as perdas de produtividades de grãos pela interferência do azevém. Os híbridos de canola Hyola 433, Hyola 575 CL e Hyola 76 foram os mais competitivos ao se comparar com os demais na presença do azevém, porém demonstraram as menores produtividades de grãos e também os que apresentaram os maiores valores de NDE. Os híbridos de canola Hyola 433 e Hyola 575 CL apresentaram os maiores valores de NDE com 3,85 a 5,13 plantas m⁻² em todas as simulações realizadas, respectivamente. Os menores valores de NDE foram obtidos com os híbridos Hyola 61, Alht B4 e Hyola 76 com variações médias de 1,02 à 2,15 plantas m⁻², respectivamente. A produtividade de grãos de canola, o preço da saca, a eficiência do herbicida e a redução no custo de controle, causam variação dos valores do NDE.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassica napus*; *Lolium multiflorum*; habilidade competitiva.

ABSTRACT

In canola, yield and grain quality losses occur due to the interference caused by ryegrass (*Lolium multiflorum*) when infesting the crop. Thus, the objective was to evaluate the interference and identify explanatory variables seeking to determine the level of economic damage (NDE) of different densities of ryegrass infesting canola hybrids. The experiment was carried out in a randomized block design, with one replication. The treatments consisted of five canola hybrids (Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL and Hyola 76) and 12 ryegrass densities, from 0 to 260 plants m⁻², in competition with the crop. At 50 days after plant emergence, the variables as plant densities, leaf area, soil cover and shoot dry matter of ryegrass plants were evaluated. Grain yield, control cost, grain price and control efficiency were determined in canola plants. The soil cover presented the best fit to the rectangular hyperbola model, adequately estimating the grain yield losses due to ryegrass interference. The canola hybrids Hyola 433 and Hyola 575 CL were the most competitive when compared to the others in the presence of the competitor, with higher values of EDL. The canola hybrids Hyola 433 and Hyola 575 CL showed the highest EDL values with 3.85 to 5.13 plants m⁻² in all simulations performed, respectively. The lowest EDL values were obtained with hybrids Hyola 61, Alht B4 and Hyola 76 with average variations of 1.02 to 2.15 plants m⁻², respectively. The canola grain yield, grain bag price, efficiency of the herbicide, and the reduction in the control cost cause variation in the economic damage level values.

KEYWORDS: *Brassica napus*; *Lolium multiflorum*; competitive ability.

INTRODUÇÃO

A canola vem ganhando destaque nas lavouras brasileiras, especialmente na Região Sul, por integrar diferentes sistemas de produção de grãos podendo ser utilizada na rotação de culturas e com isso reduzir problemas fitossanitários ocorrentes em gramíneas, leguminosas e em outras culturas (TOMM et al. 2009, GALON et al. 2021). Devido ao aumento dos cultivos de canola no Brasil, pesquisas são necessárias para adequar as formas de manejos a serem adotados, com objetivo de se incrementar as produtividades, a qualidade e a produção de maneira mais sustentável da cultura (TOMM et al. 2009, DURIGON et al. 2019, BRANDLER et al. 2021).

Mesmo com o crescente aumento das pesquisas, ainda há escassez de informações relacionadas aos manejos e tratos culturais adotados no cultivo da canola. Sabe-se que práticas que visam o manejo integrado de plantas daninhas, incluindo o uso de híbridos mais competitivos ou mesmo trabalhos relacionados com a melhor época de controle, são necessárias para que a produção da cultura da canola seja sustentável (LEMERLE et al. 2017, DURIGON et al. 2019, FRANZ et al. 2020, NICHELATI et al. 2020, BRANDLER et al. 2021, GALON et al. 2021).

Dentre os fatores bióticos que ocasionam perdas na produtividade e na qualidade de grãos das culturas agrícolas, destacam-se as plantas daninhas como os principais, inclusive na canola, necessitando assim de manejos adequados a fim de evitar prejuízos ao produtor (DURIGON et al. 2019, FRANZ et al. 2020, BRANDLER et al. 2021, GALON et al. 2021). A competição das plantas daninhas pode provocar alteração na utilização de recursos do meio como: água, luz e nutrientes. As plantas daninhas, podem em muitas situações, apresentarem maior habilidade competitiva, se adaptarem mais facilmente aos ambientes do que as culturas, sendo assim, representam uma séria ameaça à produção agrícola, devido à capacidade de sobreviver em condições adversas, aproveitando melhor os recursos do ambiente, o que conseqüentemente ocasionam redução da produtividade de grãos (KAUR et al. 2018, DURIGON et al. 2019, NICHELATI et al. 2020, BRANDLER et al. 2021).

Na atualidade há poucos herbicidas registrados para o uso na canola (AGROFIT 2023), principalmente seletivos à cultura quando aplicados em pós-emergência o que gera maior dificuldade no controle das plantas daninhas (GALON et al. 2021). Para se conseguir uma supressão de plantas daninhas através de manipulações de plantas cultivadas é necessário que sejam aprimoradas e combinadas múltiplas táticas, as quais resultarão em benefícios à cultura e com isso a possibilidade da redução da aplicação de herbicidas o conseqüentemente acarreta também na diminuição do impacto ambiental, pelo uso exagerado desses produtos nas lavouras (LOWRY & SMITH 2018, BRANDLER et al. 2021).

Dentre as principais plantas daninhas que infestam as lavouras de inverno no Sul do Brasil, pode-se destacar o azevém (*Lolium multiflorum*), o nabo/nabiça (*Raphanus raphanistrum* e *R. sativus*) e aveia preta ou branca (*Avena strigosa* ou *A. sativa*). Essas espécies são muito competitivas pelos recursos disponíveis no meio (água, luz e nutrientes) o que conseqüentemente ocasionam prejuízos na produtividade, na qualidade, além de aumentar os custos de colheita, transporte, secagem e beneficiamento dos grãos (MARIANI et al. 2016, PIES et al. 2019, FRANZ et al. 2020, NICHELATI et al. 2020, BRANDLER et al. 2021, GALON et al. 2022).

O azevém é uma espécie de planta daninha, pertencente à família Poaceae/Graminea que ocasiona elevadas perdas na produtividade nas culturas em que infesta, por ser muito competitivo, produzir elevada produção de sementes e de fácil dispersão (LAMEGO et al. 2013, PIES et al. 2019, GALON et al. 2021). Essa espécie pode ainda ser utilizado como adubação verde, planta de cobertura ou como forrageira de inverno, o que normalmente deixa um grande banco de sementes no solo (LAMEGO et al. 2013). Além disso, o azevém apresenta muitos casos com biótipos resistentes a herbicidas inibidores de aceto lactato sintetase (ALS), de acetil coenzima A carboxilase (ACCCase) e enol piruvil shiquimato fosfato sintetase (EPSPs) (HEAP 2023).

Escassos são os trabalhos realizados para determinar a habilidade competitiva e o nível de dano econômico (NDE) de diferentes híbridos de canola ao serem infestados por azevém. Desse modo, o conhecimento da habilidade competitiva e do NDE dos híbridos de canola em relação ao azevém torna-se uma ferramenta interessante para adoção de manejo integrado de plantas daninhas, podendo com o tempo reduzir o elevado uso de herbicidas e o surgimento de plantas daninhas resistente. O NDE somente se justifica caso os prejuízos causados pelas plantas daninhas forem iguais ou maiores que o custo da medida de controle utilizada e serve como base para tomada de decisão para o controle das mesmas ao infestarem as lavouras. Na ausência do NDE há dificuldade de manejo da cultura, além de poder ocasionar o aumento no uso de herbicidas, bem como elevar os custos de produção, podendo também gerar uma maior contaminação ambiental pelo uso excessivo de herbicidas (AGOSTINETTO et al. 2010, BRANDLER et al.

2021). Desse modo uso de herbicidas em pós-emergência permite ao produtor aplicá-los somente em áreas onde a densidade de plantas daninhas exceder o NDE (AGOSTINETTO et al. 2010, TAVARES et al. 2019, BRANDLER et al. 2021, GALON et al. 2022).

A capacidade competitiva que uma cultura apresenta pode ser demonstrada pela tolerância que essa demonstra ou pela supressão do crescimento das plantas daninhas que as infesta devido à competição pelos recursos água, luz e nutrientes (BRITO et al. 2016, BRANDLER et al. 2021). Algumas características como arquitetura de planta, índice de área foliar, estatura de planta, ramificações, massa seca, volume radicular, dentre outras que são expressas pela cultura, tendem a suprimir o crescimento, o desenvolvimento e a reprodução de espécies de plantas daninhas próximas (WORTHINGTON & REBERG-HORTON 2013; DURIGON et al. 2019, BRANDLER et al. 2021, GALON et al. 2022).

