

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA**

FLÁVIA BARRO LAZZARI

**HABILIDADE COMPETITIVA DE CULTIVARES DE CENTEIO INFESTADAS POR
PLANTAS DANINHAS**

ERECHIM

2026

FLÁVIA BARRO LAZZARI

**HABILIDADE COMPETITIVA DE CULTIVARES DE CENTEIO INFESTADAS POR
PLANTAS DANINHAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Agronomia na Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM

2026

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Lazzari, Flávia Barro
HABILIDADE COMPETITIVA DE CULTIVARES DE CENTEIO
INFESTADAS POR PLANTAS DANINHAS / Flávia Barro Lazzari.
-- 2026.
37 f.:il.

Orientador: D. Sc. Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim, RS, 2026.

1. Lolium multiflorum. 2. Raphanus raphanistrum. 3.
interações entre plantas. 4. Interações entre plantas.
I. Galon, Leandro, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

FLÁVIA BARRO LAZZARI

**HABILIDADE COMPETITIVA DE CULTIVARES DE CENTEIO INFESTADAS POR
PLANTAS DANINHAS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de Bacharel em Agronomia na
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em 07/07/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon - UFFS
Orientador

Prof. Dr. Bernardo Berenchtein - UFFS
Avaliador

Me. Rodrigo José Tonin - UFFS
Avaliador

HABILIDADE COMPETITIVA DE CULTIVARES DE CENTEIO INFESTADAS POR PLANTAS DANINHAS

RESUMO

A habilidade competitiva é um componente essencial do manejo integrado, pois expressa a capacidade das culturas de competir eficientemente por recursos com espécies de plantas daninhas. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar a habilidade competitiva das cultivares de centeio BRS Serrano, BRS Progresso e BR1 quando cultivadas em convivência com as plantas daninhas azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo-forrageiro (*Raphanus raphanistrum*), em diferentes proporções de plantas nas associações. As combinações entre a cultura e as plantas daninhas seguiram proporções de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 e 0:100%, ou 20:0, 15:5, 10:10, 5:15 e 0:20 plantas por vaso, definidas em experimentos preliminares (aditivos). Aos 45 dias após a emergência, foram avaliadas as trocas gasosas, a área foliar (AF) e a massa seca da parte aérea (MS) das espécies. A competitividade foi estimada utilizando diagramas de séries de substituição e índices de competitividade relativa. As cultivares de centeio apresentaram maior habilidade competitiva do que as plantas daninhas, causando reduções mais acentuadas na AF e na MS do azevém e do nabo-forrageiro. O desempenho fisiológico do centeio foi menos afetado na convivência com o azevém e mais afetado na presença do nabo-forrageiro, especialmente para a cultivar BR1. A competição interespecífica foi mais prejudicial do que a intraespecífica, causando reduções significativas nas espécies. Em média, a competição reduziu a MS do centeio em cerca de 45% e a MS das plantas daninhas em 15%, em comparação com condições de ausência de competição. O nabo-forrageiro causou maiores perdas na AF, na MS e nas trocas gasosas do centeio em comparação com o azevém, confirmando sua maior agressividade competitiva.

Palavras-chave: *Secale cereale*, *Lolium multiflorum*, *Raphanus raphanistrum*, interações entre plantas.

COMPETITIVE ABILITY OF RYE CULTIVARS INFESTED WITH WEEDS

ABSTRACT

Competitive ability is an essential component of integrated management, as it expresses the capacity of crops to compete efficiently for resources against weed species. Therefore, this study aimed to evaluate the competitive ability of rye cultivars BRS Serrano, BRS Progresso, and BR1 when grown in coexistence with the weeds Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) and wild radish (*Raphanus raphanistrum*), at different plant proportions in the associations. The combinations between the crop and the weeds followed proportions of 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100%, or 20:0, 15:5, 10:10, 5:15, and 0:20 plants per pot, defined in preliminary (additive) experiments. At 45 days after emergence, gas exchange, leaf area (LA), and shoot dry mass (DM) of the species were evaluated. Competitiveness was estimated using replacement series diagrams and relative competitiveness indices. Rye cultivars showed greater competitive ability than the weeds, causing more pronounced reductions in the LA and DM of Italian ryegrass and wild radish. The physiological performance of rye was less affected when infested with Italian ryegrass and more affected in the presence of wild radish, especially for cultivar BR1. Interspecific competition was more detrimental than intraspecific competition, causing significant reductions in the species. On average, competition reduced rye DM by about 45% and weed DM by 15% compared with non-competitive conditions. Wild radish caused greater losses in LA, DM, and gas exchange of rye compared with Italian ryegrass, confirming its higher competitive aggressiveness.

Keywords: *Secale cereale*, *Lolium multiflorum*, *Raphanus raphanistrum*, plant interactions

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Produtividade relativa (PR) para área foliar (A, B e C) e massa seca da parte aérea (D, E e F) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano. (●) centeio, (■) azevém e total (▲)..	30
Figura 2. Produtividade relativa (PR) para área foliar (A, B e C) e massa seca da parte aérea (D, E e F) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano. (●) centeio, (■) nabo e total (▲). .	31
Figura 3. Produtividade relativa (PR) para concentração de CO ₂ sub-estomática (Ci) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano contra azevém (A, B e C) ou nabo (D, E e F).	32
Figura 4. Produtividade relativa (PR) para taxa transpiratória (E) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano contra azevém (A, B e C) ou nabo (D, E e F).	33
Figura 5. Produtividade relativa (PR) para condutância estomática (Gs) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano contra azevém (A, B e C) ou nabo (D, E e F)...	34

TABELAS

Tabela 1. Respostas morfofisiológicas de cultivares de centeio submetidos a interferência do competidor azevém (*Lolium multiflorum*), expressas em área foliar ($\text{cm}^{-2} \text{ vaso}^{-1}$) e massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}), concentração interna de CO_2 sub-estomática ($\text{Ci} - \mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($\text{E} - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e condutância estomática de vapores de água ($\text{Gs} - \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)..... 35

Tabela 2. Respostas morfofisiológicas de cultivares de centeio submetidos a interferência do competidor nabo (*Raphanus raphanistrum*), expressas em área foliar ($\text{cm}^{-2} \text{ vaso}^{-1}$) e massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}), concentração interna de CO_2 sub-estomática ($\text{Ci} - \mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($\text{E} - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e condutância estomática de vapores de água ($\text{Gs} - \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).....36

Tabela 3. Índices de competitividade de variáveis morfofisiológicas entre cultivares de centeio com azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus raphanistrum*), competindo em proporções iguais de plantas (50:50), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativos (K) e de agressividade (AG)..... 37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO, CARACTERÍSTICAS DE SOLO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	12
2.2 INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS PRELIMINARES EM SÉRIE ADITIVA.....	13
2.3 INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS DEFINITIVOS EM SÉRIE DE SUBSTITUIÇÃO	13
2.4 VARIÁVEIS AVALIADAS NAS PLANTAS DE CENTEIO E DANINHAS	13
2.5 ANÁLISE EXPERIMENTAL DE ENSAIOS SUBSTITUTIVOS	14
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
3.1 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS	16
3.2 EFEITO DA COMPETIÇÃO NAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DAS ESPÉCIES ...	20
4 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

O centeio (*Secale cereale*) é uma planta anual cespitosa, de crescimento inicial vigoroso, pertencente à família das Poaceae/Gramineae, rústico, apto para uso na alimentação humana, animal e ainda como planta de cobertura de solo para adoção do sistema de plantio direto na palha (Adhikari et al., 2018; Ghimire et al., 2019; Toebe et al., 2020).

A biomassa do centeio, ao se decompor, libera compostos como benzoxazinonas e ácidos orgânicos que suprimem a germinação e o crescimento de muitas plantas daninhas (Ghimire et al., 2019), podendo assim ser uma cultura utilizada para o manejo dessas espécies ao infestarem as culturas semeadas em sucessão ou em rotação.

A cultura do centeio tem ganhado importância socioeconômica na região Sul do Brasil, ocupando cerca de 2,6 mil hectares com produtividade média de 1,65 t ha⁻¹ (CONAB, 2026). Ainda assim muitos são os fatores que ocasionam baixas produtividades de grãos do centeio, destacando-se a interferência e os danos ocasionados pelas plantas daninhas quando não manejadas de forma adequada. Entre as espécies de plantas daninhas que infestam as culturas de inverno, incluindo o centeio, destaca-se o azevém (*Lolium multiflorum*), o nabo (*Raphanus raphanistrum*) e a nabiça (*R. sativus*) pela elevada habilidade competitiva que apresentam (Costa & Rizzardi, 2015; Agostinetto et al., 2017; Franz et al., 2020; Nichelati et al., 2020; Balem et al., 2021; Mario et al., 2024).

O azevém e o nabo competem pelos recursos disponíveis no meio, tais como; água, luz e nutrientes e por este motivo afetam a expressão do potencial produtivo das culturas, dificultando a expansão da área cultivada, interferem no crescimento e desenvolvimento, reduzindo a produtividade e a qualidade dos grãos colhidos ou mesmo em muitos casos podem ser hospedeiras de insetos e doenças (Lamego et al., 2013; Tavares et al. 2019; Silva et al., 2019; Franz et al., 2020; Galon et al., 2025). Além disso essas espécies apresentam resistência a muitos herbicidas, o nabo aos inibidores de aceto lactato sintetase - ALS, o azevém, além desses produtos, também aos inibidores de acetil coenzima A carboxilase - ACCase e da enol piruvil shiquimato fosfato sintetase - EPSPs (Heap, 2026).

O azevém é uma espécie anual de inverno, pertencente à família Poaceae/Graminea, que ocasiona elevadas perdas na produtividade nas culturas em que infesta, por ser muito competitivo, apresenta elevado perfilhamento, sistema radicular volumoso, libera substâncias alelopáticas no ambiente, produz elevada quantidade de sementes e de fácil dispersão (Lamego et al., 2015; Agostinetto et al., 2017; Chaudhari et al., 2019; Nichelati et al., 2020). Essa espécie pode ainda ser utilizada como adubação verde, planta de cobertura de solo, como forrageira de

inverno, produção de feno, silagem, apresentando elevada ressemeadura natural, deiscência prematura, dormência das sementes, com elevado banco de sementes no solo (Lamego et al., 2013; Fernández-Moreno et al., 2017; Oliveira et al., 2019).

