

Passo Fundo, RS / Março, 2026



Resistência de cultivares de trigo à brusone da espiga: resultados dos ensaios cooperativos das safras 2024 e 2025

João Leodato Nunes Maciel⁽¹⁾, Emerson Medeiros Del Ponte⁽²⁾, Ana Carolyne Costa de Carvalho⁽³⁾, Jorge Henrique Chagas⁽⁴⁾, Ângelo Aparecido Barbosa Sussel⁽⁵⁾, Vanoli Fronza⁽⁶⁾, Tassiano Maxwell Marinho Câmara⁽⁷⁾, José Maria Villela Pádua⁽⁸⁾, Ana Luiza Maria Serpa Andrade⁽⁹⁾, Luciel Rauni Dezordi⁽¹⁰⁾, Mateus Augusto de Oliveira⁽¹⁰⁾, Klever Marcio Antunes Arruda⁽¹¹⁾, Emerson Júlio de Souza Cappellesso⁽¹²⁾, João Paulo Oliveira Ribeiro⁽¹³⁾ e Daniel Augusto Schurt⁽¹⁾

⁽¹⁾ Pesquisadores, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. ⁽²⁾ Professor, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG. ⁽³⁾ Engenheira-agrônoma, estudante de doutorado da UFV, Viçosa, MG. ⁽⁴⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, Planaltina, DF. ⁽⁵⁾ Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. ⁽⁶⁾ Pesquisador, Embrapa Trigo, Uberaba, MG. ⁽⁷⁾ Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. ⁽⁸⁾ Professor, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG. ⁽⁹⁾ Engenheira-agrônoma, estudante de mestrado da UFLA, Lavras, MG. ⁽¹⁰⁾ Engenheiro-agrônomo, Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba (COOPADAP), São Gotardo, MG. ⁽¹¹⁾ Pesquisador, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), Londrina, PR. ⁽¹²⁾ Pesquisador, Círculo Verde Assessoria e Pesquisa, Luis Eduardo Magalhães, BA. ⁽¹³⁾ Pesquisador, Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, Maracaju, MS.

Resumo — A geração de cultivares de trigo resistentes à brusone e adaptadas ao cultivo no Brasil é um grande desafio para a triticultura brasileira e, nesse contexto, é muito importante avaliar esses genótipos sob condições naturais de campo com alta ocorrência da doença. O objetivo deste estudo foi avaliar cultivares de trigo em ambiente de campo em relação a três variáveis; área abaixo da curva de progresso da incidência de brusone da espiga (AACPI), rendimento de grãos e peso do hectolitro dos grãos. Essas avaliações foram realizadas nos ensaios de campo conduzidos no âmbito da Rede de Ensaios Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe). Foram analisados os resultados obtidos em dez ensaios, quatro conduzidos em 2024 e seis em 2025. Os dados das três variáveis avaliadas nos ensaios foram submetidos à análise de variância individualizada e conjunta. A data de espigamento das cultivares foi utilizada para construir uma medida fenológica padronizada entre ambientes. Verificou-se que, embora o efeito da data de espigamento tenha sido significativo, foi de baixa magnitude, mostrando que possivelmente a maior parte da variação entre cultivares deva ser atribuída à resistência genética. As cultivares que se destacaram em relação às menores AACPI foram: TBIO Convicto, ORS Feroz e TBIO Duque; maior rendimento de grãos: TBIO Valente, ORS 1403 e BRS Savana; e maior peso do hectolitro: BRS Savana e TBIO Valente.

Termo para indexação: *Triticum aestivum*, *Pyricularia oryzae* Triticum, incidência, resistência genética.

Resistance of wheat cultivars to head blast: results of cooperative trials in the 2024 and 2025 growing seasons

Abstract — The generation of wheat cultivars resistant to blast and adapted to cultivation in Brazil is a major challenge for Brazilian wheat farming,

Embrapa Trigo

Rodovia BR-285, km 294
Caixa Postal 78
99022-100 Passo Fundo, RS
www.embrapa.br/trigo
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Daniel Augusto Schurt

Membros

Alaerto Luiz Marcolan, Alexandre Ferreira do Nascimento, Alvadi Antonio Balbinot Junior, Gilberto Rocca da Cunha, João Leonardo Fernandes Pires, Jorge Alberto de Gouvêa, Joseani Mesquita Antunes e Sandra Maria Mansur Scagliusi

Normalização bibliográfica

Graciela Olivella Oliveira (CRB-10/1434)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Márcia Barrocas Moreira Pimentel

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

and in this context, it is very important to evaluate these genotypes under natural field conditions with a high incidence of the disease. The objective of this study was to evaluate wheat cultivars in a field environment in relation to three variables: area under the curve of progress of head blast incidence (AUDPC), grain yield, and hectoliter weight of grains. These evaluations were carried out in field trials conducted within the scope of the Cooperative Trial Network for Resistance to Wheat Head Blast (Recorbe). The results obtained in ten trials were analyzed, four conducted in 2024 and six in 2025. The data from the three variables evaluated in the trials were subjected to individual and joint analysis of variance. The heading date of the cultivars was used to construct a standardized phenological measure across environments. It was found that, although the effect of heading date was significant, it was of low magnitude, showing that possibly most of the variation between cultivars should be attributed to genetic resistance. The cultivars that stood out in relation to the lowest AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve) were: TBIO Convicto, ORS Feroz and TBIO Duque; highest grain yield: TBIO Valente, ORS 1403 and BRS Savana; and highest hectoliter weight: BRS Savana and TBIO Valente.

Index term: *Triticum aestivum*, *Pyricularia oryzae* Triticum, incidence, genetic resistance.