Ocorre diferenciação da habilidade competitiva de híbridos de canola em convivência com densidades de azevém e isso altera o NDE da cultura ao ser infestada pela planta daninha em situação de campo. Diante disso, objetivou-se avaliar a interferência e identificar variáveis explicativas visando determinar o nível de dano econômico (NDE) de diferentes densidades do azevém infestante de híbridos de canola.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, de junho a outubro de 2018, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Alumino férrico húmico (SANTOS et al. 2018). O clima do local é do tipo Cfa (temperado úmido com verão quente) segundo a classificação estabelecida por Köppen, nos quais as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano (PEEL et al. 2007). As condições climáticas observadas durante a condução do experimento estão dispostas na Figura 1. A correção do pH e a adubação do solo foram realizadas conforme a análise físico-química e seguindo-se as recomendações técnicas para a cultura da canola (CQFS-RS/SC 2016). As características químicas e físicas do solo foram: pH em água de 5,1; MO = 3,0%; P= 5,2 mg dm⁻³; K= 118,0 mg dm⁻³; Al³⁺=0,3 cmolc dm⁻³; Ca²⁺= 5,5 cmolc dm⁻³; Mg²⁺= 3,0 cmolc dm⁻³; CTC(t)= 7,4 cmolc dm⁻³; CTC(TpH=7,0)= 16,6 cmolc dm⁻³; H+Al= 7,7 cmolc dm⁻³; SB= 53% e Argila= 60%.

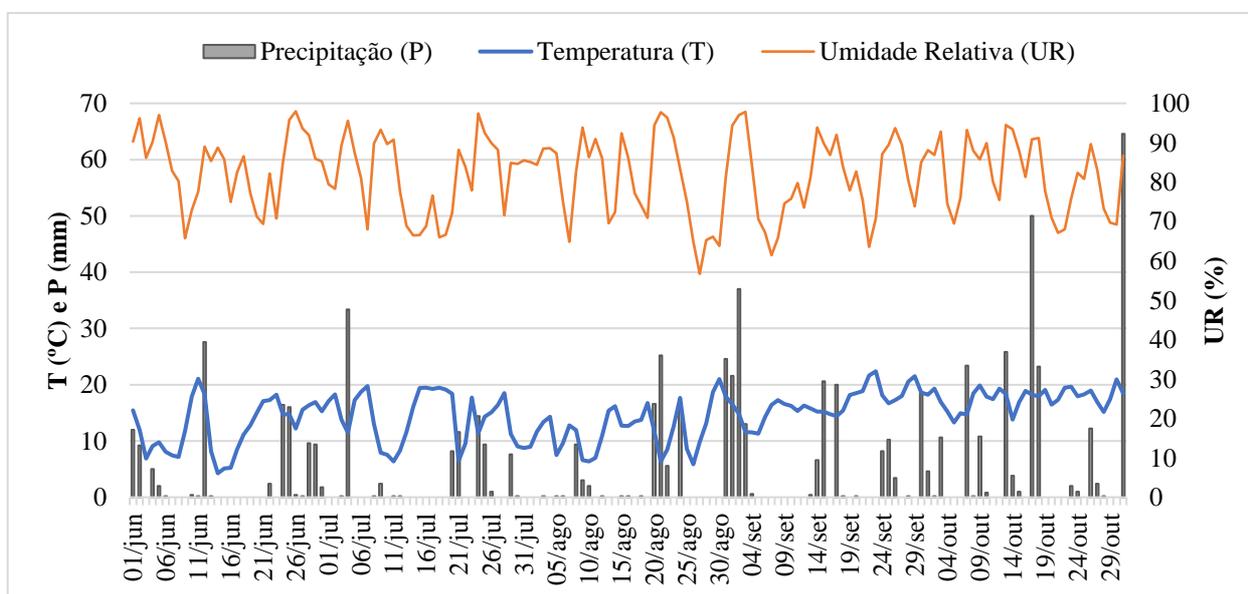


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal (mm), temperatura média e umidade relativa ocorridas de junho a outubro de 2018, no período de realização do experimento. UFFS, Campus Erechim/RS.

Figure 1. Monthly rainfall (mm), average temperature, and relative humidity from June to October 2018, during the experimental period. UFFS, Campus Erechim/RS.

Aos 15 dias antes da semeadura da canola dessecou-se a área com o herbicida glyphosate (1.440 g ha⁻¹). Cada unidade experimental (parcela) foi composta por área de 15,0 m² (3 x 5), sendo a semeadura realizada em 6 linhas, com 5 m de comprimento e espaçadas a 0,50 m. A densidade de semeadura dos híbridos de canola foi de 50 plantas m⁻², ou aproximadamente 2,0 kg ha⁻¹ de sementes. Como adubação de cobertura foi utilizado 350 kg ha⁻¹ de fertilizante da formulação 05-20-20 (N-P-K) no momento da semeadura da canola.

Quando a canola estava no estágio B4 (quatro folhas verdadeiras desenroladas) efetuou-se aplicação nitrogenada em cobertura de 150 kg ha⁻¹, na forma de ureia, de acordo com a análise química do solo e com a expectativa de rendimento da cultura. Todas as demais práticas de manejo utilizadas foram às recomendadas pela pesquisa para a cultura da canola (TOMM et al. 2009).

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, sendo os tratamentos constituídos por cinco híbridos de canola e 12 densidades de azevém, (*Lolium multiflorum*), com uma repetição. No presente trabalho as diferentes densidades de azevém serviram como repetições, proporcionando a variância necessária para as análises estatísticas pelo modelo não-linear da hipérbole retangular proposto por COUSENS (1985). Há na literatura outros trabalhos similares ao presente que utilizaram essa mesma metodologia, com uma repetição (AGOSTINETTO et al. 2010, TAVARES et al. 2019, BRANDLER et al. 2021). Os híbridos de canola usados foram: Hyola 433 (H1 – ciclo precoce), Hyola 61 (H2 – ciclo médio), Alht B4 (H3 – ciclo precoce), Hyola 575 CL (H4 – ciclo precoce) e Hyola 76 (H5 – ciclo tardio), sendo esses selecionados para o presente estudo em virtude das diferenças genéticas que apresentam e também por serem os mais cultivados, na atualidade, pelos produtores brasileiros dessa cultura.

Os híbridos de canola foram submetidos a convivência com distintas densidades de azevém (plantas m⁻²): H1 *versus* 0, 2, 4, 8, 46, 50, 66, 70, 92, 114, 144 e 204 plantas m⁻²; H2 *versus* 0, 4, 6, 8, 14, 24, 42, 60, 60, 84, 88 e 116 plantas m⁻²; H3 *versus* 0, 6, 6, 8, 14, 20, 26, 30, 34, 52, 86 e 256 plantas m⁻²; H4 *versus* 0, 10, 16, 18, 22, 24, 24, 50, 50, 56, 200 e 208 plantas m⁻² e H5 *versus* 0, 2, 6, 8, 14, 20, 24, 30, 58, 108, 216 e 260 plantas m⁻².

Em razão do azevém ser proveniente do banco de sementes do solo, o estabelecimento das densidades foi variado, pois fatores como infestação, dormência, vigor, umidade, entre outros, impedem que se estabeleça o mesmo número de plantas por área (unidade experimental). As densidades da planta daninha foram estabelecidas a partir do banco de sementes do solo, pela aplicação do herbicida clethodim (108 g ha⁻¹ de ingrediente ativo) + óleo mineral (0,5% v/v), quando a cultura se encontrava no estágio B3 (três folhas verdadeiras desenroladas) e a planta daninha no estágio de duas folhas a um perfilho. A época foi escolhida em razão de ser a mais adequada para a aplicação de herbicidas em pós-emergência na cultura da canola. As plantas de azevém objeto de estudo foram protegidas com copos e baldes plásticos, para que não sofressem injúrias do herbicida. As demais plantas daninhas presentes na área foram controladas por meio de capinas, sempre que necessário.

A quantificação da densidade das plantas (DP), área foliar (AF), cobertura do solo (CS) ou massa seca da parte aérea (MS) do azevém foram realizadas aos 50 dias após a emergência (DAE) da cultura, quando a canola encontrava-se em estágio B6 (seis folhas verdadeiras desenroladas). Para determinação da variável DP, foram realizadas contagens das plantas presentes em dois quadros de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m) por parcela. A CS por plantas de azevém foi avaliada visualmente em cada unidade experimental, de modo individual por dois avaliadores, utilizando-se escala percentual, na qual a nota zero corresponde à ausência de CS e a nota 100 representa cobertura total do solo (AGOSTINETTO et al. 2010). A quantificação da AF da planta competidora foi efetuada com um integrador eletrônico de AF portátil, modelo CI-203, marca CID Bio-Science, mensurando-se todas as plantas em uma área de 0,25 m² por parcela. Posteriormente, a determinação da AF as plantas foram colocadas em sacos de papel *kraft* e postas para secarem em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60±5°C, até atingir massa constante para determinação da MS das plantas do azevém (g m⁻²).