O nabo/nabiça (*Raphanus raphanistrum* e/ou *R. sativus*) é uma Brassicaceae/Cruciferae, espécie de ciclo anual, com alta produção de sementes, crescimento vigoroso, aparece amplamente distribuído nas lavouras de inverno no Sul do Brasil, demonstrando elevada capacidade de competição com as culturas (Lamego et al., 2013; Costa & Rizzardi 2015; Silva et al., 2019; Tavares et al., 2019; Ramos et al., 2021). Essa planta daninha apresenta sistema radicular volumoso, alta prolificidade, dormência de sementes o que contribui para reduzir o potencial de produção das lavouras (Lamego et al. 2013; Costa & Rizzardi 2015; Silva et al., 2019). O difícil controle também está relacionado com o uso do nabo para cobertura de solo no sistema de plantio direto na palha ou como adubo verde, elevando assim o banco de sementes do solo nas lavouras do Sul do Brasil (Costa & Rizzardi 2015; Tavares et al. 2019). O nabo demonstra ainda elevada capacidade de sombreamento nos estádios iniciais de crescimento das culturas por apresentar elevada habilidade competitiva devido ao seu dossel esparsa e ramificado agravando os prejuízos pela elevada competição que apresenta (Tavares et al. 2019; Silva et al., 2019; Franz et al. 2020; Sun et al. 2021).

Em sistemas agrícolas, a densidade populacional das plantas cultivadas tende a ser relativamente constante, enquanto a abundância de plantas daninhas varia de acordo com o abastecimento do banco de sementes do solo, a densidade e distribuição da infestação pré-existente, os manejos adotados, as condições ambientais, dentre outros. Essas variações afetam a proporção entre a cultura e as plantas daninhas tornando essencial compreender os efeitos dessa variação no desempenho competitivo das espécies que estão convivendo em comunidade (Leon et al., 2023; Luo et al., 2024).

Interações competitivas entre espécies daninhas e genótipos de plantas cultivadas requerem experimentos específicos para sua caracterização, sendo os ensaios substitutivos um dos métodos mais empregados, e sua interpretação baseia-se no desempenho dos parâmetros biométricos ou ecofisiológicos (Bianchi et al., 2006; Agostinetto et al., 2013; Leon et al., 2023). Em geral, culturas agrícolas bem estabelecidas são mais competitivas do que as plantas daninhas, pois elas estão em estande uniforme, densidade ótima e emergem antes que as espécies infestantes (Agostinetto et al., 2013; Rubin et al. 2014). No entanto, quando a competição ocorre entre espécies com características ecológicas semelhantes, cuja emergência é concomitante, ambas exploram basicamente o mesmo nicho ecológico e a interferência entre

as mesmas pode afetar negativamente o crescimento e o desenvolvimento da comunidade presente no local (Agostinetto et al., 2013; Silva et al., 2019; Nosratti et al., 2024).

As cultivares dentro de uma mesma espécie podem apresentar variações significativas na capacidade de competir com as plantas daninhas, devido as diferenças na sua adaptabilidade ambiental, taxa de crescimento e eficiência no uso de recursos (Agostinetto et al., 2013; Brunetto et al., 2023; Caldas et al., 2023; Jastrzębska et al. 2023). As cultivares que demonstram maior vigor e crescimento inicial mais acelerado tendem a suprimir o desenvolvimento de plantas daninhas de maneira mais eficaz. Assim, a seleção de cultivares com maior habilidade competitiva pode ser uma estratégia importante no manejo integrado de plantas daninhas, reduzindo a necessidade do controle químico e promovendo sistemas agrícolas mais sustentáveis, reduzindo custos, impactos ambientais (Brunetto et al., 2023; Jastrzębska et al., 2023; Nosratti et al., 2023) e até mesmo a produção de um alimento mais saudável.

Diante do aumento de casos de resistência e da necessidade de manejo mais sustentável de plantas daninhas, conjugando o manejo cultural e mecânico ao controle químico, o uso de cultivares com maior habilidade competitiva surge como alternativa viável (Walsh, 2019) em lavouras que cultivam a cultura do centeio. Logo, a presente pesquisa tem como hipótese que há diferenças na habilidade competitiva entre cultivares de centeio em convivência com as plantas daninhas, nabo e azevém. Assim, este trabalho teve como objetivo quantificar a habilidade competitiva de diferentes cultivares de centeio em convivência com o azevém e nabo, em distintas proporções de plantas na associação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO, CARACTERÍSTICAS DE SOLO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram conduzidos 11 experimentos na casa de vegetação da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS/Brasil, sendo as unidades experimentais constituídas por vasos plásticos com capacidade para 8 dm³, preenchidos com Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (Streck et al., 2018). As propriedades químicas e físicas do solo foram as seguintes: pH em água = 4.8; matéria orgânica (MO) = 3.5%; P = 4.0 mg dm⁻³; K = 117.0 mg dm⁻³; Al³⁺ = 0.6 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ = 4.7 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 1.8 cmolc dm⁻³; CTC (efetiva) = 7.4 cmolc dm⁻³; CTC (a pH 7.0) = 16.5 cmolc dm⁻³; H⁺Al = 9.7 cmolc dm⁻³; Saturação por bases (SB) = 6.8 cmolc dm⁻³; Porcentagem de saturação por bases (V) = 41%;

Argila = 60%, Areia = 15%, e Silte = 25%. A fertilização do solo e a correção do pH foram realizadas com base na análise físico-química e seguindo as recomendações técnicas para o cultivo de centeio (CQFS-RS/SC, 2016). O delineamento experimental utilizado em todos os experimentos foi o de blocos casualizados com quatro repetições.

2.2 INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS PRELIMINARES EM SÉRIE ADITIVA

Preliminarmente foram instalados, tanto para as três cultivares de centeio (BRS Serrano, BRS Progresso e BR1), quanto para os dois competidores, azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus raphanistrum*), ensaios em séries aditivas com a cultura e as plantas daninhas conduzidas em monocultivos. Para cada uma, dez densidades, variando entre 1 e ~800 plantas m^{-2} , foram testadas para obtenção da curva de acúmulo de massa seca da parte aérea em função da densidade, e assim estabelecer o ponto a partir do qual o aumento de densidade da cultura / plantas daninhas não ocasiona incremento no acúmulo de massa seca da parte aérea (dados não mostrados). Foi estimado que 20 plantas por vaso (~283 plantas m^{-2}) equivaleu à mínima densidade que confere massa seca da parte aérea estável, ou rendimento final constante.

2.3 INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS DEFINITIVOS EM SÉRIE DE SUBSTITUIÇÃO

Em seguida, foram instalados seis experimentos em série substitutiva, em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, onde os competidores testados incluíram as cultivares de centeio: BRS Serrano, BRS Progresso e BR1, competindo com azevém e nabo. As proporções relativas (%) centeio: azevém ou centeio: nabo foram 100: 0, 75: 25, 50: 50, 25: 75 e 0: 100% da habilidade competitiva máxima, o que equivaleu a 20: 0, 15: 5, 10: 10, 5: 15 e 0: 20 plantas vaso⁻¹ da cultura x daninhas. Para obter uniformidade nas plântulas, as sementes foram inicialmente semeadas em bandejas e, posteriormente, transplantadas para os vasos. Esse procedimento foi realizado para estabelecer com precisão as densidades desejadas em cada tratamento e se ter uniformidade entre as plantas usados nos experimentos.

2.4 VARIÁVEIS AVALIADAS NAS PLANTAS DE CENTEIO E DANINHAS

Aos 45 dias após a emergência foram aferidas as variáveis fisiológicas, concentração de CO_2 sub-estomática (C_i – $\mu mol\ mol^{-1}$), taxa de transpiração (E – $mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$) e condutância estomática de vapores de água (G_s – $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$). Essas variáveis fisiológicas foram

determinadas através do uso de um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA PRO (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), no terço médio da primeira folha completamente desenvolvida e saudável das plantas de centeio, bem como das plantas daninhas em competição com a cultura. Essas aferições das variáveis foram realizadas das 08:00 às 11:00 h, mantendo homogêneas as condições ambientais durante as análises.

Logo após a aferição dos parâmetros fisiológicos, as plantas foram coletadas para determinação das variáveis morfológicas, como a área foliar (AF – cm² vaso⁻¹) e a massa seca da parte aérea (MS – g vaso⁻¹). A quantificação da AF foi realizada com auxílio de integrador eletrônico da marca Licor 3100C, aferindo-se as folhas de todas as plantas em cada tratamento. Na sequência foram coletadas a parte aérea das plantas de centeio, e das plantas competidoras, para determinar a massa seca da parte aérea (MS). Para isso, as amostras foram dispostas em sacos de papel *kraft* e inseridas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 60±5 °C. Quando as massas secas se tornaram uniformes, elas foram pesadas em balança de precisão.

2.5 ANÁLISE EXPERIMENTAL DE ENSAIOS SUBSTITUTIVOS

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

Foi determinado ainda os índices de competitividade relativa (CR), coeficiente de agrupamento relativo (K) e agressividade (AG). A CR representa o crescimento comparativo da cultivares de centeio, BRS Serrano, BRS Progresso e BR1 (X) em relação ao competidor azevém e/ou nabo (Y). Já K indica a dominância relativa de uma espécie sobre outra, enquanto AG aponta qual das espécies é mais agressiva. Deste modo, os índices CR, K e AG apontam qual espécie se manifesta mais competitiva e, sua interpretação conjunta, indica com maior

segurança a competitividade das espécies (Bianchi et al, 2006; Agostinetto et al., 2013; Rubin et al., 2014). As cultivares de centeio (X) são mais competitivas do que o azevém e/ou o nabo (Y) quando $CR > 1$, $Kx > Ky$ e $AG > 0$. Por outro lado, azevém e/ou o nabo (Y) serão mais competitivos do que as cultivares de centeio (X) quando $CR < 1$, $Kx < Ky$ e $AG < 0$ (Bianchi et al, 2006; Agostinetto et al., 2013; Rubin et al., 2014). Para calcular esses índices, foram usadas as proporções 50:50 das espécies envolvidas nos experimentos (centeio e azevém; centeio e nabo), utilizando-se as equações: $CR = PRx/PRy$; $Kx = PRx/(1-PRx)$; $Ky = PRy/(1-PRy)$; $A = PRx - PRy$ (Bianchi et al, 2006; Agostinetto et al., 2013; Rubin et al., 2014).

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

As curvas PRT e PR observadas foram consideradas como diferentes das esperadas quando os valores esperados (representados por linhas pontilhadas) encontravam-se fora do intervalo de confiança de 95% das curvas observadas, linhas sólidas e coloridas com intervalos de confiança da mesma cor (Franceschetti et al., 2024). Por sua vez, o critério para se considerar as curvas de PR e PRT diferentes das retas hipotéticas foi que, no mínimo em duas proporções das densidades testadas das espécies competidoras não tocassem as linhas coloridas, adaptado de Bianchi et al. (2006).

Os resultados obtidos para as variáveis morfofisiológicas expressos em valores médios por tratamento foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando esse indicou significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de *Dunnnett*, considerando-se as monoculturas como testemunhas nessas comparações. Em todas as análises estatísticas efetuadas, adotou-se como probabilidade 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados demonstrou que ocorreu interação significativa entre as proporções de plantas das cultivares de centeio (BR1, BRS Progresso e BRS Serrano) em competição com azevém e/ou nabo para as variáveis área foliar (AF), concentração interna de

CO₂ sub-estomática (Ci), taxa de transpiração (E), condutância estomática (Gs) e massa seca da parte aérea (MS).