Introdução

A brusone do trigo (*Triticum aestivum* L.), causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* Triticum, continua sendo um grande desafio para a produção de trigo no Brasil. Além do trigo, a espécie *P. oryzae* causa sintomas e danos em mais de 50 espécies de plantas da família Poaceae (a família das gramíneas), incluindo espécies de culturas agrícolas como arroz, cevada, milho e aveia (Choi et al., 2023). No trigo, é uma doença cuja redução na produtividade pode ser de 63% para uma incidência de 50% nas espigas (Santos et al., 2023). Os danos maiores são observados nas lavouras dos estados do Brasil Central, embora também prejudique a cultura de forma relativamente importante nos estados da região Sul do país, especialmente no norte do Paraná (Torres et al., 2022).

Desde sua identificação, em 1985 (Igarashi et al., 1986), diversas ações têm sido desenvolvidas no Brasil por instituições de pesquisa, universidades, cooperativas e associações de produtores, com o objetivo de gerar e divulgar conhecimento sobre as melhores opções de manejo e controle da

brusone do trigo. Nesse sentido, destacam-se as ações de melhoramento genético realizadas por obtentores públicos e privados, os quais têm despendido grandes esforços e recursos, tanto humanos como financeiros, com vistas a oferecer melhores alternativas para o produtor em termos de cultivares mais resistentes à doença. Um evento, que pode ser caracterizado como marco fundamental relativo ao desafio que é para triticultura brasileira enfrentar a brusone do trigo, foi a disponibilização, a partir de meados da década de 2010, de cultivares com a sequência 2NS no seu genoma (Silva et al., 2025). Devido à característica conferida por esta sequência, de maior resistência à doença aos genótipos de trigo que a possuem, pode-se afirmar que a crescente adoção por parte dos produtores do Brasil Central de cultivares com a referida sequência está bastante associado ao recente aumento, relativamente significativo, da área e produção de trigo naquela região do país (Companhia Nacional de Abastecimento, 2026).

A Rede de Ensaio Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe) é uma iniciativa liderada pela Embrapa Trigo que conta com a parceria de diversos colaboradores em diversos locais do Brasil e se baseia na condução de ensaios de campo para avaliar cultivares de trigo quanto à resistência à brusone nas espigas (Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2018). O seu principal objetivo é caracterizar, em ambiente natural, as cultivares de trigo que são disponibilizadas para os produtores, permitindo que os mesmos, de posse das informações que são apresentadas nos boletins técnicos da rede, possam identificar aquelas cultivares com melhor desempenho em relação à incidência da brusone nas espigas, rendimento de grãos e peso do hectolitro de grãos. Até o momento, três boletins foram publicados e disponibilizados para o público interessado (Maciel et al., 2020, 2022, 2024). No presente estudo, são apresentados resultados da reação à brusone de 20 cultivares de trigo avaliadas em ensaios da Recorbe conduzidos nas safras de 2024 e 2025. O objetivo do estudo foi avaliar cultivares de trigo em ambiente de campo em relação a três variáveis; área abaixo da curva de progresso da incidência de brusone da espiga (AACPI), rendimento de grãos (RG; kg ha⁻¹) e peso hectolitro (PH; kg hL⁻¹). O estudo vem ao encontro dos Objetivos Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 e 12, que é o de acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição promovendo a agricultura sustentável, de forma a assegurar padrões de produção e de consumo.

Material e métodos

Os ensaios da Recorbe de 2024 e 2025 foram conduzidos sob condições de campo conforme estabelecido por protocolo da Subcomissão de Fitopatologia da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (CBPTT) (Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2018). O número de cultivares ou linhagens avaliadas por ensaio variou de 11 a 16 (Tabelas 1 e 2). As sementes foram cedidas pelas empresas obtentoras, preparadas na Embrapa Trigo e enviadas para os executores dos ensaios, de forma que cada pacote de papel contivesse a quantidade necessária para cada parcela. As sementes foram tratadas com dois produtos comerciais de ação fungicida cujos ingredientes ativos (i.a.) e dosagens utilizadas dos mesmos para 100 Kg de sementes foram os seguintes:

piraclostrobina, 25 g; tiofanato metílico 225 g; fipronil, 250 g; e triadimenol, 75 g.

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições. O tamanho de cada parcela (unidade experimental) foi de 5,0 m², tendo sido semeadas cinco linhas de 5,0 m de comprimento e 0,2 m entre linhas. Adubação, controle de insetos e plantas daninhas, além da escolha dos fungicidas utilizados para controlar doenças foliares que ocorreram em alguns ensaios, seguiram as orientações descritas na publicação “Informações Técnicas para Trigo e Triticale – Safra 2024 & 2025” (Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2024). As aplicações de fungicidas nas plantas foram realizadas até o estágio de emborrachamento - 44 da escala fenológica de Zadoks et al. (1974).

Tabela 1. Relação e características das cultivares de trigo utilizadas nos ensaios da Rede de Ensaios Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe) nas safras 2024 e 2025.

Obtentor	Cultivar/linhagem	Ano de lançamento	Resistência à brusone ⁽¹⁾
Biotrigo Genética	TBIO Sossego	2015	MR/R ⁽²⁾
	TBIO Duque	2017	MR
	TBIO Aton	2018	MR
	TBIO Calibre	2020	MR
	TBIO Convicto	2023	MR
	TBIO Valente ⁽³⁾	2026	SI
Biotrigo Genética / Fundação Pró-Sementes	FPS Regente	2019	MR
	FPS Luminus	2021	MR
	FPS Xerife	2022	MR
Embrapa	BRS 264	2005	S
	BRS 404	2015	MS
	BRS Savana ⁽³⁾	2026	SI
	IPF 86749 ⁽⁴⁾	–	SI
OR Genética de Sementes	ORS 1401	2015	MR
	ORS 1403	2016	MR
	ORS Feroz	2021	MR
	ORS Guardiã	2021	MR
	ORS Absoluto	2022	MR
	ORS Soberano	2023	MR
Semevinea Genética Avançada	Trópico ⁽³⁾	2026	SI

⁽¹⁾ Reação à brusone da espiga indicada pela empresa obtentora da cultivar (Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2024): R: resistente; MR: moderadamente resistente; S: suscetível; SI: sem informação.