A quantificação da produtividade de grãos da canola foi obtida pela colheita das plantas em área útil de 6 m² de cada unidade experimental, quando o teor de umidade dos grãos atingiu aproximadamente 18%. Após a pesagem dos grãos, foi determinada a umidade e, posteriormente, as massas foram uniformizadas para 10% de umidade. Com os dados da produtividade de grãos, foram calculadas as perdas percentuais em relação às parcelas mantidas sem infestação (testemunhas), de acordo com a Equação 1:

$$Perda (\%) = \left(\frac{Ra - Rb}{Ra} \right) \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

onde: *Ra* e *Rb*: produtividade da cultura sem ou com presença da planta competidora, azevém, respectivamente. Anteriormente à análise dos dados, os valores da AF (cm²), CS (%) ou MS (g m⁻²) foram multiplicados por 100, dispensando-se assim o uso do fator de correção no modelo (AGOSTINETTO et al. 2010).

As relações entre perdas percentuais de produtividade da canola em função das variáveis explicativas (DP, AF, CS ou MS) foram calculadas separadamente para cada híbrido, utilizando-se o modelo de regressão não linear derivada da hipérbole retangular, proposta por COUSENS (1985), conforme a Equação

2:

$$Pp = \frac{(i * X)}{(1 + (\frac{i}{a}) * X)} \quad \text{Eq. 2}$$

onde: Pp = perda de produtividade (%); X = DP, AF, CS ou MS do azevém; *i* e *a* = perdas de produtividade (%) por unidade de plantas de azevém (DP, AF CS ou MS) quando o valor da variável se aproxima de zero e quando tende ao infinito, respectivamente. Para o procedimento de cálculos, foi utilizado o método de Gauss-Newton, o qual, por sucessivas iterações, estima os valores dos parâmetros, nos quais a soma dos quadrados dos desvios das observações, em relação aos valores ajustados, seja mínima (AGOSTINETTO et al. 2010). O valor da estatística F ($p \leq 0,05$) foi utilizado como critério de análise dos dados ao modelo. O critério de aceitação do ajuste dos dados ao modelo baseou-se no maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e no menor valor do quadrado médio do resíduo (QMR).

Para o cálculo do nível de dano econômico (NDE) foi utilizado as estimativas do parâmetro *i* obtidas a partir da Equação 2 (COUSENS 1985), e a Equação adaptada de LINDQUIST & KROPFF (1996) – Equação 3:

$$NDE = \frac{(Cc)}{(R * P * (\frac{i}{100}) * (\frac{H}{100}))} \quad \text{Eq. 3}$$

onde: NDE = nível de dano econômico (plantas m^{-2}); Cc = custo do controle (herbicida e aplicação terrestre tratorizada, em dólares ha^{-1}); P = produtividade de grãos da canola ($kg\ ha^{-1}$); P = preço da canola (dólares kg^{-1} de grãos); *i* = perda (%) de produtividade da canola por unidade de planta competidora quando a densidade se aproxima de zero e H = nível de eficiência do herbicida (%). Para simulação dos dados considerou-se a aplicação do herbicida clethodim ($108\ g\ ha^{-1}$ de i.a), como Poquer® ($0,45\ L\ ha^{-1}$ de P.C) + óleo mineral Dash® - 0,5% v/v), por esse ser registrado para o controle de plantas daninhas em canola.

Para as variáveis Cc, R, P e H (Equação 3) foram estimados três valores ocorrentes nos últimos 10 anos. Assim, para o custo de controle (Cc), considerou-se o preço médio, sendo o custo máximo e mínimo alterados em 25%, em relação ao custo médio (US\$ 21,00). A produtividade da canola (R) foi baseada na menor, média ($1271\ kg\ ha^{-1}$) e maiores obtidas no Rio Grande do Sul, nos últimos 10 anos (CONAB 2022). O preço do produto (P) foi estimado a partir do menor, médio (US\$ 16,40) e maior preço da canola por saca de 60 kg, nos últimos 10 anos (CEPEA 2022). Os valores para a eficiência do herbicida (H) foram estabelecidos na ordem de 80, 90 e 100% de controle, sendo 80% o controle mínimo considerado eficiente para o controle da planta daninha, de acordo com o proposto por VELINI et al. (1995). Para as simulações de NDE foram utilizados os valores intermediários para as variáveis que não estavam sendo objeto de cálculo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da estatística F foram significativos para as variáveis explicativas densidade de plantas (DP), área foliar (AF), cobertura de solo (CS), e massa seca de parte aérea (MS) dos híbridos de canola (Figuras 2, 3, 4 e 5). Os resultados demonstram que todos os híbridos ajustaram-se adequadamente ao modelo da hipérbole retangular, com valores de R^2 superiores a 0,58 e baixo QMR. De acordo com CARGNELUTTI FILHO & STORCK (2007) ao trabalharem com variação genética, efeito de cultivares e a herdabilidade de híbridos de milho, consideraram como moderados a bom os valores de R^2 entre 0,57 a 0,66, o que corrobora, em parte com os resultados encontrados no presente estudo. Ao testarem diferentes híbridos de canola em competição com nabo, BRANDLER et al. (2021), observaram valores de R^2 superior a 0,62, valores esses próximos aos constatados na presente pesquisa.

O parâmetro *i* é considerado um índice para comparar a competitividade relativa entre as espécies, sendo que, quanto menores os valores desse mais competitiva é a cultura (AGOSTINETTO et al. 2010, TAVARES et al. 2019). Na comparação da competitividade dos híbridos em estudo observou-se na média para todas as variáveis explicativas (DP, CS, AF e MS) que a Hyola 575 CL destaca-se por apresentar os menores valores de *i*, sendo o mais competitivo, seguido de Hyola 433 e Hyola 76 (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Os híbridos de canola Hyola 433, Hyola 50, Hyola 76, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond em competição com o nabo também demonstraram diferenças na habilidade competitiva na presença da planta daninha, levando-se em conta o parâmetro *i*, sendo a Hyola 575 CL um dos que se destacaram (BRANDLER et al. (2021), o que se assemelha-se aos resultados observados no presente trabalho.

As diferenças observadas em termos de competitividade dos híbridos de canola na presença de plantas daninhas, azevém (presente estudo) ou de nabo (BRANDLER et al. 2021) devem-se em virtude das

diferenciações genéticas que esses apresentam, o que os torna distintos na estatura e arquitetura de plantas, área e índice foliares, volume radicular, velocidade de crescimento e desenvolvimento, dentre outros. LEMERLE et al. (2017) também observaram a ocorrência de diferenciação na competição de híbridos de canola ao serem infestados por plantas daninhas.