3.1 VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS

Os resultados gráficos indicam que as três cultivares de centeio apresentaram comportamento semelhante quando submetidos à competição com as plantas daninhas, havendo diferenças significativas em, pelo menos, duas proporções de plantas para a maioria das variáveis avaliadas (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5).

Os experimentos em série de substituição entre as cultivares de centeio *versus* azevém e/ou nabo indicaram competição entre as espécies, em que os valores de produtividade obtidos nas diferentes proporções entre as espécies, de forma geral, desviaram-se da linha de rendimento esperado, especialmente em relação a AF e MS. Em geral, a associação entre as espécies foi mais prejudicial ao azevém do que ao nabo ao conviverem com a cultura do centeio (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5; Tabelas 1, 2 e 3). Os resultados da PRT de linhas côncavas e valores inferiores a 1, permitem inferir que ocorreu competição entre o centeio, azevém e o nabo pelos mesmos recursos presentes no meio. De acordo com Rubin et al. (2014) quando a $PRT < 1$ há um antagonismo mútuo entre as espécies que estão competindo pelos recursos do ambiente, sem alteração na produtividade final. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram constatados por Galon et al., (2025) ao avaliarem a habilidade competitiva de cultivares de tritcale em competição com diferentes populações de azevém e nabo.

Ao se avaliar as Figuras 1 e 2 constatou-se de modo geral, que em todas as proporções houve decréscimo das variáveis, especialmente, AF e MS de acordo com o aumentou da densidade dos competidores (azevém e nabo) em convivência com o centeio, ou seja, as PR observadas ficaram muito abaixo das esperadas, com linhas côncavas. Galon et al., (2025) também observaram resultados similares para as PRs de tritcale levando-se em conta a AF e a MS da cultura e das plantas daninhas (azevém e nabo), o que se assemelha aos resultados observados no presente estudo. As plantas daninhas normalmente aparecem em densidades superiores as plantas cultivadas em áreas agrícolas, e isso na maioria das situações faz com que essas sejam descritas como as mais competitivas no uso dos recursos disponíveis no meio (Bianchi et al., 2006).

Nos experimentos de série substitutiva de centeio *versus* azevém (Figura 1), tanto a área foliar (Figuras 1a,b,c) quanto a massa seca da parte aérea (Figura 1d,e,f) apresentaram reduções para o centeio e para a daninha em todas as combinações avaliadas. Entre as cultivares, a BR1

foi afetada na variável AF, registrando cerca de 30% de redução em relação ao esperado. A cultivar BRS Progresso também sofreu impacto na AF, destacando-se como a mais prejudicada. Quando se analisou a comunidade (cultura + azevém), o menor prejuízo em AF ocorreu para BR1, enquanto a BRS Progresso e BRS Serrano apresentaram reduções maiores que 50% do valor esperado.

Para a variável MS, as cultivares de centeio demonstraram desempenho superior ao observado na AF em competição com o azevém (Figura 1). Nessa condição, os valores foram próximos ou até superiores ao esperado, principalmente quando o centeio estava em maior proporção nas misturas. A exceção foi a cultivar BRS Serrano (Figura 1f), que apresentou redução de aproximadamente 20% na MS quando se encontrava em desvantagem na proporção de plantas, contra o azevém. Em todos os casos, a comunidade foi prejudicada e a MS total foi inferior ao esperado (Figuras 1d,e,f).

A capacidade de uma planta daninha se adaptar às mudanças nos fatores que afetam seu crescimento e desenvolvimento está diretamente relacionada à sua capacidade de competir por esses recursos com as espécies cultivadas (Kaur et al., 2018; Chauhan, 2020). Desse modo observa-se que o azevém ocasionou elevado efeito competitivo sobre o centeio, ao reduzir o acúmulo de AF e MS, principalmente quando estava presente em maior densidade na associação com a cultura. O centeio e o azevém pertencem à mesma família botânica (Poaceae/Gramineae) o que faz com que a competição pelos recursos do meio seja mais expressiva. A competição pelos recursos do meio (água, luz e nutrientes) entre as espécies pode afetar a utilização desses recursos, regulando as características morfológicas das plantas e, conseqüentemente leva a cultura a ter uma menor produção (Chauhan, 2020; Feng et al., 2020).

O nabo (Figura 2), em termos gerais, ocasionou menores danos à AF do centeio do que o azevém (Figuras 2a,b,c), concentrando seu efeito sobre a cultura na redução do acúmulo da MS (Figuras 2d,e,f). Tanto as cultivares de centeio como o nabo foram prejudicados em todas as proporções quando associados, com os danos se estendendo também à comunidade, para AF e MS (Figura 2). Asato et al., (2025) relatam que a morfologia das plantas pode ser influenciada por efeitos estressantes que ocorrem na comunidade onde essas estão presentes. Os efeitos estressantes podem estar relacionados a fatores do ambiente, do solo e de manejo adotado com as espécies, que irão interferir de forma positiva ou negativa na produção de AF e MS e de outros órgãos das plantas (Asato et al., 2025).

De maneira geral, a competição interespecífica reduziu tanto a AF quanto a MS do centeio e de ambas as plantas daninhas, confirmando o prejuízo mútuo pelo uso dos mesmos recursos. De acordo com Galon et al., (2025) ao trabalharem com a cultura do triticale infestada

por azevém e nabo também observaram a ocorrência de prejuízos mútuos na associação de plantas ao conviverem em comunidade, assemelhando-se aos resultados observados no presente estudo. Na AF, as cultivares BR1 e BRS Progresso tenderam a ser mais afetadas; como essa variável está diretamente ligada à capacidade fotossintética, tais reduções implicam em limitação no acúmulo de biomassa (Pierik & Ballaré, 2021). A planta pode priorizar o crescimento de colmos (caule), em vez das folhas, devido à necessidade de competir mais por luz ao crescer em altura. A luz é um dos recursos mais importantes no estágio inicial de crescimento das plantas e quando sua disponibilidade é limitada sob competição, o potencial produtivo da cultura é afetado (Pierik & Ballaré, 2021).

Na MS, o desempenho do centeio superior ao da AF pode ser indicador de plasticidade fisiológica neste quesito quando competindo com azevém, mas essa característica não se sustenta quando a competição ocorre com o nabo. Luo et al., (2024) observaram diferenças na interação competitiva ao trabalharem com espécies de plantas leguminosas e gramíneas em associação ou em monoculturas. As plantas daninhas foram mais prejudicadas que o centeio, reforçando a superioridade competitiva da cultura, associada ao crescimento inicial vigoroso e à possível liberação de aleloquímicos (Manfron et al., 2022), o que vem a interferir negativamente no crescimento do seu vizinho. Mas essa diferença não é tão grande a ponto de proporcionar tranquilidade ao produtor no manejo das plantas daninhas – o centeio, por si só, nas densidades de semeadura a campo não é capaz de suprimir a ocorrência de azevém e/ou nabo, necessitando de que se controle as espécies que vierem a infestar a cultura, principalmente se essas ocorrem em elevadas densidades e no período crítico de competição.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as respostas morfofisiológicas proporcionais do centeio, do azevém e nabo, quando em competição. A competição reduziu AF e a MS, tanto das cultivares de centeio quanto das plantas daninhas (azevém e nabo) em todas as proporções, principalmente em densidades mais elevadas dos competidores. No entanto, o centeio apresentou desempenho consistentemente superior, com menores reduções em comparação às espécies daninhas. Desse modo observa-se que o centeio apresenta boa capacidade de competir com as plantas daninhas que venham a infestar o mesmo. Esse fato também foi observado por Chehade et al., (2021) ao avaliarem o efeito alelopático ou de supressão de centeio cultivado em isolado ou associado com o trevo na supressão de espécies de plantas daninhas.

Para a cultivar BR1, a AF reduziu cerca de 30% em relação à testemunha na proporção 75:25 com azevém, chegando a diminuições mais expressivas em 25:75 (Tabela 1). Ainda assim, a perda foi mais acentuada para o azevém, indicando maior habilidade competitiva do que centeio. Na MS, a cultivar BR1 manteve valores próximos ao esperado, com redução apenas

em 25:75. A AF da cultivar BRS Progresso foi afetada nas proporções de maior presença da planta daninha.

Em contraste, contra o nabo, a AF manteve-se relativamente estável até 50:50 (Tabela 2). A MS da cultivar BRS Progresso apresentou vantagem em relação ao azevém (Tabela 1), mas foi muito prejudicada pelo nabo (Tabela 2). A cultivar BRS Serrano, por sua vez, suprimiu muito bem o azevém, tanto na AF como na MS, mesmo quando representou apenas 25% da proporção de plantas na associação (25:75).

Convém destacar que as cultivares de uma determinada cultura apresentam características genéticas distintas relacionadas com a estatura de plantas, arquitetura, índice de área foliar, produção de biomassa, volume radicular, eficiência no uso de recursos e velocidade de estabelecimento, dentre outras características que as distinguem e que fazem com que alterem a habilidade competitiva quando infestada por plantas daninhas, fato esse também observado no presente estudo, mesmo que de maneira sutil. Outros autores também constataram diferenças de cultivares de trigo (Lamego et al., 2013) e de tritcale (Galon et al., 2025) ao competirem com o azevém, assemelhando-se assim aos resultados observados no presente estudo.

Em relação ao nabo em competição com o centeio ambas as espécies foram muito afetadas negativamente pela competição (Tabela 2). Percebe-se que há similaridade entre o centeio e o nabo quando em competição, sendo que ambas as espécies competem intensamente pelos mesmos recursos disponíveis no ambiente. Esse fato também foi relatado por Leon et al., (2023) ao trabalharem com experimentos de séries de substituição utilizando *Amaranthus hybridus* e *Setaria faberi* em competição com milho (*Zea mays*) nas proporções de 1:0, 0,75:0,25, 0,5:0,5, 0,25:0,75 e 0:1.

Em relação aos índices de competitividade (Tabela 3), na competição com o azevém, a cultivar BRS Progresso apresentou maior competitividade para AF ($CR = 8,72$; e $K_{centeio} > K_{azevém}$ e AG positivo), enquanto a BR1 mostrou desempenho equilibrado ($CR \approx 1,0$) e BRS Serrano comportamento intermediário ($CR = 1,65$). Para a MS, a cultivar BRS Progresso foi a mais eficiente ($CR = 6,08$; $K_{centeio} > K_{azevém}$ e AG positivo), seguida da BRS Serrano ($CR = 3,19$; $K_{centeio} > K_{azevém}$ e AG positivo) e da BR1 ($CR = 2,68$; $K_{centeio} > K_{azevém}$ e AG positivo), todos superiores ao azevém. Para o nabo, a cultivar BRS Progresso também apresentou vantagem competitiva em relação aos índices, tendo para AF, $CR = 2,00$; $K_{centeio} > K_{nabo}$ e AG positivo e desempenho consistente em relação a MS ($CR = 1,58$; $K_{centeio} > K_{nabo}$ e AG positivo). Já as cultivares BR1 e BRS Serrano tiveram competitividade menor, com valores próximos ou abaixo da neutralidade, sem ocorrer efeito significativo em pelos menos dois índices, indicando que o

nabo impôs maior efeito nessas cultivares. Conforme já relatado anteriormente há diferenciação de cultivar de uma cultura quando essas são postas em competição com plantas daninhas (Lamego et al., 2013).