⁽²⁾ A reação à brusone é descrita pelo obtentor no momento do registro da cultivar junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária.

⁽³⁾ O registro de lançamento deverá constar na edição de 2026 da publicação “Informações Técnicas para Trigo e Triticale”.

⁽⁴⁾ Linhagem em tramitação para lançamento.

Tabela 2. Caracterização dos ensaios da Rede de Ensaios Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe) conduzidos em 2024 e em 2025.

Ano	Ensaio	Instituição responsável ⁽¹⁾	Variáveis analisadas ⁽²⁾	Data de semeadura	Nº de cultivares avaliadas
2024	Maracaju (MS)	Fundação MS	RG, PH		12
	Lavras (MG)	UFLA	AACPI	29/01/2024	11
	Planaltina (DF)	Embrapa Cerrados	RG, PH, AACPI	07/03/2024	12
	São Miguel dos Campos (AL)	Embrapa Tabuleiros Costeiros	AACPI	24/07/2024	15
2025	Lavras (MG)	UFLA	RG, AACPI	17/02/2025	16
	São Gotardo (MG)	COOPADAP	RG, PH, AACPI	13/02/2025	14
	Londrina (PR)	IDR-PR	RG, PH, AACPI	27/03/2025	14
	Planaltina (DF)	Embrapa Cerrados	RG, PH, AACPI	24/02/2025	14
	Luís Eduardo Magalhães (BA)	Círculo Verde Assessoria e Pesquisa	RG, PH, AACPI	22/04/2025	13
	Uberaba (MG)	Embrapa Trigo	AACPI	17/02/2025	14

⁽¹⁾ Instituição responsável: Fundação MS, Fundação Mato Grosso do Sul para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias; UFLA, Universidade Federal de Lavras; COOPADAP, Cooperativa Agropecuária do Alto Paranaíba; IDR-PR, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná.

⁽²⁾ Variáveis submetidas à análise estatística: AACPI (área abaixo da curva de progresso da incidência); RG (rendimento de grãos); PH (peso do hectolitro).

Variáveis-resposta

As variáveis utilizadas para comparar as cultivares foram RG, PH e AACPI. A AACPI foi calculada a partir dos dados de incidência percentual de brusone nas espigas avaliadas em diferentes tempos (Shaner; Finney, 1977):

em que:

Y_i = Incidência percentual de brusone na espiga na i -ésima observação;

$$AACPI = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+n1} + Y_i)/2] [X_{i+1} - X_i]$$

X_i = tempo (dias) na i -ésima observação;

n = número total de observações.

Y_i e Y_{i+1} = duas avaliações consecutivas realizadas nos tempos X_i e $X_i + 1$, respectivamente.

A avaliação da incidência foi realizada em uma amostra de 100 espigas por parcela, observadas em uma linha de cultivo de plantas posicionada distante 50 cm do final das parcelas. Após a primeira avaliação, esses critérios de amostragem foram mantidos nas avaliações subsequentes, as quais variaram de quatro a oito, com intervalo entre avaliações variando de 6 a 10 dias, dependendo do ensaio. Entretanto, para cálculo da AACPI, foram consideradas três avaliações da incidência de brusone de cada parcela e duas no ensaio Lavras-2024, utilizando como critério uma sequência crescente de valores de incidência da doença, sendo que a última observação foi a do maior valor observado na parcela ou o primeiro registro de 100%.

No final do ciclo da cultura, a quantificação do RG foi realizada a partir da colheita mecânica de grãos de toda a área das parcelas de cada cultivar. Grãos de cada parcela foram utilizados para determinar o PH.

Análises por ensaio

A análise de variância (ANOVA) foi realizada de forma individualizada para cada ensaio. Nos casos em que as premissas de normalidade e homogeneidade de variâncias não foram atendidas, realizou-se a transformação dos dados. Para a AACPI, todos os ensaios conduzidos em 2024 passaram por transformação logarítmica (Tabelas 3 e 4), enquanto, em 2025, os dados do ensaio de Lavras foram transformados por logaritmo e os de Planaltina por raiz quadrada (Tabelas 5 e 6, respectivamente).

Tabela 3. Rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH) e Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPI) em ensaios com cultivares de trigo conduzidos no âmbito da Rede de Ensaios Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe) em Maracaju (MS) e Lavras (MG) em 2024.

Cultivar	Maracaju – 2024		Lavras – 2024
	RG (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	AACPI
FPS Regente	1.011 a ⁽¹⁾	76,7 ab	289 ab
FPS Luminus	1.275 ab	76,1 a	214 ab
ORS Feroz	1.490 abc	81,7 ab	166 a
FPS Xerife	1.555 abcd	79,2 ab	129 a
IPF 86749	1.715 abcd	82,5 ab	69 a
TBIO Duque	1.872 bcde	79,6 ab	85 a
BRS 264	1.906 bcde	76,9 ab	550 b
ORS 1401	2.029 cde	78,9 ab	253 ab
TBIO Sossego	2.089 cde	76,9 ab	277 ab
TBIO Aton	2.279 de	79,2 ab	318 ab
ORS 1403	2.468 e	79,3 ab	97 a
BRS 404	2.555 e	83,8 b	– ⁽²⁾

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

⁽²⁾ (–) Cultivar não avaliada no ensaio.

Tabela 4. Rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH) e Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPI) em ensaios com cultivares de trigo conduzidos no âmbito da Rede de Ensaios Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe) em Planaltina (DF) e São Miguel dos Campos (AL) em 2024.