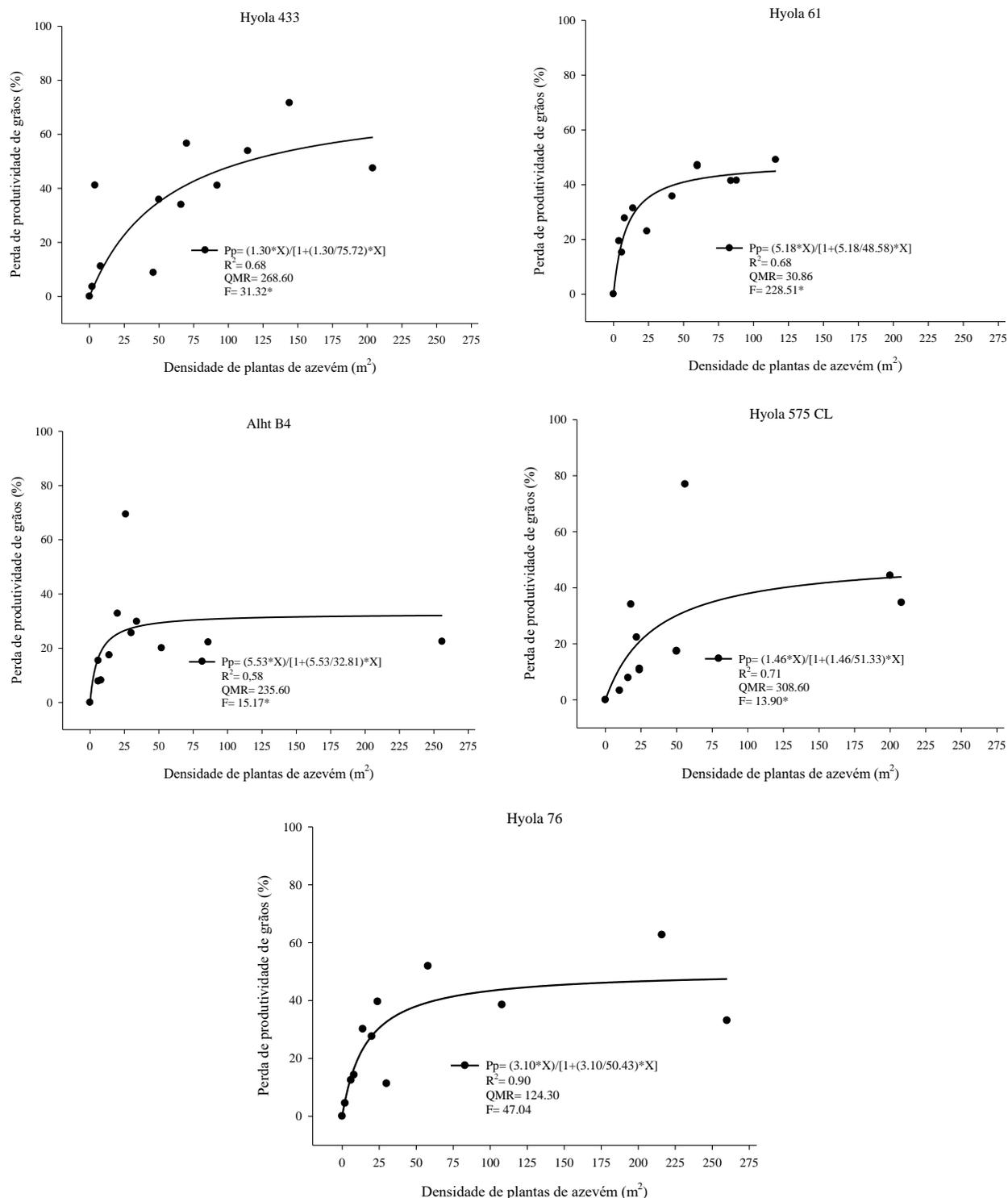


Figura 2. Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da densidade de plantas de azevém (m^2) aos 50 dias após a emergência. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; *Significativo a $p \leq 0,05$. UFFS, Erechim/RS, 2018.

Figure 2. Yield loss (YL) of canola hybrids as a function of ryegrass plant density (m^2) 50 days after emergence. R^2 = Coefficient of determination; QMR: residue mean square; *Significant at $p \leq 0.05$. UFFS, Erechim/RS, 2018.

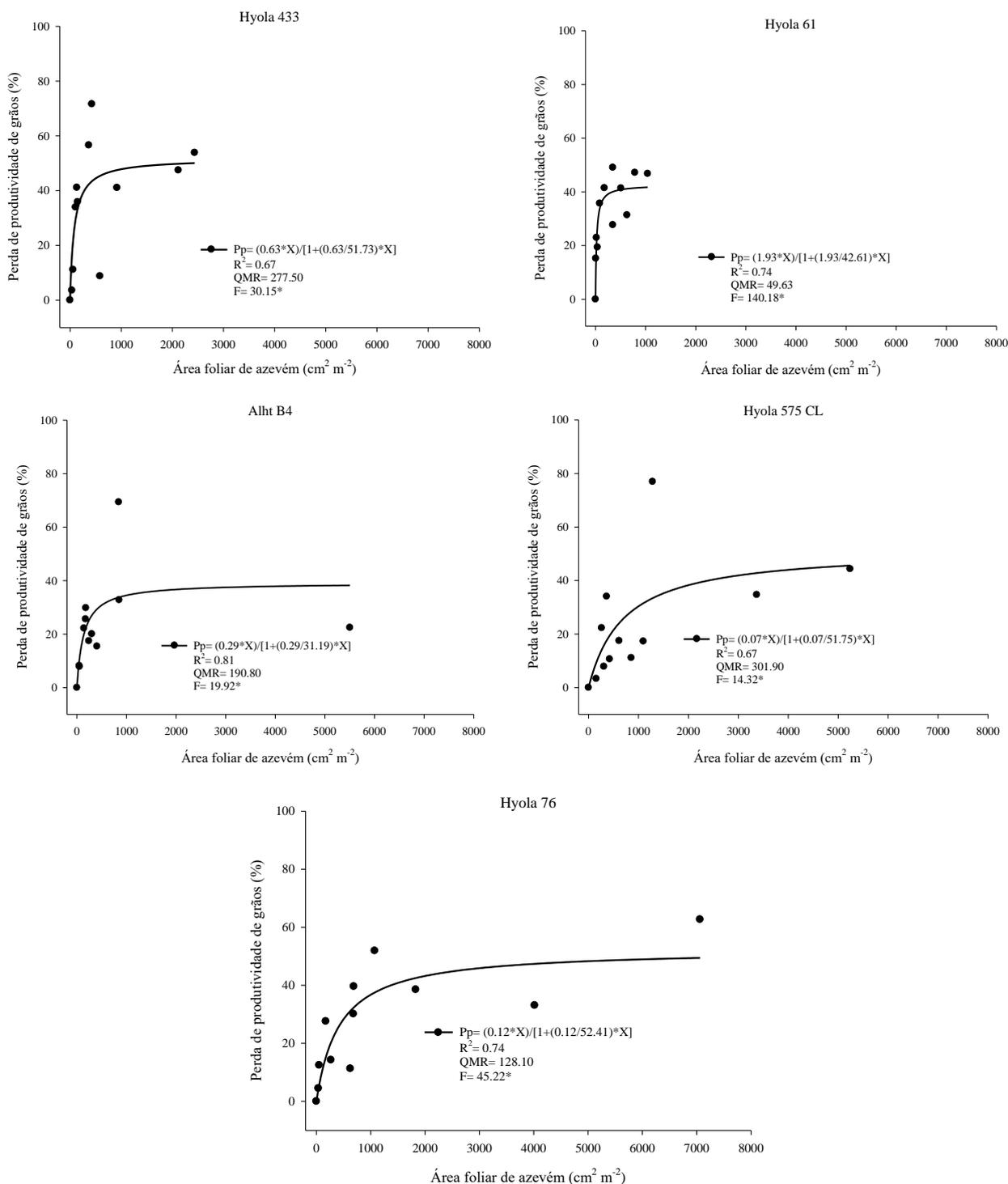


Figura 3. Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da área foliar (cm² m⁻²) de azevém aos 50 dias após a emergência. R² = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; *Significativo a p≤0,05. UFFS, Erechim/RS, 2018.

Figure 3. Yield loss (YL) of canola hybrids as a function of ryegrass leaf area (cm² m⁻²) 50 days after emergence. R² = Coefficient of determination; QMR: residue mean square; *Significant at p≤0.05. UFFS, Erechim/RS, 2018.

Ao se comparar os híbridos de canola, Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76 para a variável DP, com base na perda unitária (j), observaram-se perdas de produtividades de 1,30; 5,18; 5,53; 1,46 e 3,10%, respectivamente (Figura 2). Este fato pode ser explicado pelas diferenças nas características genéticas e/ou atreladas ao ciclo de desenvolvimento de cada híbrido (WORTHINGTON & REBERG-HORTON 2013, LEMERLE et al. 2017). A competição imposta pelo material genético torna-se potenciais estratégias para o manejo integrado de plantas daninhas nos atuais programas de controle (JHA et al. 2017, BRANDLER et al. 2021) e desse modo há possibilidade da redução inclusive do uso de herbicidas,

diminuindo assim a contaminação ambiental, do homem, do alimento produzido e também os custos de produção.

Os resultados demonstram que quando a densidade de azevém foi de 50 plantas m^{-2} ocorreu perda de produtividade dos grãos dos híbridos de canola superior a 30% (Figura 2). Sabendo-se que é comum encontrar em lavouras de inverno densidades de azevém superiores a 40 plantas m^{-2} , torna-se importante o manejo dessa espécie pela elevada habilidade competitiva que apresenta ao infestar a cultura da canola. BRANDLER et al. (2021) observaram perdas próximas de 100% da produtividade dos híbridos de canola Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76 ao competirem com densidade de 400 plantas m^{-2} de nabo. Percebe-se assim que há diferenças na competição entre as espécies de plantas daninhas infestantes da canola e também de acordo com a densidade de plantas que o competidor aparece nas lavouras. A competição da cultura com a planta daninha afeta quantitativa e qualitativamente a produção de canola, pois as plantas daninhas modificam a eficiência da cultura em aproveitar os recursos disponíveis no ambiente, como água, luz, CO_2 e nutrientes (BECKIE et al. 2008, KAUR et al. 2018, LEMERLE et al. 2017).

Observou-se perda de 85,49% da produtividade de grãos do híbrido Hyola 61 ao se comparar os resultados médios do parâmetro *i* desse híbrido com os demais para a variável AF (Figura 3). Os híbridos Hyola 433, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76 foram os que apresentaram as menores perdas de produtividade (0,63; 0,29; 0,07 e 0,12%) ao se comparar com o Hyola 61, levando-se em conta a AF. Pode-se assim inferir que o grau de competição da planta daninha em relação à canola é influenciado pela AF, ou seja, quanto mais AF apresentar a planta daninha, mais competitiva a mesma vai ser em relação a cultura. Conforme o aumento da proporção de plantas e da AF de azevém, a habilidade competitiva da planta daninha torna-se maior que a cultura da canola (GALON et al. 2015), do trigo (TAVARES et al. 2019) e da cevada (GALON et al. 2021). Desse modo, percebe-se a alta competitividade do azevém ao infestar as culturas semeadas no inverno, canola, cevada, trigo, dentre outras.