Em termos gerais, os resultados observados nas Tabelas 1 e 2 indicam que o centeio tende a apresentar maior habilidade competitiva nas variáveis biométricas em relação ao azevém e nabo. A cultivar BRS Progresso demonstra suportar melhor a competição com o nabo, enquanto BRS Serrano e BR1 conviveram melhor com o azevém. O desempenho competitivo diferencial está associado às características morfofisiológicas e genéticas distintas de cada cultivar, conforme já explorado anteriormente. Além disso, as diferenças em AF e MS entre cultivares sugerem redirecionamento da alocação de recursos para estruturas de maior prioridade fisiológica, como raízes ou caules, quando a competição limita a disponibilidade de luz, água e nutrientes (Pierik & Ballaré, 2021; Savić et al., 2025), sendo isso mais marcante nas cultivares BR1 e BRS Serrano.

Entre as plantas daninhas, o azevém foi mais suprimido pelo centeio do que o nabo, o que reforça a relevância desta última espécie como importante competidora em sistemas agrícolas, principalmente quando infesta as culturas semeadas na estação de inverno. Esse fato também foi relatado em outros trabalhos envolvendo as culturas de trigo, cevada, canola e triticle na presença das plantas daninhas azevém e nabo (Lamego et al., 2013; Pies et al., 2019; Tavares et al., 2019; Nichelati et al., 2020; Galon et al., 2025), o que corrobora aos resultados observados no presente estudo.

3.2 EFEITO DA COMPETIÇÃO NAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DAS ESPÉCIES

A produtividade relativa da concentração interna de CO_2 (C_i) (Figura 3) demonstrou que, de modo geral, o impacto da competição foi pequeno. O centeio manteve valores de produtividade relativa (PR) próximos ou ligeiramente acima do esperado em praticamente todos os tratamentos, exceto quando BRS Serrano competiu com o nabo na menor densidade (25:75), sendo relatada redução na PRT em torno de 5 a 10% em relação ao esperado. Resultados semelhantes foram relatados por Thiel et al. (2018), que observaram estabilidade nos parâmetros de trocas gasosas em plantas sob competição, sugerindo que ajustes estomáticos antecedem perdas expressivas de biomassa.

Para a taxa transpiratória (E), na presença do nabo o centeio apresentou PR ~20 a 25% superior ao esperado (Figura 4). Quando competiu com o azevém, BRS Serrano foi a mais sensível, apresentando reduções de até 50% em todas as densidades com presença do

competidor, o que também refletiu em menor desempenho do azevém. A cultivar BRS Progresso manteve desempenho superior em até ~20% na menor densidade de competição (25:75). Esses resultados sugerem que o nabo exerce menor pressão sobre a taxa transpiratória do centeio, enquanto o azevém provoca maior estresse competitivo, especialmente em cultivares menos tolerantes, sendo isso atribuído provavelmente por azevém e centeio pertencerem a mesma família botânica. McKenzie-Gopsill et al. (2020) e Singh et al. (2022) também relatam em seus estudos que as plantas daninhas interferem negativamente na fotossíntese líquida e no uso eficiente da água das plantas cultivadas quando essas estão convivendo em comunidade, o que se assemelha em partes ao observado no presente estudo.

A condutância estomática (G_s) foi semelhante ao observado com a transpiração (Figura 5). Na competição com o nabo, os impactos foram reduzidos ou inexistentes e a cultivar BR1 se destacou na menor densidade (25:75). A comunidade (cultura + competidor) também foi beneficiada, com incrementos médios de aproximadamente 15% na PRT da G_s quando o nabo foi o competidor. Com azevém, a cultivar BRS Serrano manteve valores de PR próximos ao esperado, enquanto BR1 e BRS Progresso se beneficiaram na condutância estomática. O azevém, por sua vez, foi afetado pela presença do centeio, evidenciando a habilidade da cultura em suprimir a abertura estomática do competidor. Fisiologicamente, espécies daninhas com maior capacidade de manter G_s sob competição tendem a apresentar melhor desempenho do que as culturas em rendimento final, fato esse também constatado por Thiel et al., (2018).

De modo geral, os resultados das Figuras 3 a 5 demonstram que o centeio tem boa capacidade de ajuste fisiológico quando competindo com azevém e/ou nabo, com diferenças entre as cultivares. A cultivar BR1 demonstrou maior plasticidade em manter a condutância estomática e a transpiração; a BRS Serrano foi mais suscetível à competição com azevém. O nabo não exerceu grandes interferências nas variáveis fisiológicas do centeio. O efeito das plantas daninhas na fisiologia das culturas é variável conforme há algum fator estressante e que pode envolver a espécie presente na competição, cultura e cultivar, características edafoclimáticas, manejo e tratos culturais, fase da cultura que ocorre o efeito, dentre outros (Agostinetto et al., 2017; Thiel et al., 2018).

A fisiologia das plantas de centeio quando em competição com azevém, são mostrados na Tabela 1. Para a cultivar BR1, houve aumento da concentração interna de CO_2 (C_i) em todas as proporções avaliadas em relação à testemunha (100:0), indicando tentativa da cultura em reagir à interferência do competidor. A taxa de transpiração (E) e a condutância estomática (G_s) também foram significativamente superiores à testemunha nas proporções 50:50 e 25:75, evidenciando maior abertura estomática sob maior pressão competitiva.

Na cultivar BRS Progresso, a C_i não diferiu da testemunha. Em contrapartida, E e Gs foram maiores que a testemunha em todas as proporções de competição, indicando intensificação das trocas gasosas em resposta à interferência interespecífica. Para BRS Serrano, houve aumento de C_i em todas as proporções, quando comparada à testemunha. A taxa de transpiração reduziu apenas na maior proporção de azevém (25:75), enquanto a condutância estomática não diferiu da testemunha, demonstrando menor sensibilidade desse parâmetro à competição com azevém.

A Tabela 2 apresenta o comportamento fisiológico das cultivares de centeio frente a competição com nabo. Para BR1, a convivência com nabo reduziu a C_i apenas na proporção 25:75, em relação à testemunha. A taxa de transpiração não diferiu da testemunha em nenhuma das proporções avaliadas, enquanto a condutância estomática foi maior na proporção 75:25, indicando resposta estomática moderada à competição.

Para BRS Progresso, o C_i não diferiu da testemunha em nenhuma das proporções de convivência com nabo, enquanto a taxa de transpiração foi superior à testemunha em todas as proporções, evidenciando aumento da perda de água por transpiração sob interferência do nabo. A condutância estomática não diferiu entre tratamentos. Para BRS Serrano, o nabo promoveu redução da C_i nas proporções 75:25 e 25:75 em comparação à testemunha, indicando maior sensibilidade fisiológica desse genótipo à competição. Além disso, E e Gs foram significativamente superiores à testemunha em todas as proporções avaliadas, demonstrando forte estímulo às trocas gasosas mesmo sob condições de interferência interespecífica.

De modo geral, as testemunhas das cultivares de centeio apresentaram menores valores de E e Gs em comparação às competições com azevém, indicando tentativa da cultura de reagir à competição, com respostas dependentes do genótipo. O mesmo foi observado na competição com nabo, especialmente para BRS Serrano, que parece reagir mais intensamente à competição com essa planta daninha.

Os índices de competitividade (CR, K e AG) do centeio em competição com azevém e nabo variaram conforme a cultivar e a variável analisada (Tabela 3). Para a concentração interna de CO_2 (C_i), a cultivar BR1 foi superior frente ao azevém ($CR > 1$; $K_{\text{centeio}} > K_{\text{azevém}}$ e A positivo), confirmando melhor desempenho fisiológico. As cultivares BRS Progresso e BRS Serrano também apresentaram vantagens nessas condições, embora em menor intensidade. Em contraste, contra o nabo, a cultivar BR1 apresentou valores de $CR < 1$; $K_{\text{centeio}} < K_{\text{azevém}}$ e A negativo. As cultivares BRS Progresso e BRS Serrano mantiveram resultados próximos à neutralidade frente ao nabo.

Na transpiração (E), a cultivar BR1 novamente se destacou frente ao azevém ($CR = 6,03$; $K_{\text{centeio}} > K_{\text{azevém}}$ e A positivo), indicando alta eficiência fisiológica sob competição (Tabela 3). As cultivares BRS Progresso e BRS Serrano apresentaram valores próximos da neutralidade ou ausência de significância em pelo menos dois índices. Frente ao nabo, a cultivar BR1 mostrou redução ($CR < 1$; $K_{\text{centeio}} < K_{\text{nabo}}$ e A negativo), enquanto as cultivares BRS Progresso e BRS Serrano apresentaram $CR > 1$, $K_{\text{centeio}} > K_{\text{nabo}}$ e A positivo, no entanto sem efeito significativo. Esses resultados indicam que o nabo pode exercer maior pressão fisiológica, reduzindo a eficiência de trocas gasosas em algumas cultivares.

Na condutância estomática (Gs), as cultivares BR1 e BRS Progresso apresentaram bom desempenho contra o azevém ($CR = 5,83$ e $4,79$; $K_{\text{centeio}} > K_{\text{azevém}}$ e A positivo), destacando-se como as mais competitivas nessa condição. A cultivar BRS Serrano também demonstrou vantagem, porém com índices menores as duas anteriores ($CR = 2,54$; $K_{\text{centeio}} > K_{\text{azevém}}$ e A positivo). Enquanto contra o nabo a competitividade foi mais distribuída, BRS Progresso e BRS Serrano exibiram $CR > 1$; $K_{\text{centeio}} > K_{\text{nabo}}$ e A positivo, ao passo que BR1 sofreu redução acentuada ($CR < 1$; $K_{\text{centeio}} < K_{\text{nabo}}$ e A negativo).

Esses resultados confirmam que o centeio tem seu desempenho fisiológico menos afetado pelo azevém, especialmente a cultivar BR1. Já contra o nabo, foram observadas reduções mais acentuadas nas variáveis fisiológicas, principalmente relacionados a cultivar BR1. Isso corrobora observações de que o nabo exerce elevada interferência sobre as culturas cultivadas no inverno, devido à sua elevada habilidade competitiva e eficiência no uso dos recursos, como constatado também por Franz et al., (2020). Estudos prévios relatam que o azevém, em determinadas culturas, é menos agressivo que o nabo (Tarouco et al., 2016), corroborando aos resultados observados no presente estudo. Os impactos sobre os índices de competitividade para Gs e E em competição indicam possível desbalanço no status hídrico interno das plantas da cultura, como relatado por McKenzie-Gopsill et al., (2020) e Singh et al., (2022).