Cultivar	Planaltina – 2024			São Miguel dos Campos – 2024
	RG (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	AACPI	AACPI
FPS Regente	1.454 ab ⁽¹⁾	78,0 c	38 de	– ⁽²⁾
FPS Luminus	1.564 abc	79,1 c	10 bcd	–
ORS Feroz	2.048 cde	76,2 b	123 e	9 a
FPS Xerife	1.662 abcd	81,1 e	0,0 a	–
IPF 86749	1.330 a	80,5 de	0,0 a	154 de
TBIO Duque	1.712 abcd	78,7 c	5 abc	9 a
BRS 264	1.745 abcd	72,6 a	801 f	173 e
ORS 1401	1.912 bcde	80,6 e	0,0 a	–
TBIO Sossego	1.601 abcd	80,8 e	0,0 a	–
TBIO Aton	2.109 de	79,2 cd	13 cd	162 de
ORS 1403	1.769 abcde	80,5 de	3 ab	16 abc
BRS 404	2.269 e	81,6 e	76 e	30 bcde
ORS Absoluto	–	–	–	23 bcd
TBIO Trunfo	–	–	–	44 bcde
ORS Guardiã	–	–	–	50 cde
ORS Senna	–	–	–	85 cde
TBIO Astro	–	–	–	78 de
TBIO Blanc	–	–	–	75 de
TBIO Convicto	–	–	–	89 de
TBIO Audaz	–	–	–	134 de

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

⁽²⁾(–) Cultivar não avaliada no ensaio.

Tabela 5. Rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH) e Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPI) em ensaios com cultivares de trigo conduzidos no âmbito da Rede de Ensaios Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe) em Lavras (MG), São Gotardo (MG) e Londrina (PR) em 2025.

Cultivar	Lavras – 2025		São Gotardo – 2025			Londrina – 2025		
	RG (kg ha ⁻¹)	AACPI	RG (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	AACPI	RG (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	AACPI
BRS 264	456 a ⁽¹⁾	199 cd	1.245 ab	68,2 a	1.299 a	1.769 abc	77 f	84 e
TBIO Calibre	500 a	205 cd	3.138 ab	74,9 a	1.111 a	2.250 cde	67 de	14 bc
TBIO Duque	708 abc	19 ab	3.014 ab	76,8 a	1.220 a	1.522 ab	64 abcd	0,0 a
ORS Soberano	640 ab	312 cd	2.648 ab	74,9 a	1.084 a	1.669 abc	66 cde	20 bcd
TBIO Aton	689 abc	322 cd	2.935 ab	70,8 a	1.175 a	1.876 abcd	61 ab	112 ef
ORS Feroz	770 abc	84 bcd	3.262 ab	74,4 a	517 a	2.032 abcde	66 cde	6 ab
TBIO Sossego	741 abc	222 cd	– ⁽²⁾	–	–	–	–	–
ORS Guardiã	842 abcd	114 bcd	2.952 ab	78,5 a	1.269 a	2.544 de	69 e	14 bc
ORS Absoluto	853 abcd	224 cd	2.633 ab	74,3 a	1.172 a	2.059 abcde	61 a	60 de
ORS 1401	986 abcd	187 cd	–	–	–	–	–	–
TBIO Convicto	951 abcd	6 a	2.823 a	68,2 a	890 a	1.473 a	61 a	4 ab
BRS 404	1.030 abcd	443 d	2.574 ab	69,9 a	874 a	1.583 abc	64 abcd	252 f
Semev. Trópico	1.082 abcd	295 cd	2.839 ab	77,1 a	1.228 a	1.547 abc	65 bcd	16 bcd
ORS 1403	1.236 bcd	95 bcd	3.624 b	71,0 a	1.307 a	1.723 abc	63 abc	19 bcd
BRS Savana	1.345 cd	79 bc	2.832 ab	84,6 a	1.221 a	2.609 e	73 f	32 cde
TBIO Valente	1.457 d	54 bc	3.841 b	80,4 a	1.062 a	2.199 bcde	65 bcd	0,0 a

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

⁽²⁾Cultivar não avaliada no ensaio.

Tabela 6. Rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH) e Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPI) em ensaios com cultivares de trigo conduzidos no âmbito da Rede de Ensaios Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe) em Planaltina (DF), Luís Eduardo Magalhães (BA) e Uberaba (MG) em 2025.

Cultivar	Planaltina – 2025			Luís Eduardo Magalhães – 2025			Uberaba – 2025
	RG (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	AACPI	RG (kg ha ⁻¹)	PH (kg hL ⁻¹)	AACPI	AACPI
BRS 264	1.999 a ⁽¹⁾	70,4 a	867 h	1.947 a	76,0 a	1.133 d	969 c
TBIO Calibre	3.554 bcd	80,2 bcdef	68 bc	1.754 a	78,0 a	134 ab	544 b
TBIO Duque	3.145 b	79,2 bc	40 abc	1.780 a	78,0 a	71 a	464 b
ORS Soberano	3.399 bcd	79,8 bcde	206 ef	1.988 a	79,0 a	542 bc	607 b
TBIO Aton	3.598 bcd	79,9 bcde	188 def	2.314 a	80,2 a	123 ab	660 b
ORS Feroz	3.023 b	79,7 bcd	66 bc	1.488 a	60,5 a	141 ab	598 b
TBIO Sossego	– ⁽²⁾	–	–	–	–	–	–
ORS Guardião	3.371 bcd	80,2 cde	61 bc	2.027 a	80,0 a	888 cd	619 b
ORS Absoluto	3.531 bcd	79,0 b	231 f	2.210 a	76,7 a	401 ab	642 b
ORS 1401	–	–	–	–	–	–	–
TBIO Convicto	3.199 bc	80,4 de	7 a	2.000 a	80,7 a	84 a	128 a
BRS 404	3.091 b	80,1 bcdef	534 g	-	-	-	581 b
Semev. Trópico	3.751 cd	79,3 bcd	109 cde	2.148 a	78,3 a	325 ab	600 b
ORS 1403	3.768 cd	81,3 ef	48 abc	2.182 a	79,6 a	102 a	502 b
BRS Savana	3.859 d	82,3 f	85 bcd	2.069 a	81,9 a	480 abc	464 b
TBIO Valente	4.742 e	84,4 g	34 ab	2.214 a	80,4 a	232 ab	448 b

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

⁽²⁾(-) Cultivar não avaliada no ensaio.