Os resultados para perda de produtividade dos híbridos de canola, em relação ao percentual de CS, demonstram semelhança ao observado em relação DP. Ocorreu perda média de produtividade de grãos superior a 65% ao se comparar uma CS de 10 contra 30%, para os cinco híbridos de canola (Figura 4). Assim sendo percebe-se que o aumento da CS pelo azevém proporciona incremento das perdas de produtividade da cultura. O azevém destaca-se como uma planta daninha muito competitiva quando infesta as culturas agrícolas semeadas no inverno no Sul do Brasil, conforme constatado também por MARIANI et al. (2016), PIES et al. (2019), TAVARES et al. (2019), GALON et al. (2021).

O azevém se desenvolveu com a cultura da canola e por ser uma planta daninha muito competitiva apresentou maior crescimento e conseqüentemente maior CS ocasionado aos híbridos de canola redução da produtividade de grãos (Figura 4). O azevém tem uma grande capacidade de perfilhar e aumentar sua cobertura e biomassa causando maior sombreamento quando infestante das culturas. Esse fato foi observado também por GALON et al. (2015) ao constatarem que o azevém causou redução na produção de AF e MS de diferentes híbridos de canola, o que poderá afetar conseqüentemente a produtividade e a qualidade do produto colhido.

Ao acumular 15 g m^{-2} de MS o azevém ocasionou reduções da produtividade da canola de 10,5; 13,6; 8,3; 1,7 e 4,0%, respectivamente, para os híbridos Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575CL e Hyola 76 (Figura 5).

Considerando que o azevém é uma das principais plantas daninhas infestantes da canola e de difícil controle com uso de herbicidas, pela escassez de produtos registrados para essa cultura (AGROFIT 2023), ou mesmo pelo fato dessa planta daninha demonstrar resistência aos herbicidas inibidores das enzimas ALS (AcetoLactato Sintase), ACCase (Acetil Coenzima A Carboxilase) e EPSPs (Enol-Piruvil Shiquimato Fosfato Sintase) (HEAP 2023) mais utilizado para o controle químico.

Os resultados para perda de produtividade dos híbridos de canola, em relação ao percentual de CS e de MS, demonstram semelhança ao observado em relação a DP, tendo-se os híbridos Hyola 61 e Alht B4 como os menos competitivos e os que apresentaram as maiores perdas de produtividades. O aumento da AF, CS e da MS do azevém está diretamente relacionada com a DP, explicando-se assim a semelhança nas perdas de produtividade entre as variáveis avaliadas (Figuras 2, 3, 4 e 5). Entre os fatores atrelados a essa interferência imposta pelas plantas daninhas estão a competição por água, luz e nutrientes, liberação de substâncias alelopáticas, dentre outros (JHA et al. 2017). Pode-se assim inferir que a capacidade dos híbridos em competir com o azevém é influenciado pela AF da planta daninha, conforme constatado também por BRANDLER et al. (2021) ao avaliarem a competição da canola quando infestada por nabo. O azevém exerceu competição e causou redução na AF e da MS da canola com o incremento da densidade da planta daninha ao infestar essa cultura (GALON et al. 2015).

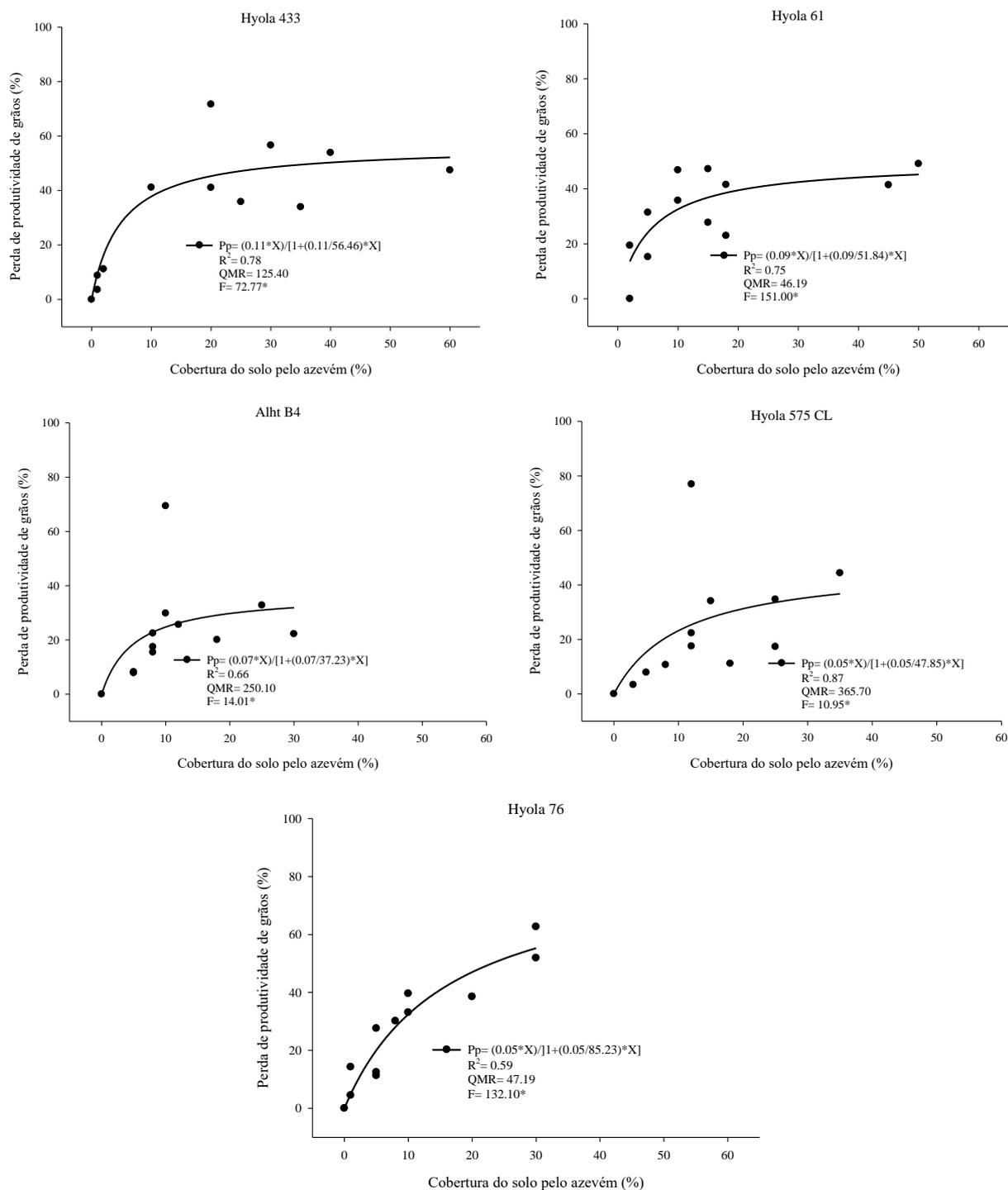


Figura 4. Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da cobertura do solo (%) de azevém aos 50 dias após a emergência. R^2 = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; *Significativo a $p \leq 0,05$. UFFS, Erechim/RS, 2018.

Figure 4. Yield loss (YL) of canola hybrids as a function of soil cover (%) of ryegrass 50 days after emergence. R^2 = Coefficient of determination; QMR: residue mean square; *Significant at $p \leq 0.05$. UFFS, Erechim/RS, 2018.

A comparação entre os híbridos, considerando o parâmetro i , na média das quatro variáveis explicativas (DP, CS, AF ou MS), demonstrou que a ordem de colocação, de modo geral, em relação a competitividade foi: Hyola 575 CL > Hyola 433 > Hyola 76 > Alht B4 > Hyola 61. BRANDLER et al. (2021) ao avaliarem a competição de híbridos de canola ao serem infestados por nabo também observaram diferenças entre os materiais na presença da planta daninha, o que se assemelha aos resultados do presente estudo.