4 CONCLUSÃO

Ocorreu competição pelos mesmos recursos do meio entre as cultivares de centeio e as plantas daninhas (azevém e/ou nabo), ocasionando interferência negativa no crescimento das espécies, independentemente da proporção de plantas.

O azevém é menos prejudicial ao centeio do que o nabo, especialmente no acúmulo de área foliar e na massa seca da parte aérea, evidenciando a maior habilidade competitiva do nabo.

O centeio tem seu desempenho fisiológico menos afetado ao ser infestado pelo azevém e mais afetado na presença do nabo, especialmente a cultivar BR1.

De modo geral, as cultivares de centeio foram superiores aos competidores, com diferenças entre as mesmas. A cultivar BRS Progresso se destacou na supressão do azevém e do nabo; a BR1 foi mais suscetível à competição com nabo e a BRS Serrano se comportou de maneira intermediária.

A competição interespecífica é menos prejudicial para ambas as espécies envolvidas do que a competição intraespecífica.

Cultivares de centeio mais competitivas com plantas daninhas, como BRS Progresso, é essencial para aumentar a estabilidade produtiva e reduzir a pressão exercida por espécies como azevém e nabo infestantes de cultivos hibernais.

REFERÊNCIAS

- Adhikari, L., Mohseni-Moghadam, M., & Missaoui, A. (2018). Allelopathic effects of cereal rye on weed suppression and forage yield in alfalfa. *American Journal of Plant Sciences*, 09, 685-700. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.94054>
- Agostinetto, D., Fontana, L.C., Vargas, L., Markus, C., & Oliveira, E. (2013). Relative competitive ability of crabgrass in coexistence with flooded rice and soybean. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48, 1315-1322. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000002>
- Agostinetto, D., Tarouco, C.P., Nohatto, M.A., Oliveira, C., & Fraga, D.S. (2017). Metabolic activity of wheat and ryegrass plants in competition. *Planta Daninha* 35: e017155463. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100044>
- Asato, A. E. B., Steinicke, C. G., Stein, G., Schreck, B., Kattenborn, T., Ebeling, A., Posch, S., Denzier, J., Buchner, T., Shadaydeh, M., Wirth, C., Eisenhauer, N., & Hines, J. (2025). Seasonal shifts in plant diversity effects on above-ground–below-ground phenological synchrony. *Journal of Ecology*, 113, 472-484, 2025. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14470>
- Balem, A., Padilha, L. R., Michelon, C. J., & Costa, L. (2021). Control ryegrass and wild radish in wheat with post-emergent herbicides. *Revista de Ciência e Inovação*, 6, 45-56. <https://doi.org/10.26669/2448-4091251>
- Bianchi, M. A., Fleck, N. G., Lamego, F. P. et al. (2006). Proporção entre plantas de soja e plantas competidoras e as relações de interferência mútua. *Ciência Rural*, 36, 1380-1387. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000500006>
- Brunetto, L., Galon, L., Cavaletti, D. C., Munareto, J. D., Castamann, A., & Perin, G. F. (2023). Competitive response and level of economic damage of quinoa in the presence of alexandergrass. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 18, e2543. <https://doi.org/10.5039/agraria.v18i1a2543>
- Caldas, J. V. S., Silva, A. G., Braz, G. B. P., Procópio, S. O., Teixeira, I. R., Souza, M.F., & Reginaldo, L. T. R. T. (2023). Weed Competition on soybean varieties from different relative maturity groups. *Agriculture*, 13, 725. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030725>
- Chaudhari, S., Jennings, K. M., Culpepper, S., Batts, R. B., Bellinder, R. (2019). Turnip Tolerance to preplant incorporated trifluralin. *Weed Technology*, 33, 123-127. <https://doi.org/10.1017/wet.2018.66>
- Chauhan, B. S. (2020). Grand challenges in weed management. *Frontiers in Agronomy*, 1, 3. <https://doi.org/10.3389/fagro.2019.00003>
- Cehade, L. A., Puig, C. G., Souto, C., Antichi, D., Mazzoncini, M., & Pedrol, N. (2021). Rye (*Secale cereale* L.) and squarrose clover (*Trifolium squarrosum* L.) cover crops can increase their allelopathic potential for weed control when used mixed as dead mulch. *Italian Journal of Agronomy*, 16, 1869. <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1869>

- Concenco, G., Andres, A., Schreiber, F., Scherner, A., & Behenck, J.P. (2018). Statistical approaches in weed research: choosing wisely. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 17, 45-58. <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i1.536>
- Costa, L. O., & Rizzardi, M. A. (2015). Competitive ability of wheat in association with biotypes of *Raphanus raphanistrum* L. resistant and susceptible to ALS inhibitor herbicides. *Ciência e Agrotecnologia*, 39, 121-130. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000200003>
- Cousens, R. (1991). Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. *Weed Technology*, 5, 664-673. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00027524>
- Fernández-Moreno, P. T., Cruz, R. A., Smeda, R.J., & De Prado R. (2017). Differential resistance mechanisms to glyphosate result in fitness cost for *Lolium perenne* and *L. multiflorum*. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01796>
- Feng, L., Raza, M. A., Shi, J., Ansar, M., Titriku, G. K., Meraj, T.A., Shah, H. A., Ahmed, Z., Salleem, A., Liu, W., Wang, X., Yong, T., Yand, S., Feng, Y., & Yang, W. (2024). Delayed maize leaf senescence increases the land equivalent ratio of maize soybean relay intercropping system. *European Journal of Agronomy*, 118, 126092. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126092>
- Franceschetti, M. B., Galon, L., Toso, J. O., Melo, T. S., Menegatti, A. D., Concenco, G., Bagnara, M.A.M., & Perin, G. F. (2024). Morpho-physiological responses of potato cultivars under weed competition. *Comunicata Scientiae*, 15, e4088. <https://doi.org/10.14295/cs.v15.4088>
- Franz, E., Tironi, S. P., Luz, G. L. da, Cezarotto, L. A., Zago, D. V., Munaretto, D., Lajús, C. R., & Dalcanton, F. (2020). Competitive ability of canola cultivars in competition with turnip. *Brazilian Journal of Development*, 6, 82507-82523. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-617>
- Galon, L., Iager, T., Toso, J. O., Bagnara, M. A. M., Tonin, R. J., Concenco, G., & Perin, G. F. (2025). Morphophysiological responses of triticale cultivars under weed competition. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 24, 429–449. <https://doi.org/10.5965/223811712432025429>
- Ghimire, B. K., Yu, C. Y., Ghimire, B., Seong, E. S., & Chung, I. M. (2019). Allelopathic Potential of phenolic compounds in secale cereale cultivars and its relationship with seeding density. *Applied Sciences*, 9, 3072. <https://doi.org/10.3390/app9153072>
- HEAP, I. International survey of herbicide-resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.org>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- Jastrzębska, M., Kostrzevska, M., & Marks, M. (2023). Is diversified crop rotation an effective non-chemical strategy for protecting triticale yield and weed diversity? *Agronomy*, 13, 1589. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061589>
- Kaur, S., Kaur, R., & Chauhan, B.S. (2018). Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems. *Crop Protection*, 103, 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.09.011>

Lamego, F. P., Ruchel, Q., Kaspary, T. E., Gallon, M., Basso, C. J., & Santi, A. L. (2013). Competitive ability of wheat cultivars against weed. *Planta Daninha*, 31, 521-531. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000300004>

Lamego, F. P., Reinehr, M., Cutti, L., Aguiar, A. C. M., Rigon, C. A. G., & Pagliarini, I. B. (2015). Morphological alterations in wheat, italian ryegrass and radish seedlings when in competition in at the initial stages of growth. *Planta Daninha*, 33, 13-22. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582015000100002>

Leon, R. G., Oreja, F. H., Mirsky, S. B., & Rebert-Horton, C. (2023). Addressing biases in replacement series: the importance of reference density selection for interpretation of competition outcomes. *Weed Science*, 71, 606-614, 2023. <https://doi.org/10.1017/wsc.2023.53>

Luo, C. L., Duan, H. X., Wang, Y. L., Liu, H. J., & Xu, S. X. (2024). Complementarity and competitive trade-offs enhance forage productivity, nutritive balance, land and water use, and economics in legume-grass intercropping. *Field Crops Research*, 319, e109642. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109642>

Manfron, A. C. A., Bondan, C., Fontaneli, R. S., & Zeni, M. (2022). Impact of rye as a cover on weed biomass in the subsequent crop: meta-analysis. *Research, Society and Development*, 11, e9911527910. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27910>.

Mario, R. B., Leães, G. P., Backes, R. L., Leichtweis, E. M., Bortolin, E. S., Tronquini, S. M., Puntel, S., Ulguim, A. R. (2024). 2,4-D and saflufenacil application time on the quality of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) seeds. *Ciência Rural*, 54, e20230580. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230580>

Matzrafi, M., & Eizenberg, H. (2022). Water use characteristics of weeds: A global review, best practices and knowledge gaps. *Plants*, 11, 217. <https://doi.org/10.3390/plants11020217>

Mckenzie-Gopsill, A. G., Amirsadeghi, S., Fillmore, S., & Swanton, C. J. (2020). Duration of weed presence influences the recovery of photosynthetic efficiency and yield in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Frontiers in Agronomy*, v. 2, art. 593570, 2 dez. 2020. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.593570>

Nichelati, F. D., Nottega, E. L., Guerra, N., Fioreze, S. L., Oliveira Nete, A. M., Oliveira, Z. B. (2020). Weed interference in canola (*Brassica napus* L.) crop. *Ciência Agrícola*, 18, 39-47. <https://doi.org/10.28998/rca.v18i1.7807>

Nosratti, I., Korres, N. E., Cordeau, S. (2023). Knowledge of cover crop seed traits and treatments to enhance weed suppression: a narrative review. *Agronomy*, 13, 1683. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071683>

Oliveira, A. P. T., Rosa, P. P., Chesini, R. C, Camacho, J. S., Nunes, L. P., Faria, M. R., Rösler, D. C., Silva, P. M., & Ferreira, O. G. (2019). Features and use of ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) in feeding ruminants – a literature review. *Revista Científica Rural*, 21, 347-365. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2792>

Pierik, R., & Ballaré, C. L. (2021). Control of plant growth and defense by photoreceptors: from mechanisms to opportunities in agriculture. *Molecular Plant*, 14, 61-76. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.11.021>

Pies, W., Werlang, T., Luz, A. C. P., Galon, L., & Tironi, S. P. (2019). Competitive barley ability coexisting with ryegrass densities. *Revista Brasileira de Ciências Agrária*, 14, 1-6. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5630>.