Nos ensaios em que a transformação não foi suficiente para atender às premissas da ANOVA, utilizou-se a ANOVA com variância robusta (HC3), apropriada para situações em que não há homocedasticidade e não é necessário assumir normalidade dos erros (White, 1980). Assim, essa abordagem foi empregada aos dados de AACPI do ensaio de Londrina-2025 (Tabela 5); aos dados de RG para o ensaio de Luís Eduardo Magalhães-2025 (Tabela 6); e aos dados de PH dos ensaios Planaltina-2025 e Luís Eduardo Magalhães-2025 (Tabela 6). Apenas os dados originais estão sendo apresentados nas tabelas deste documento, mantendo-se a transformação restrita às análises estatísticas. Quando a ANOVA indicou efeito significativo das cultivares, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises e testes estatísticos foram realizados no software R, versão 4.5.0 (R Core Team, 2025).

Análise conjunta das variáveis resposta

A data de espigamento das cultivares foi utilizada para construir uma medida fenológica padronizada entre ambientes (Figura 1). Para cada ensaio, calculou-se a média do dia de espigamento e determinou-se o espigamento relativo (ER), definido como a diferença entre a data observada para cada cultivar e a média do respectivo ambiente. Valores

negativos indicam cultivares mais precoces e valores positivos indicam cultivares mais tardios. Para ambientes sem registro de espigamento (Eduardo Magalhães-2025 e São Gotardo-2025), o ER foi imputado pela média do ER daquela cultivar nos demais ambientes avaliados, permitindo manter o conjunto completo de dados.

Para análise conjunta da resistência, baseada na análise dos dados de AACPI, foram usados dados de sete dos 10 ensaios considerados aptos a serem apresentados neste documento (Tabela 2). Os três ensaios não incluídos na análise foram: Maracajú-2024, pela incidência de brusone na espiga não ter sido avaliada (sem AACPI), e Londrina-2025 e São Miguel dos Campos-2024, por apresentarem médias de AACPI de todas as cultivares avaliadas menor do que 100, sugerindo baixa ocorrência da doença (Figuras 2, 3 e 5). Também, foram excluídas da análise conjunta seis das 20 cultivares (Tabela 1), restando 14 cultivares. O critério para manutenção de uma cultivar na análise foi que a mesma tivesse sido avaliada em pelo menos cinco ensaios.

Para melhorar os pressupostos de normalidade e homocedasticidade, a AACPI foi transformada por raiz quadrada. Ajustaram-se dois modelos mistos lineares: (i) um modelo base, sem covariáveis, e (ii) um modelo incluindo ER como covariável fixa, ambos contendo como efeitos aleatórios o

ambiente, a cultivar e a interação ambiente x cultivar. A comparação entre modelos foi realizada por teste de razão de verossimilhança. Os modelos foram ajustados com o pacote lme4 do ambiente estatístico R. Os valores médios ajustados de AACPI (*BLUPs*; *Best Linear Unbiased Prediction*) das cultivares foram obtidos na escala transformada e posteriormente destransformados para AACPI.

A estabilidade da resistência das cultivares foi estimada utilizando o método *WAASB* (*Weighted Average of Absolute Scores*) implementado no pacote metan do R, empregando os valores originais de AACPI e considerando ambiente, repetição e interação como efeitos relevantes para a decomposição da estabilidade. Para a classificação final dos cultivares, primeiramente foram derivados os valores médios ajustados (*BLUPs*) de AACPI. Em seguida, realizou-se uma análise de agrupamento (*k-means*) sobre os valores de AACPI, definindo quatro grupos

de resistência: resistente (R), moderadamente resistente (MR), moderadamente suscetível (MS) e suscetível (S). A estabilidade (*WAASB*) foi utilizada como informação complementar.

Toda a abordagem estatística utilizada nos dados permitiu distinguir resistência verdadeira de possíveis efeitos de escape fenológico, estimar a estabilidade entre ambientes e classificar objetivamente as cultivares em grupos de desempenho quanto à brusone da espiga.

A análise conjunta dos dados de RG e PH, com modelo misto, mas sem a covariável de espigamento relativo, foi feita para cinco e quatro ensaios, respectivamente (Figuras 4A e 4B, respectivamente). Os valores médios ajustados de RG (*BLUPs*) para cada cultivar foram obtidos e relacionados, em um gráfico de dispersão, com os *BLUPs* da AACPI de cada cultivar (Figura 5).