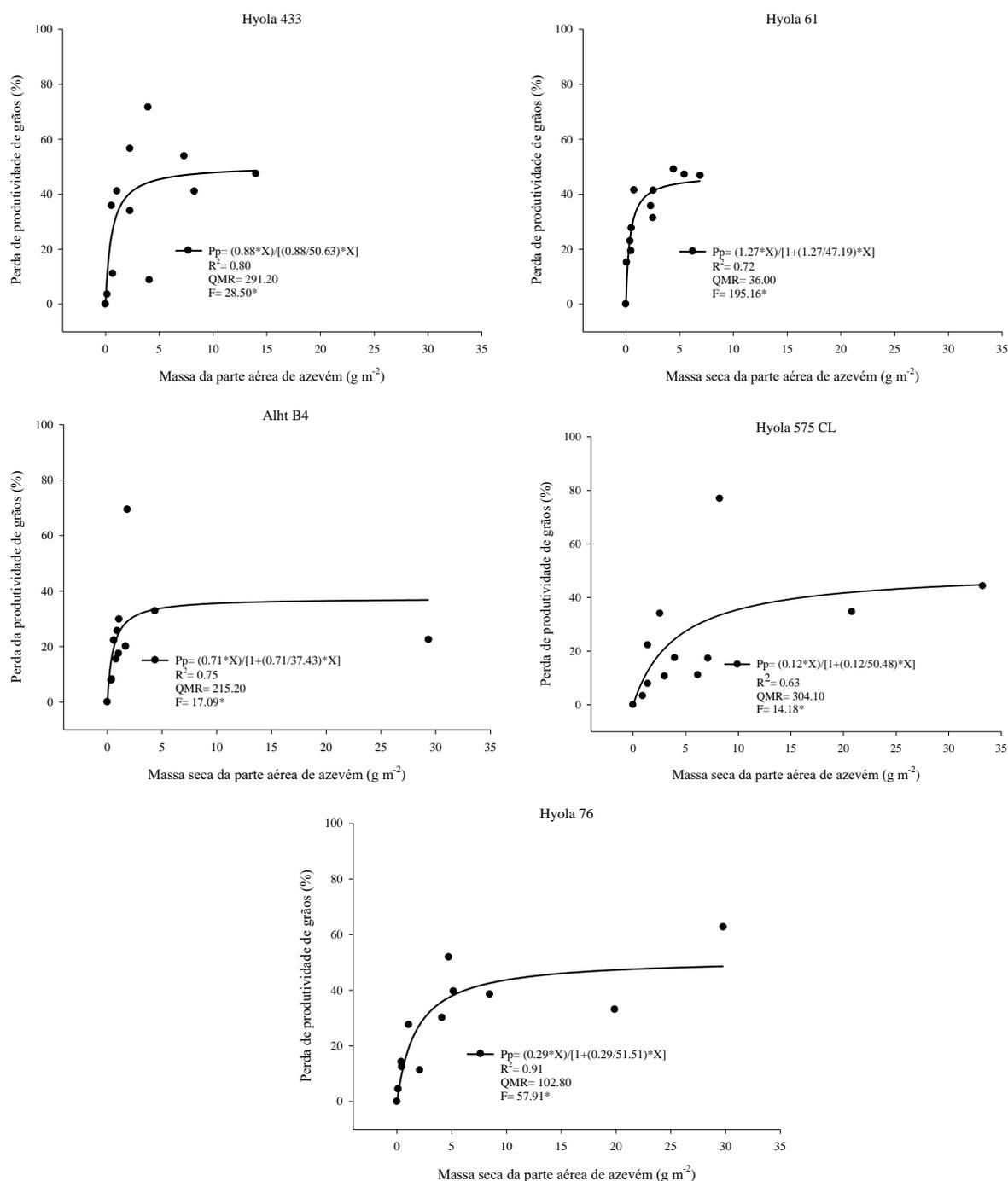


Figura 5. Perda de produtividade (Pp) de híbridos de canola em função da massa seca da parte aérea (g m⁻²) de azevém aos 50 dias após a emergência. R² = Coeficiente de determinação; QMR: quadrado médio do resíduo; *Significativo a $p \leq 0,05$. UFFS, Erechim/RS, 2018.

Figure 5. Yield loss (YL) of canola hybrids as a function of shoot dry mass (g m⁻²) of ryegrass 50 days after emergence. R² = Coefficient of determination; QMR: residue mean square; *Significant at $p \leq 0.05$. UFFS, Erechim/RS, 2018.

A distinção observada entre os resultados dos híbridos podem ser atribuídas ao conjunto de características morfofisiológicas inerentes às diferenças que existem entre as cultivares de uma mesma espécie (WORTHINGTON & REBERG-HORTON 2013, DURIGON et al. 2019), ao melhor aproveitamento dos recursos disponíveis no meio (luz, água e nutrientes) e algumas práticas de manejo como; correção da fertilidade do solo, sistemas de cultivo adotado, espaçamento entre linhas, densidade de semeadura, controle de pragas, dentre outros (LEMERLE et al. 2017, BRANDLER et al. 2021).

BECKIE et al. (2008) também relatam haver diferenças entre cultivares de polinização aberta e híbridos de canola na presença das plantas daninhas, cevada voluntária (*Hordeum vulgare*), aveia (*Avena fatua*), rabo-de-raposa (*Setaria viridis*), caruru (*Amaranthus retroflexus*) e mostarda-selvagem (*Sinapis*

arvensis), sendo que os genótipos que apresentaram elevada estatura, rápida emergência e maior acúmulo de biomassa na parte aérea demonstraram maior capacidade competitiva na presença dos competidores.

A competição entre híbridos de canola (Hyola 61, Hyola 76, Hyola 433 e Hyola 571 CL) na presença de nabo e/ou azevém, foi prejudicada, independentemente da proporção de plantas presentes no ambiente de estudo, e em todos os casos causou redução na AF e na MS da espécie (GALON et al. 2015). BRANDLER et al. (2021) ao estudarem o efeito do nabo sobre os híbridos de canola (Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond) levando-se em conta o acúmulo de MS, também constataram comportamento distinto e relacionaram o fato com as características intrínsecas que os mesmos demonstram. Outros autores também afirmam haver diferenças entre cultivares quando em competição com plantas daninhas, atribuindo esse fato as características como hábito de crescimento, ciclo de desenvolvimento e número de ramos, dentre outras, que afetam a habilidade competitiva da cultura e o que ocasiona diferenciação entre os cultivares envolvidos na competição (BECKIE et al. 2008, LEMERLE et al. 2017, TAVARES et al. 2019, GALON et al. 2022). Segundo os mesmos autores as plantas que venham se estabelecer primeiro em uma determinada comunidade são teoricamente favorecidas no processo de competição, ou também por apresentarem características diferenciadas como maior estatura, índice de área foliar, produzir mais massa verde ou seca, possuir um sistema radicular mais volumoso, dentre outras, na qual uma determinada cultivar ou híbrido demonstrará maior habilidade competitiva.

Destaca-se que os híbridos Hyola 433, Hyola 575 CL e Hyola 76 apresentaram as menores perdas de produtividade na média do parâmetro *i* avaliado nas variáveis DP, AF, CS e MS. No entanto, foram os que demonstram as menores produtividades de grãos (2,52; 1,96 e 1,85 t ha⁻¹, respectivamente) se comparados aos demais. Os híbridos apresentam potenciais produtivos distintos, sendo assim, nesse estudo observou-se que os materiais menos produtivos apresentam maior capacidade de competir com o azevém, muito possivelmente pela menor necessidade de alocação dos recursos em outros órgãos da planta e não para as siliquis. A arquitetura foliar e o arranjo de plantas são fatores que influenciam na absorção da radiação solar, e esta na realização da fotossíntese, elementos que apresentam relação direta com o desenvolvimento de órgãos reprodutivos e também para o enchimento e peso de grãos (BRITO et al. 2016).

As estimativas do parâmetro *a*, independentemente da variável explicativa, foram todos inferiores a 100%, demonstrando que foi possível simular adequadamente as perdas máximas de produtividade de grãos da canola com as densidades utilizadas de azevém (Figuras 2, 3, 4 e 5). Ressalta-se ainda que quanto maior for o potencial produtivo das culturas e se as condições de fertilidade do solo, de disponibilidade de água e de luminosidade forem adequadas, tem-se como consequência uma menor perda percentual diária causada por uma determinada espécie de planta daninha (AGOSTINETTO et al. 2010, KAUR et al. 2018).

Os valores médios estimados para o parâmetro *i* tenderam a ser menores para os híbridos Hyola 433, Hyola 575 CL e Hyola 76, apresentando maior competitividade para a variável explicativa DP, CS, AF e MS (Figuras 2, 3, 4 e 5), porém apresentaram os maiores valores médios para o parâmetro *a* (58,64, 50,35 e 59,90, respectivamente). Isto pode estar relacionado ao custo adaptativo de cada híbrido, ou seja, quanto mais competitivo for, maior gasto energético terá e como consequência haverá alterações na alocação dos recursos, neste caso com redução da produtividade (MARIANI et al. 2016).

A comparação entre as variáveis explicativas para todos os híbridos de canola avaliados, em geral, demonstrou melhor ajuste ao modelo para as variáveis CS > MS > AF > DP, considerando os maiores valores médios do R² e do F, e os menores valores médios do QMR (Figuras 2, 3, 4 e 5), evidenciando assim que a CS pode ser usada em substituição às demais variáveis para estimar as perdas de produtividades de grãos da canola.