Ramos, A. R., Zampar, A., & Silva, A. W. L. (2021). Dry matter productivity and bromatological quality of ryegrass genotypes cultivated in Southern Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 73, 247-255. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11885>

Rubin, R. S., Langaro, A. C., Mariani, F., Agostinetto, D., & Berto, R. M. (2014). Relative competitive ability of irrigated rice with red rice susceptible or resistant to the herbicide imazapyr + imazapic. *Arquivos do Instituto Biológico*, 81, 173-179. <https://doi.org/10.1590/1808-1657001242012>

Savić, A., Popović, A., Đurović, S., Pisinov, B., Ugrinović, M., & Todorović, M. J. (2025). A Framework for understanding crop–weed competition in agroecosystems. *Agronomy*, 15, 2366. <https://doi.org/10.3390/agronomy15102366>

Silva, D. R. O., Aguiar, A. C. M., Gheller, D. P., Novello, B. D., & Basso, C. J. (2019). Interference of brassicaceae and poaceae on canola hybrids. *Planta Daninha*, 37, e019187792. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100085>

Singh, M., Kukal, M. S., Irmak, S., & Jhala, A. J. (2022). Water use characteristics of weeds: a global review, best practices, and future directions. *Frontiers in Plant Science*, 12, 794090. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.794090>

Streck, E. V., Kämpf, N., Dalmolin, R. S. D., Klamt, E., Nascimento, P. C., Giasson, E., Pinto, L. F. S., Flores, C. A., & Schneider, P. (2018). Solos do Rio Grande do Sul. 3. ed., rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar. 252p.

Sun, C., Ashworth, M. B., Flower, K., Vila-Aiub, M. M., Rocha, R. L., & Beckie, H. J. (2021). The adaptive value of flowering time in wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Science*, 69, 203-209. <https://doi.org/10.1017/wsc.2021.5>

Tarouco, C. P., Agostinetto, D., Langaro, A. C., Nohatto, M. A., Mariani, F., & Silva, B. M. (2016). Wheat Fundacep Horizonte bcompetitive ability under competition with ryegrass. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 22, 1–13. <https://doi.org/10.36812/pag.2016221/21-13>

Tavares, L.C., Lemes, E.S., Ruchel, Q., Westendorff, N.R., & Agostinetto, D. (2019). Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat crop. *Planta Daninha*, 37, e019178898. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100004>

Thiel, C., David, F., Galon, L., Deuner, S., Forte, C., Perin, G., David, P., Mossi, A., Andres, A., & Concenço, G. (2018). Physiology of weeds in intraspecific competition. *Journal of Agricultural Science*, 10, 334–344. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n6p334>

Toebe, M., Cargnelutti Filho, A., Mello, A. C., Souza, R. R., Soares, F. S., Silva, L. S., & Segatto, A. (2020). Plot size and replications number for triticales experiments. *Ciência Rural*, 50, e20200222. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200222>

Walsh, M. J. (2019). Enhanced wheat competition effects on the growth, seed production, and seed retention of major weeds of Australian cropping systems. *Weed Science*, 67, 657-665. <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.53>

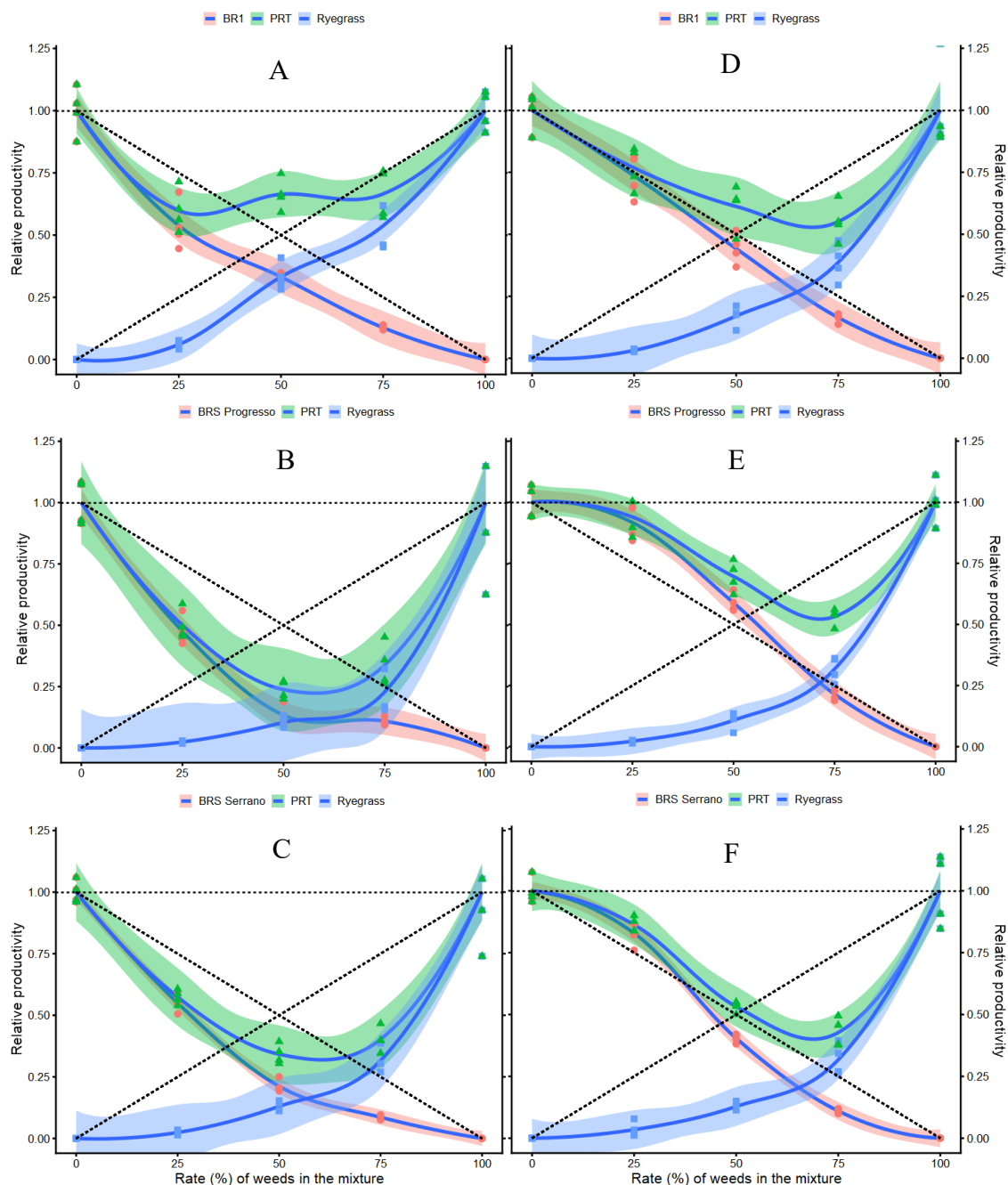


Figura 1. Produtividade relativa (PR) para área foliar (A, B e C) e massa seca da parte aérea (D, E e F) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano. (●) centeio, (■) azevém e total (▲). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

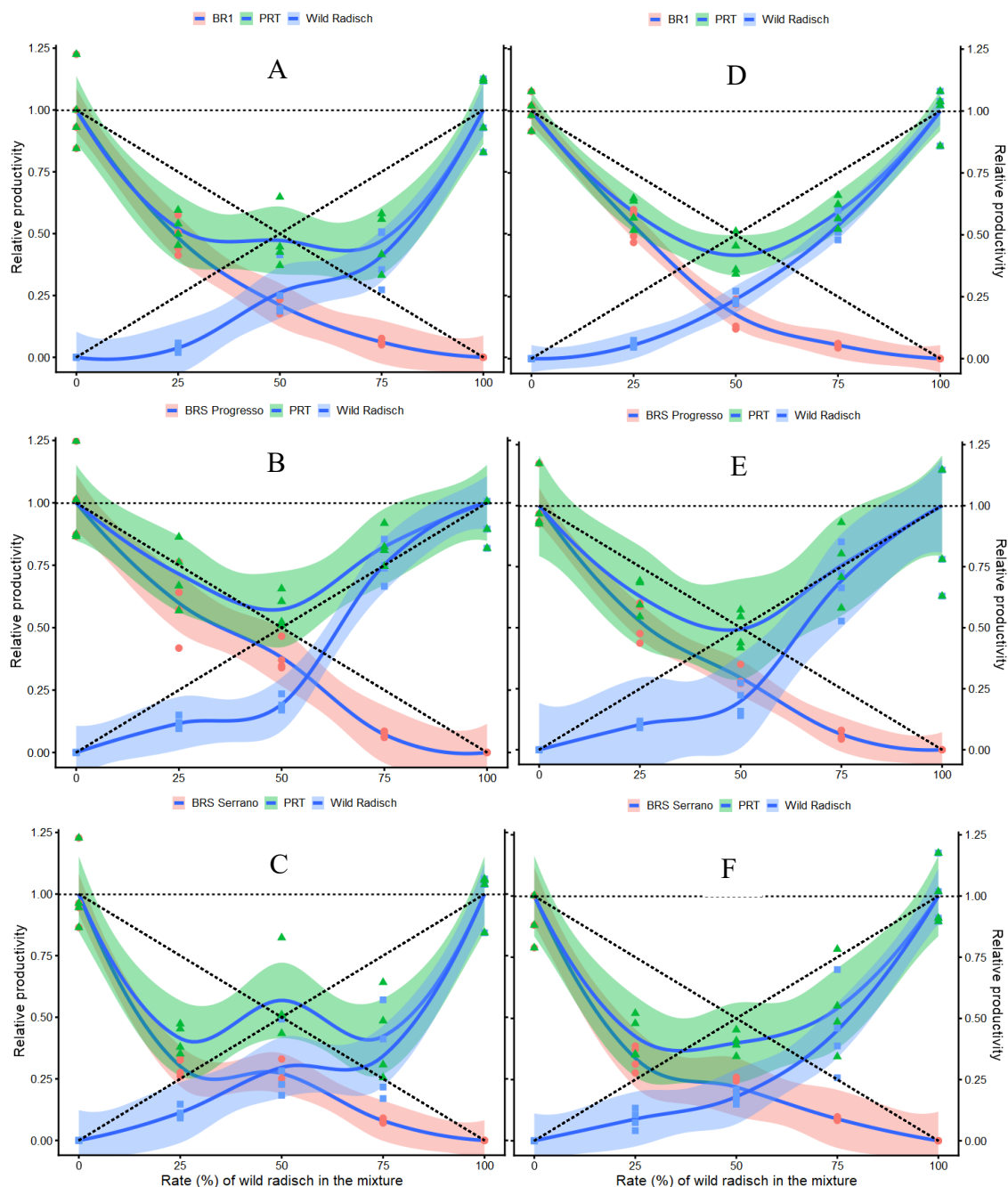


Figura 2. Produtividade relativa (PR) para área foliar (A, B e C) e massa seca da parte aérea (D, E e F) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano. (●) centeio, (■) nabo e total (▲). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o desvio padrão das observações.