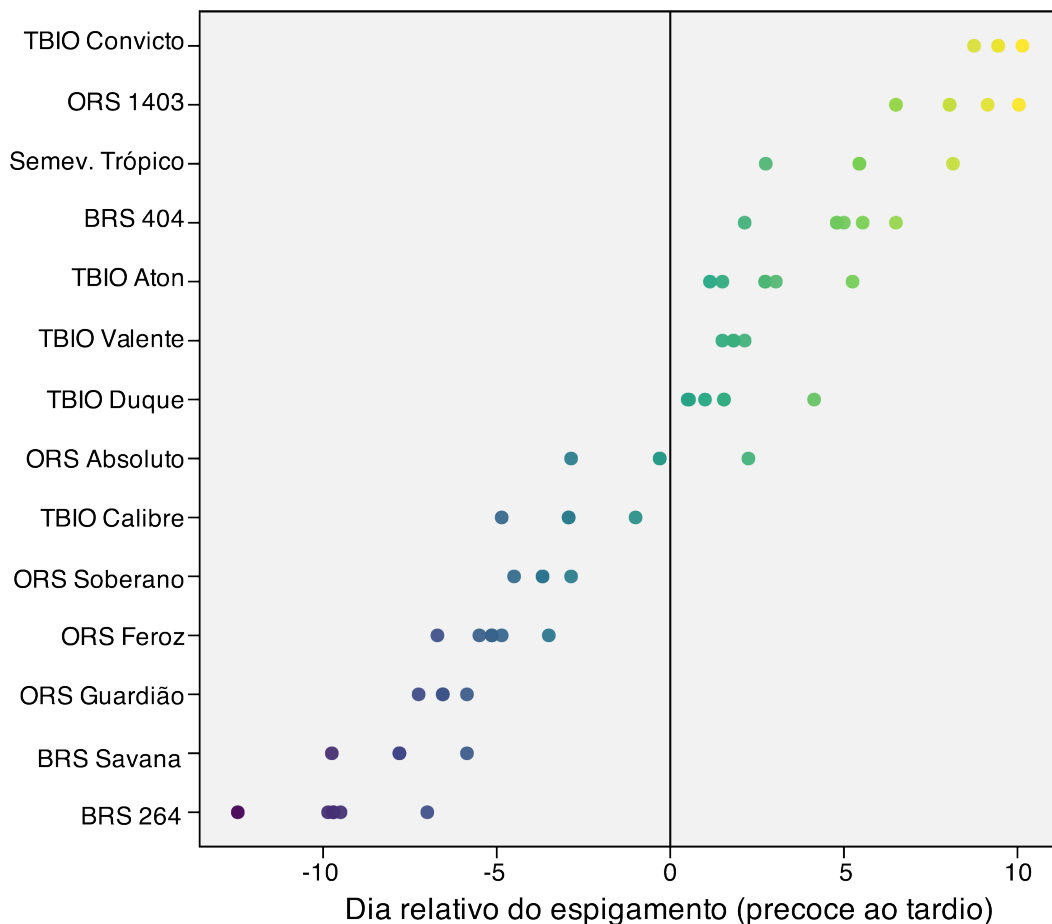


Figura 1. Data de espigamento relativo das cultivares utilizadas em ensaios conduzidos no âmbito da Rede de Ensaio Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe) e com os dados da Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPI) submetidos à análise estatística conjunta.

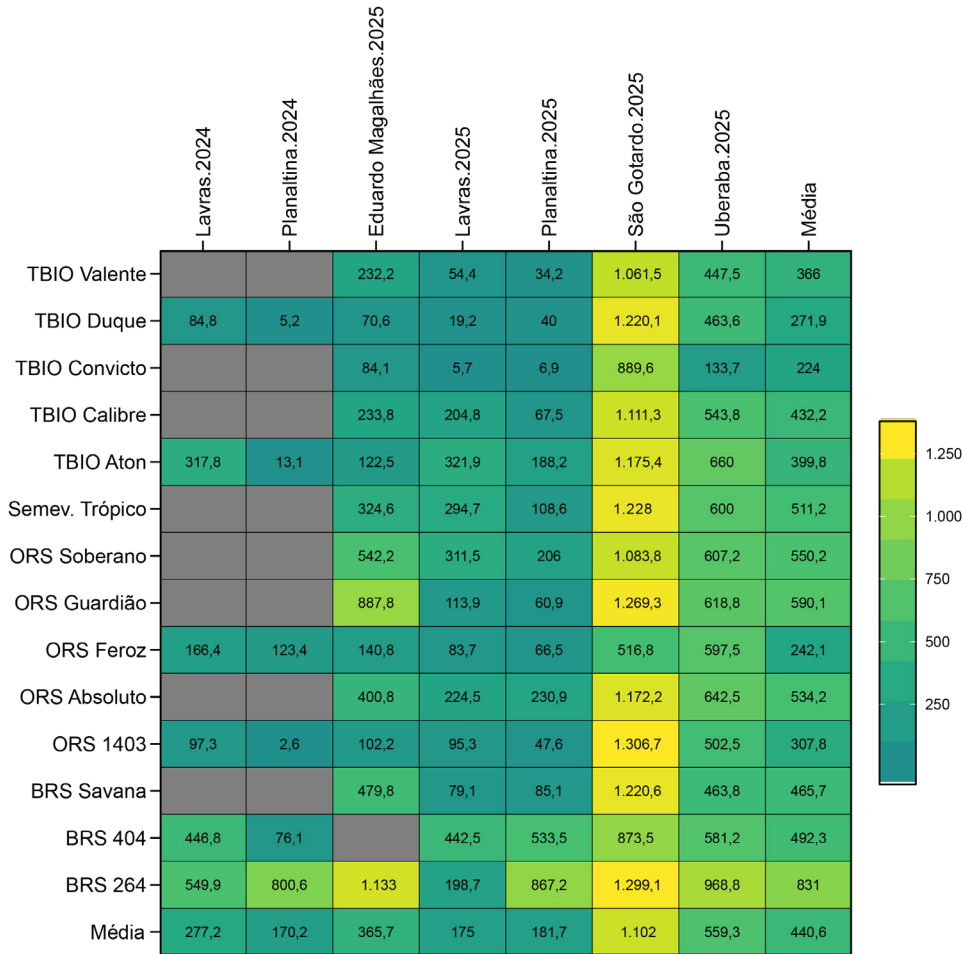


Figura 2. Comparação entre as cultivares de acordo mapa de calor estabelecido em análise conjunta dos dados da área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) obtidos nos ensaios de campo conduzidos no âmbito da Rede de Ensaio Cooperativos para Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe).