Para realizar a simulação dos valores de nível de dano econômico – NDE foi utilizado a variável explicativa densidade de plantas (DP) do azevém, em razão desta ser a mais empregada em experimentos com esse objetivo ou mesmo pela precisão que essa demonstra (AGOSTINETTO et al. 2010, BRANDLER et al. 2021).

O êxito na implantação de sistemas de manejo de azevém infestante da cultura da canola pode decorrer da determinação na densidade que excede o NDE. O NDE mais baixo ocasionado pelas densidades de azevém para os híbridos de canola em função da produtividade de grãos, preço da canola, eficiência do herbicida e custo de controle (Figura 6) foram observados para o Alht B4, Hyola 61 e Hyola 76 com valores médios de 1,11; 1,18 e 1,98 plantas m⁻², respectivamente.

Levando-se em conta os mesmos critérios, os maiores NDEs foram alcançados com 4,72 e 4,20 plantas m⁻² de azevém para os híbridos de canola Hyola 433 e Hyola 575 CL, respectivamente. Observou-se que os híbridos Hyola 433 e Hyola 575 CL apresentaram os maiores valores de NDE em todas as

simulações realizadas, tendo variações de 3,85 a 5,13 plantas m^{-2} , respectivamente. Os menores valores de NDE foram obtidos com os genótipos Hyola 61, Alht B4 e Hyola 76 com variações médias de 1,02 à 2,15 plantas m^{-2} , respectivamente. As diferenças observadas em relação ao NDE devem-se, conforme já relatado anteriormente, as distintas características genéticas existentes entre as cultivares testadas, conforme relatado para trigo (TAVARES et al. 2019), canola (BRANDLER et al. (2021) e cevada (GALON et al. 2022) quando infestadas por nabo.

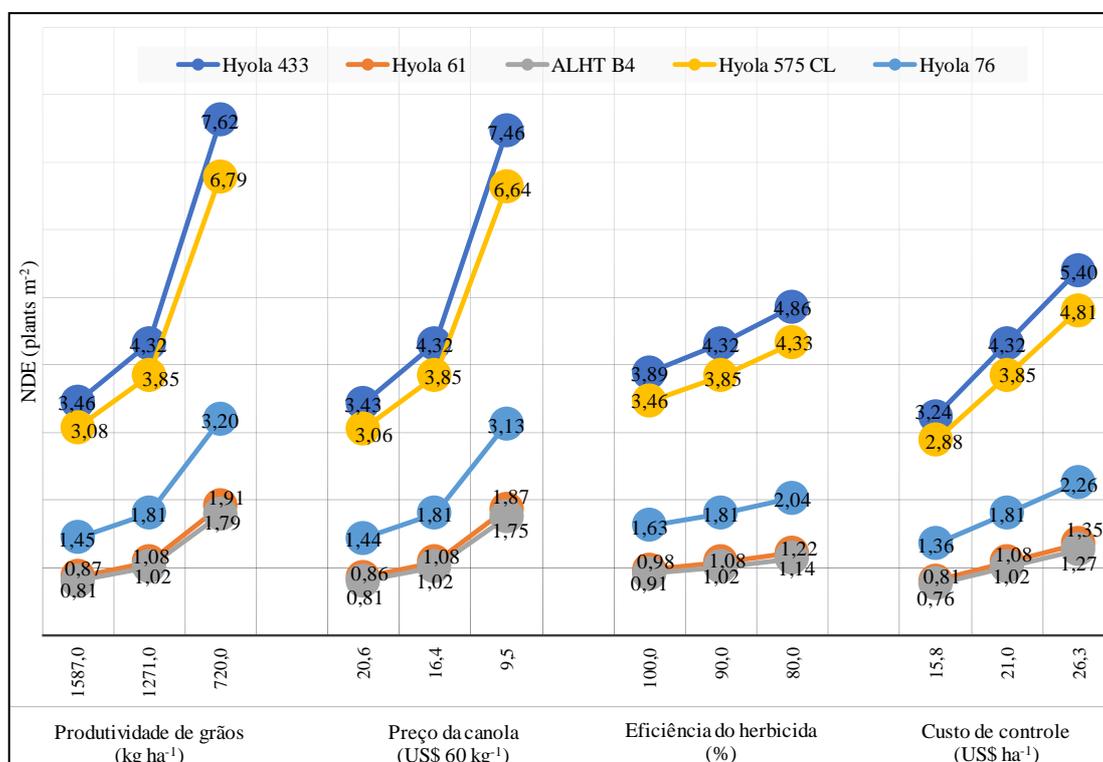


Figura 6. Nível de dano econômico (NDE) de densidades de azevém em híbridos de canola em função da produtividade, preço, eficiência do herbicida e custo de controle.

Figure 6. Economic threshold level (ETL) of ryegrass densities in canola hybrids as a function of productivity, price, herbicide efficiency and control cost.

A produtividade de grãos, o custo de controle, o preço pago à saca da canola e a eficiência do herbicida influenciaram no NDE do azevém sobre a cultura. Quando os híbridos de canola diminuíram a produtividade de grãos em 867 kg ha^{-1} (1587 à 720 kg ha^{-1}) a densidade de azevém necessária para atingir o NDE foi incrementada em 54,69% para os híbridos Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76 (Figura 6). Assim sendo, destaca-se que o aumento da expectativa de produtividade da cultura poderá ser menos influenciada pela competição das plantas daninhas, fato esse também relatado por TAVARES et al. (2019) ao avaliarem cultivares de trigo na presença de nabo. Ao se aumentar o custo de controle em US\$ 10,50; de US\$ 15,80 para US\$ 26,30 a densidade de azevém necessária para atingir o NDE foi incrementada em mais de 40%, para todos os híbridos de canola avaliados. A redução no preço da saca de grão da canola em US\$ 11,10 (US\$ 20,60 à US\$ 9,50) foi necessário o incremento na densidade do azevém para atingir o NDE de 53,96%, para os híbridos de canola Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76. Outros autores também relataram que a redução no valor pago pela saca de grãos de trigo (TAVARES et al. 2019), da canola (BRANDLER et al. 2021) ou de cevada (GALON et al. 2022) incrementou a densidade de nabo necessária para se atingir o NDE da planta daninha sobre as culturas, assemelhando-se assim aos dados do presente estudo.

Com a redução da eficiência do herbicida em 20%, ou seja, passando de 100% para 80%, a densidade de azevém necessária para atingir o NDE foi incrementada em aproximadamente 20,22% levando-se em conta os híbridos de canola Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76 (Figura 6). De forma similar ao presente estudo, TAVARES et al. (2019) e BRANDLER et al. (2021) também constaram um incremento de 20% da densidade de nabo para se atingir o NDE em cultivares de trigo e híbridos de canola.

As oscilações entre a maior e a menor produtividade de grãos, preço da saca (60 kg), eficiência do

herbicida e custo de controle, influenciou na média dos híbridos de canola (Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76) ocorrendo variações de cerca de 45, 46, 80 e 57%. Ao se considerar os dados médios das variáveis de produtividade de grãos, preço da saca da canola, eficiência do herbicida e custo de controle (Figura 6), para os híbridos Hyola 433, Hyola 61, Alht B4, Hyola 575 CL e Hyola 76 ocorreu uma variação média do NDE de cerca de 55%. Resultados esses que assemelham-se aos encontrados por TAVARES et al. (2019), BRANDLER et al. (2021) e GALON et al. (2022) ao trabalharem com trigo, canola e cevada infestados por nabo, respectivamente.

Observou-se que os híbridos, Hyola 433, Hyola 575 CL e Hyola 76 apresentaram os maiores valores de NDE em todas as simulações realizadas, tendo variações de 1,36 a 7,62 plantas m^{-2} (Figuras 6). Os menores valores de NDE foram obtidos com os híbridos Hyola 61 e Alht B4, com variações de 0,76 a 1,91 plantas m^{-2} . As diferenças observadas em relação ao NDE devem-se, conforme já relatado anteriormente, as distintas características genéticas existentes entre os híbridos estudados, conforme também encontrado por BRANDLER et al. (2021) ao estudarem a canola sendo infestada por nabo.

Os híbridos Hyola 433, Hyola 575 CL e Hyola 76 apresentaram os melhores resultados para o cálculo do NDE levando-se em conta a produtividade de grãos (Figura 6), ou seja, esses podem conviver com um número mais elevado de plantas de azevém quando comparado aos demais (Hyola 61 e Alht B4). Observou-se assim que quanto maior for o potencial produtivo da cultura, menor será a densidade de plantas necessária para ultrapassar os valores de NDE. De modo similar, BRANDLER et al. (2021) relatam que quanto maior o potencial produtivo dos híbridos de canola Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond menor são os valores de NDE quando em convivência com o nabo.