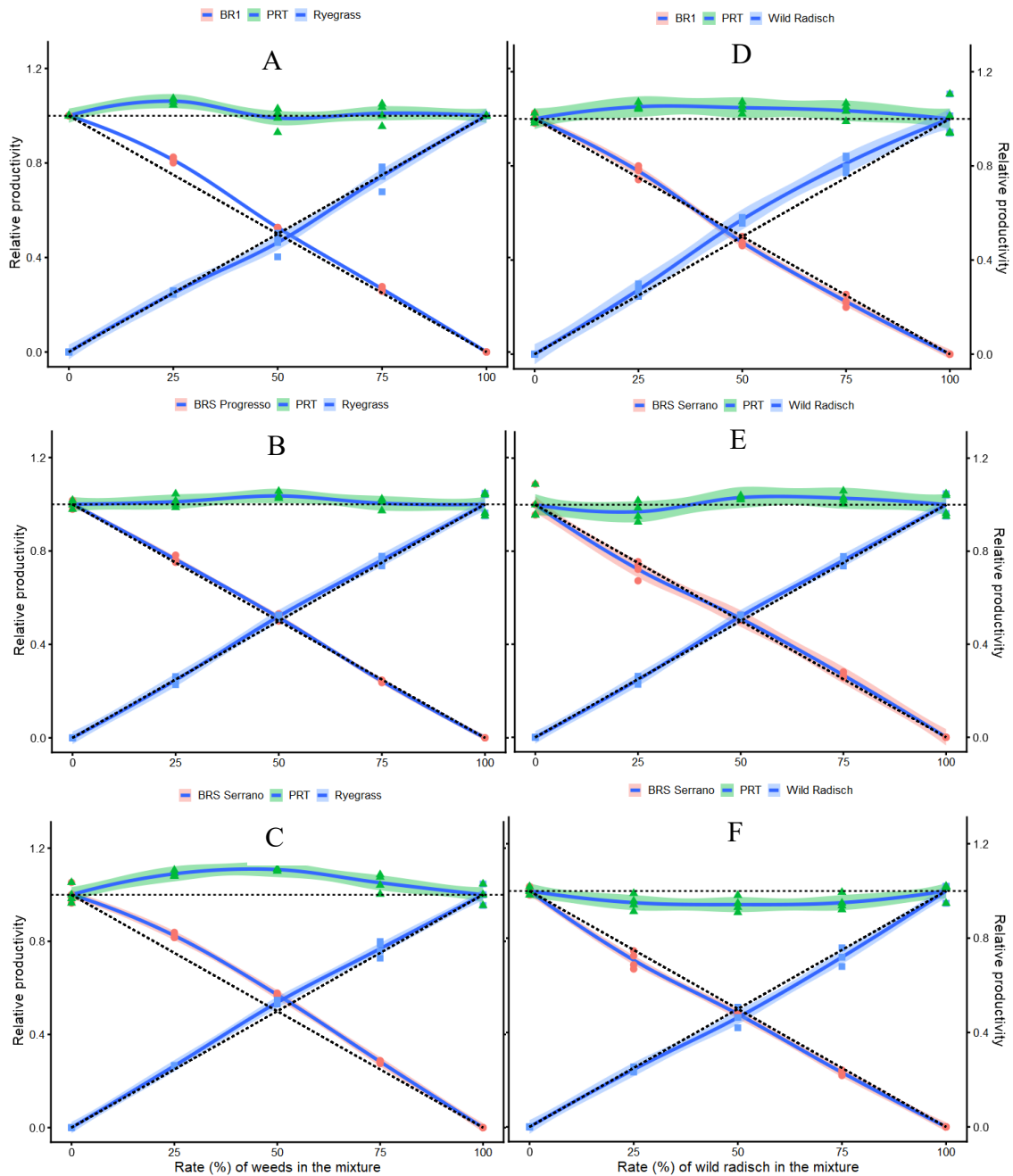


Figura 3. Produtividade relativa (PR) para concentração de CO_2 sub-estomática (C_i) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano contra azevém (A, B e C) ou nabo (D, E e F). (●) centeio, (■) daninha e total (▲). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas representam os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o intervalo de confiança a 95% das observações.

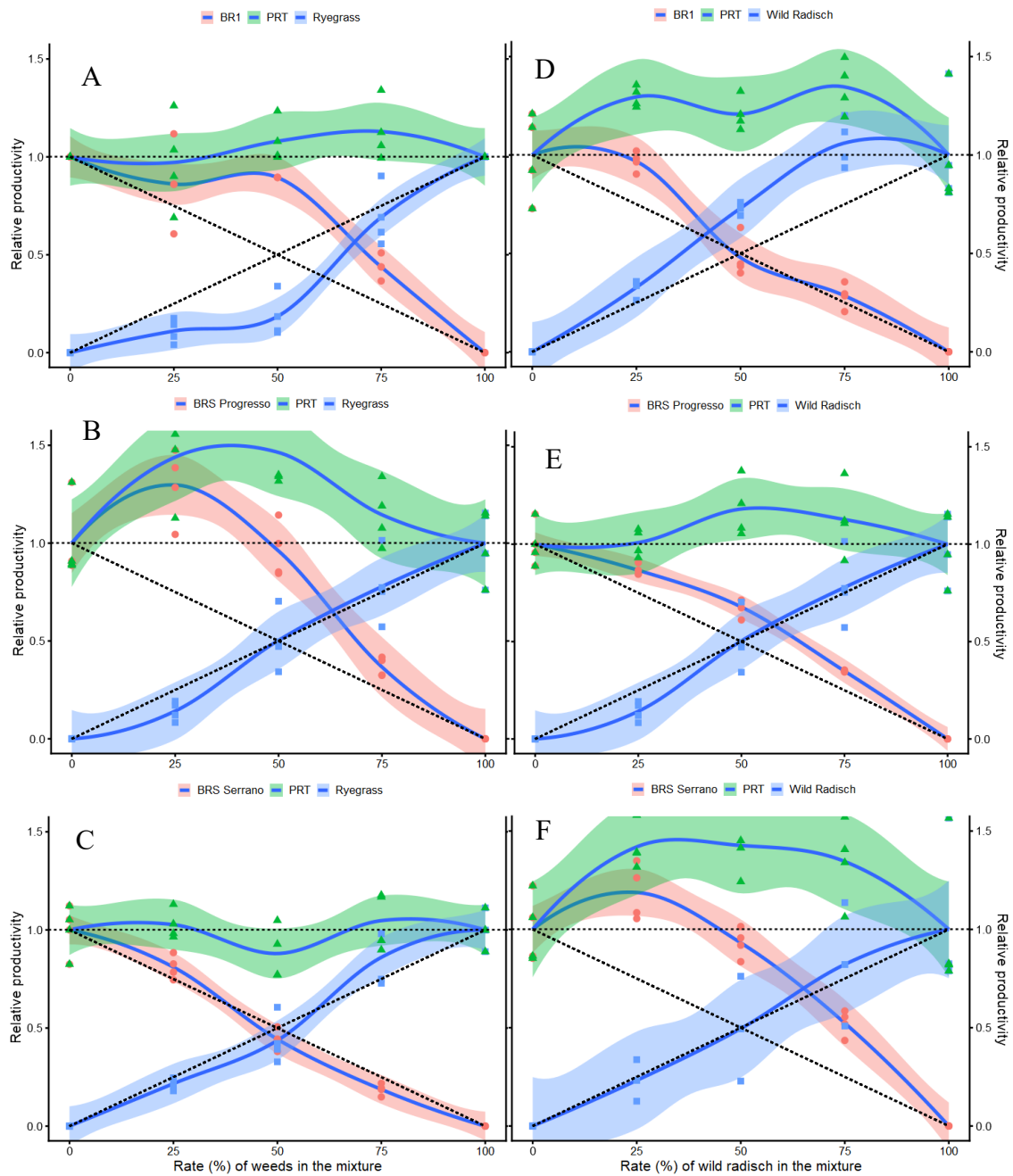


Figura 4. Produtividade relativa (PR) para taxa transpiratória (E) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano contra azevém (A, B e C) ou nabo (D, E e F). (●) centeio, (■) daninha e total (▲). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas representam os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o intervalo de confiança a 95% das observações.

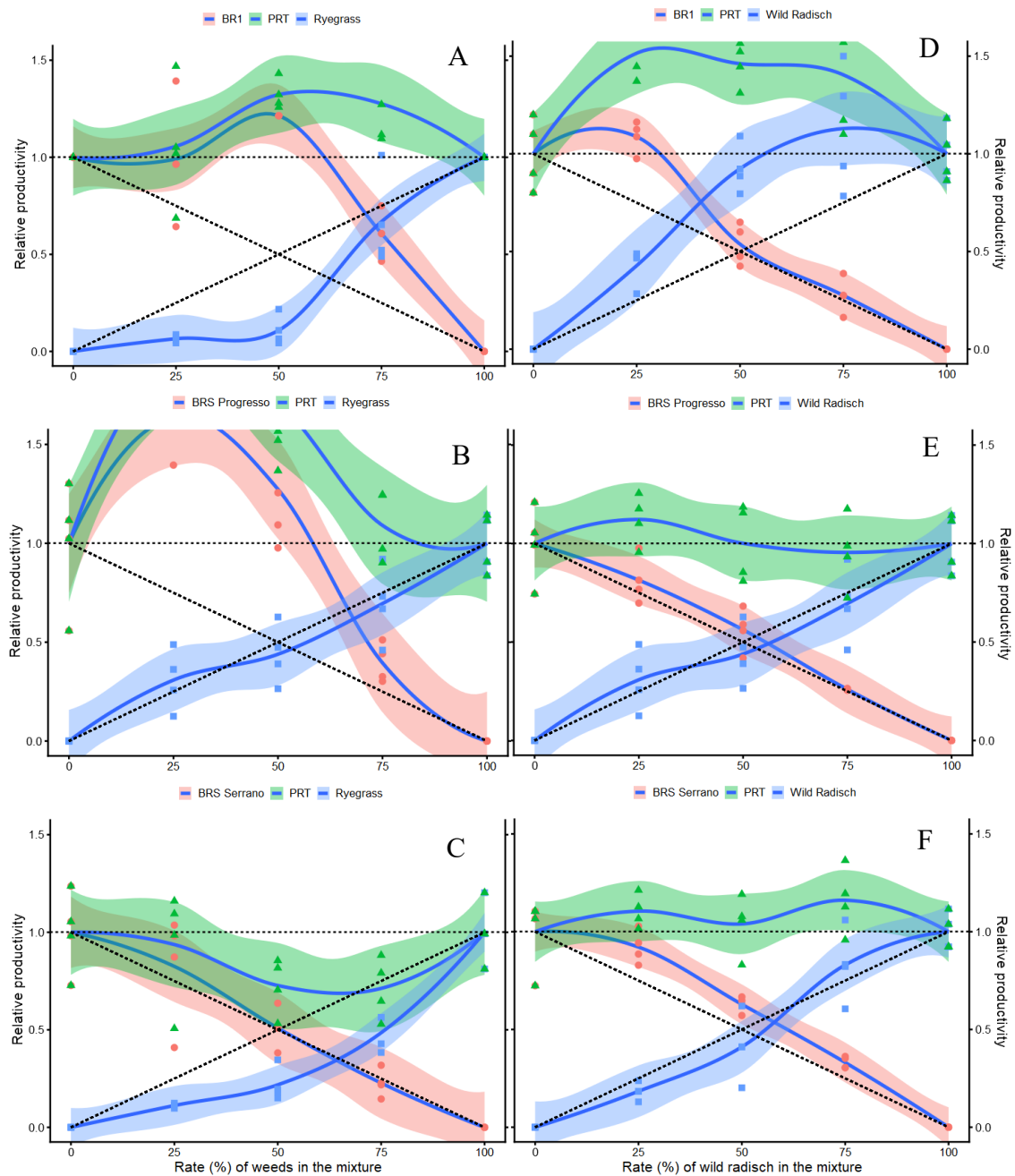


Figura 5 . Produtividade relativa (PR) para condutância estomática (Gs) das cultivares de centeio BR1, BRS Progresso e BRS Serrano contra azevém (A, B e C) ou nabo (D, E e F). (●) centeio, (■) daninha e total (▲). Linhas tracejadas representam os valores esperados, na ausência de competição, linhas sólidas representam os valores observados quando as espécies competiram em diferentes proporções de plantas e faixas coloridas representam o intervalo de confiança a 95% das observações.