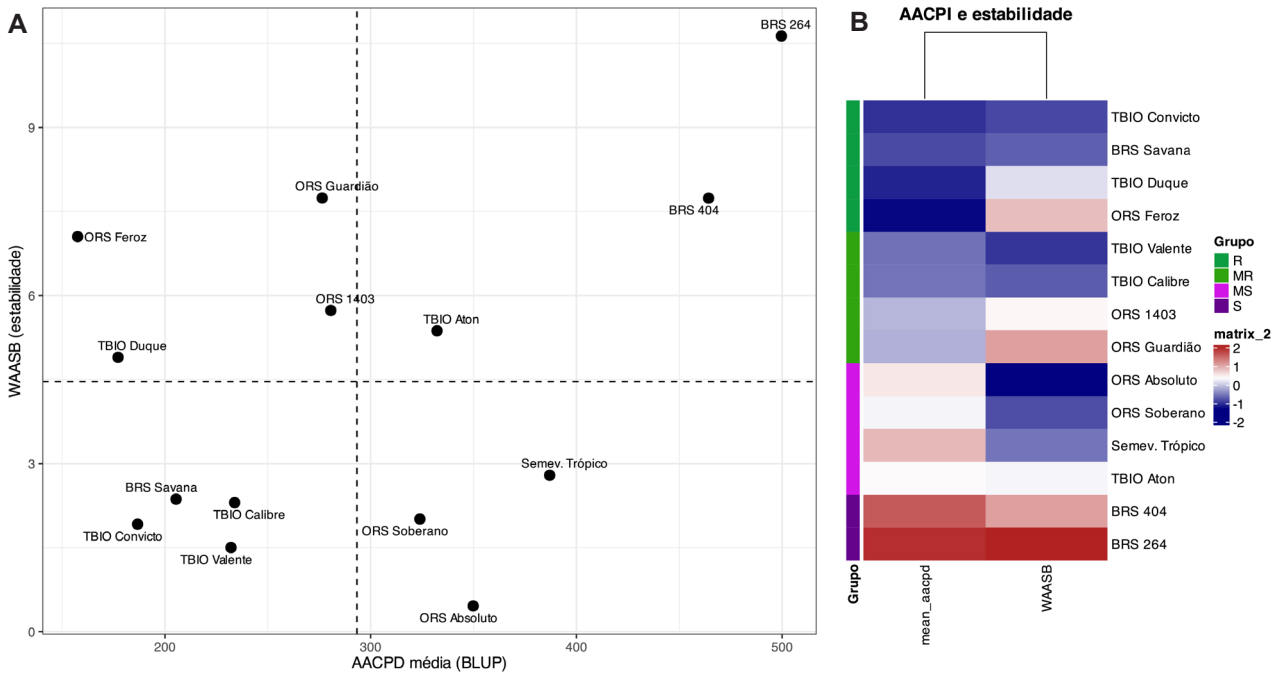


Figura 3. Grupos* de resistência das cultivares classificados de acordo com Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPI; menor mais resistente) e ordenado, dentro do grupo de resistência, pelo valor normalizado de estabilidade (menor mais estável). (A) Biplot da relação entre AACPI e estabilidade; (B) gradiente de coloração para classificação das cultivares quanto à resistência à brusone da espiga e estabilidade da classificação de cada cultivar.

* Os dados de AACPI foram obtidos em ensaios conduzidos no âmbito da Rede de Ensaio Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe)