Na média de todos os híbridos e comparando-se a menor com a maior produtividade de grãos, observou-se diferença no NDE na ordem de 45,36% (Figura 6). Desse modo, quanto mais elevado for o potencial produtivo dos híbridos de canola, menor será a densidade de plantas de azevém necessária para superar o NDE, tornando compensatória adoção de medidas de controle da planta daninha. O NDE de nabo infestante de híbridos de canola elevou-se à medida que ocorreu redução do preço da cultura, incrementando o custo do controle e o aumento do preço da canola, reduzindo assim o impacto do custo de controle dessa planta daninha, tendo-se maior retorno econômico (BRANDLER et al. 2021).

O resultado médio dos híbridos Hyola 433, Hyola 575 CL e Hyola 76 Hyola 61, Alht B4 e Hyola 76 ao se comparar o maior contra o menor preço pago por saca de canola foi verificado variação de 2,2 vezes no valor do NDE (Figura 6). Portanto, quanto menor for o preço pago a saca de canola, maior será a densidade necessária de azevém para ultrapassar o NDE e assim compensar o método de controle. Ao avaliarem os híbridos de canola Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond em competição com o nabo BRANDLER et al. (2021) observaram variação de 1,87 vezes ao compararem o maior contra o menor valor pago a saca de canola.

Em relação ao custo de controle do azevém em todos os híbridos, observou-se que foi de aproximadamente 40% menor o custo mínimo ao se comparar com o custo máximo (Figura 6). Assim, quanto maior for o custo do método de controle, maiores são os NDE e mais plantas de azevém m^{-2} são necessárias para justificar medidas de controle. BRANDLER et al. (2021) também encontraram diferenças de 40% ao compararem os custos máximos com os mínimos para nabo ao infestar os híbridos de canola Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond.

Em relação à eficiência do método químico de controle com uso de herbicida, observou-se que a eficiência média (90%) ao se comparar com a menor (80%) ou a maior (100%) tem-se alterações do NDE de aproximadamente 10,9 e 10%, respectivamente (Figura 6). Desse modo, o nível de controle influencia o NDE, e, quanto mais elevada a eficiência do herbicida, menor o NDE (menor número de plantas de azevém m^{-2} necessárias para adotar medidas de controle). Ocorreu diferenciação de 11,37 e 10,81% ao se comparar a eficiência do herbicida de 90% contra 80% e 100%, respectivamente para os híbridos de canola Hyola 50, Hyola 76, Hyola 433, Hyola 571 CL, Hyola 575 CL e Diamond na presença do nabo (BRANDLER et al. 2021), o que se assemelha aos resultados ocorrentes no presente estudo.

Os NDEs variaram de acordo com os cinco híbridos de canola testados, com maiores valores para Hyola 433 > Hyola 575 CL > Hyola 76 > Hyola 61 > Alht B4 (Figura 6). Ao pesquisarem a competição de nabo sobre cultivares de trigo (TAVARES et al. 2019), híbridos de canola (BRANDLER et al. (2021) e cultivares de cevada (GALON et al. 2022) foi constatado comportamento distinto para o NDE, sendo isso relacionado com as características intrínsecas que os genótipos demonstram entre si na presença da planta daninha, corroborando com o encontrado no presente estudo. Alguns estudos têm relatado evidências de que híbridos de canola demonstraram comportamento particularizado quanto a variáveis morfológicas e de produtividade ao competirem com plantas daninhas (DURIGON et al. 2019, FRANZ et al. 2020, BRANDLER

et al. 2021). Ressalta-se ainda que há diferença entre cultivares das culturas de interesse agrícola em convivência com as plantas daninhas, quanto a possíveis efeitos alelopáticos, espécie, densidade e distribuição na área de cultivo, pelo fator de competição (água, luz e nutrientes) dentre outros (LEMERLE et al. 2017, NICHELATI et al. 2020, SUN et al. 2021).

O uso do NDE como uma ferramenta para o manejo de plantas daninhas deve ser associado com boas práticas agrícolas de manejo em canola, já que sua implantação somente se justifica nas lavouras que utilizem rotação de culturas, arranjo adequado de plantas, uso de híbridos mais competitivos, épocas adequadas de semeadura, correção da fertilidade do solo, dentre outras.

CONCLUSÃO

A variável cobertura do solo apresentou melhor ajuste ao modelo da hipérbole retangular, estimando adequadamente as perdas de produtividades de grãos da canola pela interferência do azevém.

Os híbridos de canola Hyola 575 CL, Hyola 433 e Hyola 76 foram os mais competitivos ao se comparar com os demais (Hyola 61 e Alht B4) na presença do competidor.

Os maiores valores de nível de dano econômico foram observados para os híbridos Hyola 433, Hyola 575 CL e Hyola 76 ao variarem de 1,36 a 7,62 plantas m⁻² de azevém.

Os híbridos de canola Hyola 61 e Alht B4 apresentaram os menores níveis de dano econômico com 0,76 a 1,91 plantas m⁻² de azevém.

Os níveis de dano econômico diminuem com o aumento da estimativa da produtividade de grãos, do preço da saca da canola, da eficiência do herbicida e com a redução no custo de controle do azevém, justificando a adoção de medidas de controle em menores densidades da planta daninha.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), pelo auxílio financeiro à pesquisa e pelas concessões de bolsas.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINETTO D et al. 2010. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. *Planta Daninha* 28: 993-1003.
- AGROFIT. 2023. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 07 Jan. 2023.
- BECKIE HJ et al. 2008. Productivity and quality of canola and mustard cultivars under weed competition. *Canadian Journal of Plant Science* 88: 367-372.
- BRANDLER D et al. 2021. Interference and level of economic damage of turnip in canola. *Revista Agrária Acadêmica* 4: 39-56.
- BRITO IPFS et al. 2016. Variation in the sensitivities of hairy beggarticks (*Bidens pilosa*) plants and their progenies to glufosinate ammonium. *Weed Science* 64: 570-578.
- CARGNELUTTI FILHO A & STORCK L. 2007. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 17-24.
- CEPEA. 2022. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Piracicaba: ESALQ/USP. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/soja>. Acesso em: 11 dez. 2022.
- CONAB. 2022. Séries Históricas: feijão. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- COUSENS R. 1985. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. *Journal of Agricultural Science* 105: 513-21.
- CQFS-RS/SC. 2016. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11.ed. Porto Alegre. 376p.
- DURIGON MR et al. 2019. Competitive ability of canola hybrids resistant and susceptible to herbicides. *Planta Daninha* 37: 1-9.
- FRANZ E et al. 2020. Habilidade competitiva de cultivares de canola em competição com o nabo. *Brazilian Journal of Development* 6: 82507-82523.
- GALON L et al. 2015. Competitive ability of canola hybrids with weeds. *Planta Daninha* 33: 413-423.
- GALON L et al. 2021. Controle de plantas daninhas na cultura da canola com diferentes herbicidas. *Weed Control Journal* 1: 02100011.
- GALON L et al. 2022. Weed interference period and economic threshold level in barley. *Journal of Plant Protection Research* 62: 33-48.
- HEAP I. 2023. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Disponível em: <http://www.weedscience.org>. Acesso em: 7 jan. 2023.
- JHA P et al. 2017. Weed management using crop competition in the United States: A review. *Crop Protection* 95: 31-37.

- KAUR S et al. 2018. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. *Crop Protection* 103: 65-72.
- LAMEGO FP et al. 2013. Habilidade competitiva de híbridos de trigo com plantas daninhas. *Planta Daninha* 31: 521-531.
- LEMERLE D et al. 2017. Agronomic interventions for weed management in canola (*Brassica napus* L.) - A review. *Crop Protection* 95: 69-73.
- LINDQUIST JL & KROPFF MJ. 1996. Application of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*) – *Echinochloa* competition. *Weed Science* 44:52-56.
- LOWRY CJ & SMITH RG. 2018. Weed control through crop plant manipulations. In: JABRAN K. & CHAUHAN BS (Eds.). *Non-chemical weed control*. Istanbul: Elsevier. p.73-96.
- MARIANI F et al. 2016. Valor adaptativo e habilidade competitiva de azevém resistente e suscetível ao iodosulfuron em competição com o trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 51: 710-719.
- NICHELATI FD et al. 2020. Interferência de plantas daninhas na cultura da canola (*Brassica napus* L.). *Ciência Agrícola* 18: 39-47.
- PEEL MC et al. 2007. Updated world climate classification. *Hydrology and earth system science* 11: 1633-1644.
- PIES W et al. 2019. Habilidade competitiva de cevada em convivência com densidades de azevém. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 14: 5630.
- SANTOS HG et al. 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed. Brasília: EMBRAPA. 356p.
- SUN C et al. 2021. The adaptive value of flowering time in wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Science* 69: 203-209.
- TAVARES LC et al. 2019. Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat crop. *Planta Daninha* 37: e019178898.
- TOMM GO et al. 2009. Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo. 27p.
- VELINI ED et al. 1995. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: SBPCD. 42p.
- WORTHINGTON M & REBERG-HORTON C. 2013. Breeding cereal crops for enhanced weed suppression: optimizing allelopathy and competitive ability. *Journal of Chemical Ecology* 39: 213-231.