Tabela 1. Respostas morfofisiológicas de cultivares de centeio submetidos a interferência do competidor azevém (*Lolium multiflorum*), expressas em área foliar ($\text{cm}^2 \text{ vaso}^{-1}$) e massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}), concentração interna de CO_2 sub-estomática ($\text{Ci} - \mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($\text{E} - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e condutância estomática de vapores de água ($\text{GS} - \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). UFFS, Campus Erechim/RS.

Genótipo	Proporção de plantas (centeio: azevém)	AF	MS	Ci	E	Gs
BR1	100:0 (T)	4547,0	18,0	335,6	1,6	0,07
	75:25	3261,4*	17,6	363,6*	1,8	0,09
	50:50	3019,1*	15,9	352,6*	2,8*	0,17*
	25:75	2328,3*	11,8*	358,2*	2,8*	0,17*
	CV (%)	10,8	12,8	1,8	14,3	19,4
Azevém	100:0 (T)	3627,4	13,3	322,3	2,9	0,23
	75:25	2599,5*	6,8*	319,5	2,7	0,21
	50:50	2409,4*	4,5*	298,6	1,1*	0,05*
	25:75	877,6*	1,7*	321,1	1,3*	0,06*
	CV (%)	16,5	25,2	5,1	27,2	31,1
BRS Progresso	100:0 (T)	5839,1	20,9	259,2	1,3	0,11
	75:25	4283,7*	23,1*	264,0	2,3*	0,24*
	50:50	2472,0*	16,9*	267,2	2,6*	0,27*
	25:75	2010,9*	9,2*	252,3	2,0*	0,17*
	CV (%)	8,4	6,5	2,3	17,2	27,4
Azevém	100:0 (T)	6007,3	12,1	369,6	3,3	0,36
	75:25	2532,3*	5,1*	375,0	3,4	0,33
	50:50	1565,4*	3,1*	384,6	3,4	0,32
	25:75	581,5*	1,6*	365,6	1,9*	0,44
	CV (%)	30,6	25,9	4,6	29,1	41,4
BRS Serrano	100:0 (T)	873,9	26,8	330,2	5,0	0,28
	75:25	3546,7*	32,8*	362,9*	5,4	0,30
	50:50	1494,6	31,6*	376,8*	4,4	0,28
	25:75	2441,7*	23,1	373,8*	3,7*	0,25
	CV (%)	20,6	9,0	2,5	12,9	31,1
Azevém	100:0 (T)	2269,1	21,7	309,3	2,8	0,33
	75:25	689,6*	9,2*	316,8	3,2	0,22*
	50:50	472,6*	4,7*	332,4*	2,5	0,15*
	25:75	220,5*	1,9*	328,2*	2,4	0,15*
	CV (%)	46,8	17,5	3,2	19,5	23,9

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

Tabela 2. Respostas morfofisiológicas de cultivares de centeio submetidos a interferência do competidor nabo (*Raphanus raphanistrum*), expressas em área foliar ($\text{cm}^{-2} \text{ vaso}^{-1}$) e massa seca da parte aérea (g vaso^{-1}), concentração interna de CO_2 sub-estomática ($\text{Ci} - \mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração ($\text{E} - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e condutância estomática de vapores de água ($\text{GS} - \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). UFFS, Campus Erechim/RS.

Genótipo	Proporção de plantas (centeio: nabo)	AF	MS	Ci	E	Gs
BR1	100:0 (T)	5491,4	21,7	317,8	3,9	0,20
	75:25	3541,0*	15,5*	329,7	5,0	0,29*
	50:50	2320,1*	7,7*	302,0	3,7	0,22
	25:75	1355,1*	4,8*	284,6*	4,4	0,22
	CV (%)	19,7	16,4	6,0	20,2	22,9
Nabo	100:0 (T)	6570,5	38,7	320,9	2,9	0,22
	75:25	3591,5*	27,8*	346,8	4,1*	0,33
	50:50	3437,6*	18,6*	367,2*	4,2*	0,41*
	25:75	998,1*	8,5*	351,0	3,8	0,38*
	CV (%)	30,8	12,8	6,7	16,2	23,9
BRS Progresso	100:0 (T)	3708,7	17,2	306,9	4,0	0,32
	75:25	2960,5	12,0*	295,6	4,6*	0,35
	50:50	2823,6	10,1*	313,3	5,4*	0,36
	25:75	1073,5*	4,4*	327,5	5,6*	0,34
	CV (%)	22,8	16,7	5,0	7,0	17,5
Nabo	100:0 (T)	3004,6	11,4	369,6	3,3	0,36
	75:25	3012,2	10,5	375,0	3,4	0,33
	50:50	1157,2*	4,5*	384,6	3,3	0,32
	25:75	1400,2*	4,7*	365,6	1,9*	0,44
	CV (%)	20,0	35,2	4,6	29,1	41,4
BRS Serrano	100:0 (T)	4445,6	15,9	336,8	1,7	0,26
	75:25	1785,0*	7,2*	317,3*	2,8*	0,32*
	50:50	2419,3*	7,0*	322,2	3,2*	0,33*
	25:75	1422,0*	5,7*	310,8*	3,6*	0,35*
	CV (%)	18,9	25,9	3,9	13,5	12,2
Nabo	100:0 (T)	3652,7	17,5	387,2	3,5	0,35
	75:25	1667,3*	10,5*	371,5	3,9	0,38
	50:50	2165,4*	6,3*	359,1	3,5	0,28
	25:75	1653,0*	6,2*	377,2	3,3	0,26
	CV (%)	35,3	31,4	5,6	42,0	28,5

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

Tabela 3. Índices de competitividade de variáveis morfofisiológicas entre cultivares de centeio com azevém (*Lolium multiflorum*) e nabo (*Raphanus raphanistrum*), competindo em proporções iguais de plantas (50:50), expressos por competitividade relativa (CR), coeficientes de agrupamentos relativos (K) e de agressividade (AG). UFFS, Campus Erechim/RS.

Cultivares x Plantas daninhas ¹	Centeio x azevém				Centeio x nabo			
	CR ²	Kx ³ (centeio)	Ky (azevém)	AG ⁴	CR	Kx (Centeio)	Ky (nabo)	AG
Área foliar (AF)								
BR 1	1,02±0,07	0,49±0,02	0,51±0,07	0,01±0,03	0,88±0,15	0,27±0,02	0,38±0,11	-0,05±0,05
BRS Progresso	8,72±1,98*	1,09±2,49	0,12±0,02	0,75±0,13*	2,00±0,18*	0,63±0,08*	0,24±0,02	0,19±0,03*
BRS Serrano	1,65±0,12*	0,27±0,02*	0,15±0,01	0,08±0,01*	1,02±0,17	0,38±0,04	0,47±0,17	-0,02±0,05
Massa seca (MS)								
BR 1	2,68±0,27*	0,81±0,10*	0,21±0,03	0,27±0,03*	0,73±0,10	0,22±0,05	0,32±0,02	-0,06±0,02
BRS Progresso	6,08±1,29*	1,45±0,12*	0,12±0,02	0,48±0,02*	1,58±0,22	0,42±0,04*	0,25±0,05	0,09±0,03
BRS Serrano	3,19±0,21*	0,68±0,02*	0,15±0,01	0,28±0,01*	1,24±0,17	0,28±0,03	0,22±0,02	0,04±0,03
Concentração interna de CO ₂								
BR 1	1,15±0,06	1,11±0,03*	0,87±0,07	0,06±0,02	0,83±0,02*	0,91±0,03*	1,34±0,03	-0,09±0,01*
BRS Progresso	1,09±0,08	1,21±0,03	0,89±0,07	0,04±0,01*	0,98±0,01	1,04±0,01	1,09±0,02	-0,01±0,01
BRS Serrano	1,06±0,01*	1,33±0,02*	1,16±0,02	0,03±0,01*	1,04±0,05	0,92±0,02	0,87±0,06	0,02±0,02
Taxa de transpiração								
BR 1	6,03±1,40*	8,52±0,20*	0,25±0,09	0,71±0,06*	0,66±0,08*	0,99±0,24*	2,73±0,19	-0,25±0,06*
BRS Progresso	1,07±0,12	1,31±0,04*	0,77±0,01	0,01±0,06	1,44±0,24	2,15±0,22	1,19±0,41	0,07±0,08
BRS Serrano	1,06±0,14	0,81±0,08	0,85±0,24	0,01±0,06	2,33±0,73	7,95±2,11	1,36±0,63	0,44±0,15
Condutância estomática								
BR 1	5,83±4,84*	5,67±0,49*	0,13±0,05	1,11±0,04*	0,59±0,09*	1,25±0,26	2,91±5,23	-0,39±0,10
BRS Progresso	4,79±1,23*	2,79±1,30*	0,08±0,05	0,34±0,07*	1,41±0,29	1,39±0,29	0,89±0,28	0,12±0,088
BRS Serrano	2,54±0,42*	1,11±0,24*	0,29±0,08	0,29±0,06*	1,81±0,46	1,72±0,14*	0,82±0,29	0,22±0,09

* Diferença significativa pelo teste t ($p \leq 0,05$). ¹ Avaliação do parâmetro indicado na variável definida na proporção de densidade 50:50, em comparação com os respectivos controles pelo teste de Dunnett ($p \leq 0,05$); ² Significativo quando diferente de “1” pelo teste t; ³ Diferença entre Kx e Ky no mesmo nível de competição (50:50), comparada pelo teste t com critério de Welch; ⁴ Significativo quando diferente de “0” pelo teste t. * diferença significativa ($p \leq 0,05$).