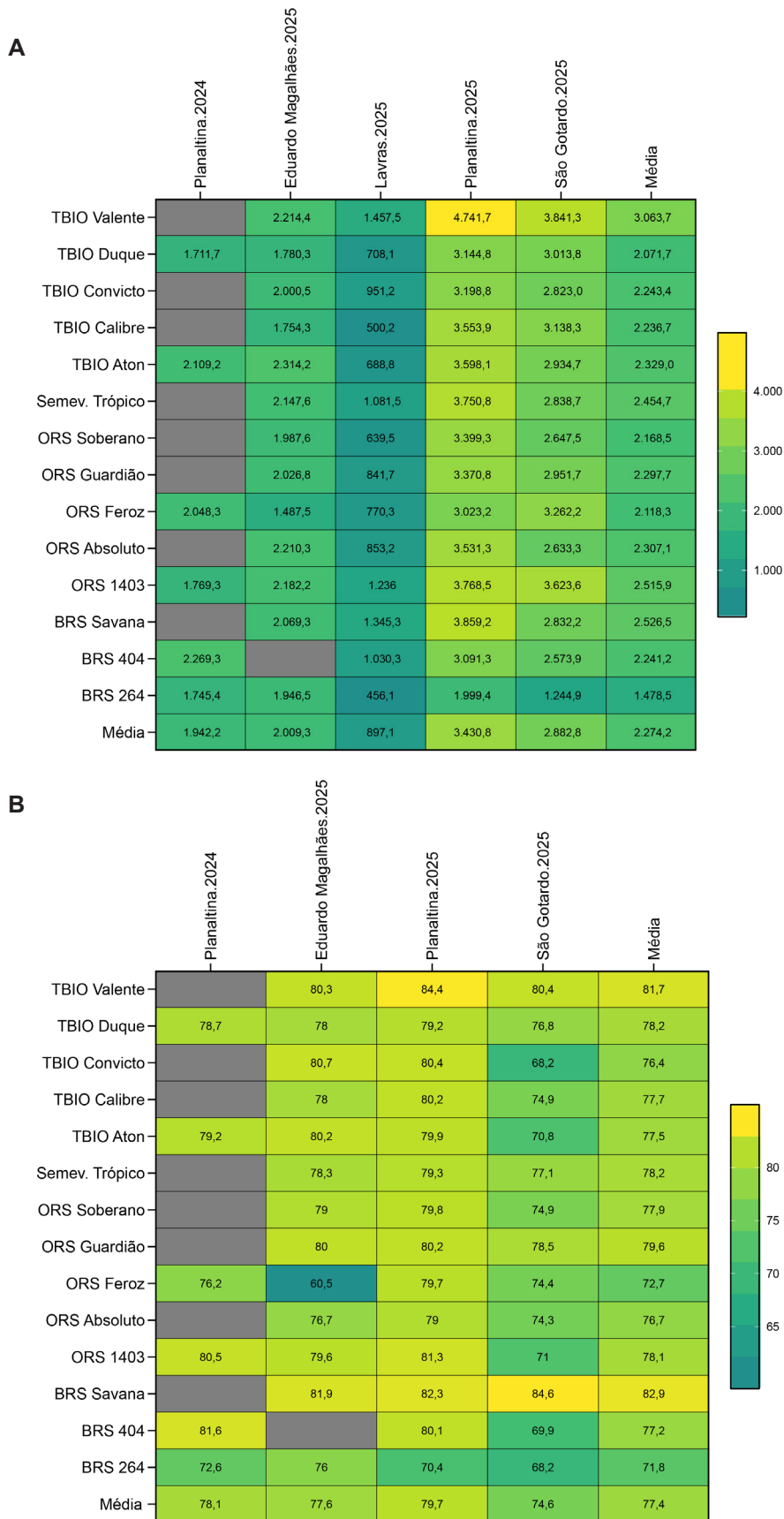


Figura 4. Comparação entre as cultivares de acordo mapa de calor estabelecido em análise conjunta dos dados de Rendimento de Grãos (RG; A) e Peso do Hectolitro (PH; B) obtidos nos ensaios de campo conduzidos no âmbito da Rede de Ensaios Cooperativos para Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe).

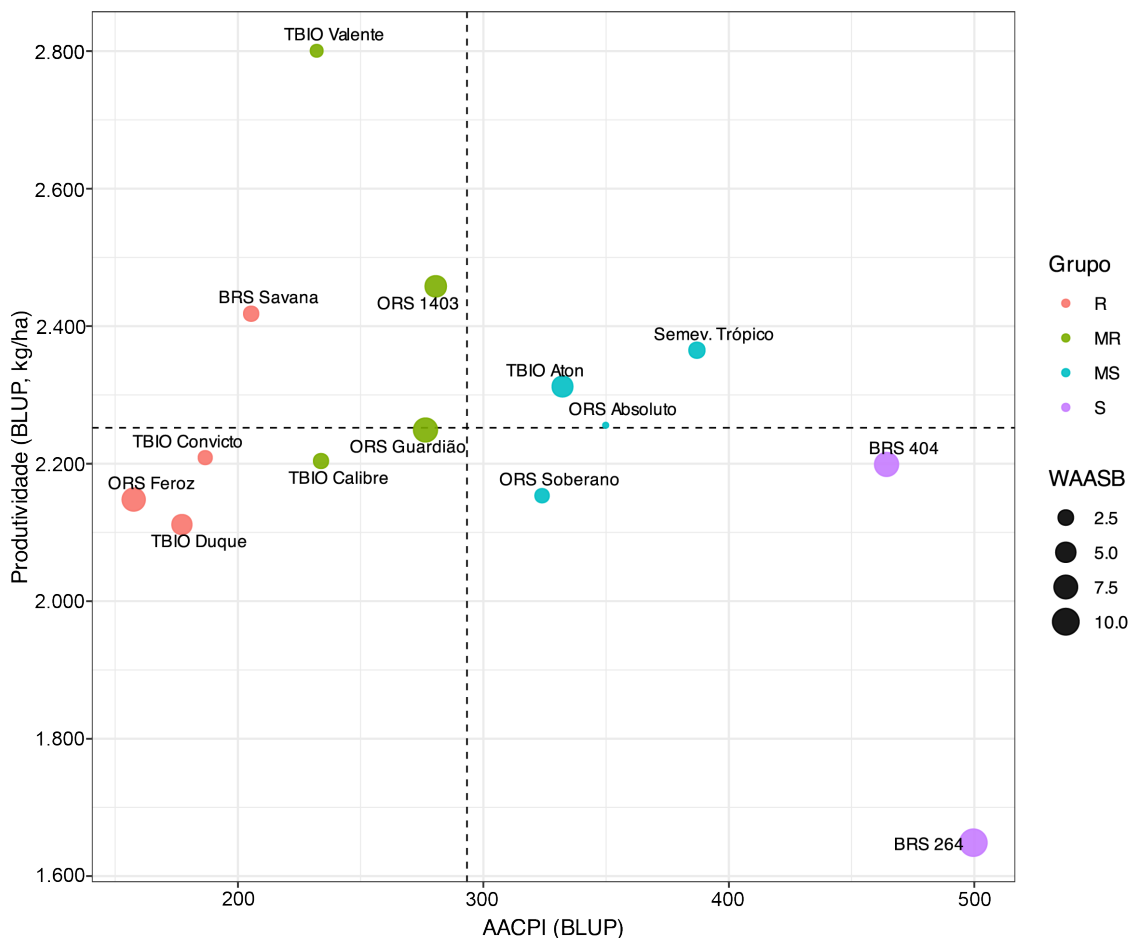


Figura 5. Gráfico bi-critério da relação entre as médias das cultivares quanto à Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPI) e Rendimento de Grãos (RG) obtidos nos ensaios conduzidos no âmbito da Rede de Ensaios Cooperativos para a Resistência à Brusone da Espiga de Trigo (Recorbe).

Resultados e discussão

Análise individual dos ensaios

O escopo deste documento se baseia na análise dos resultados obtidos em dez ensaios, quatro conduzidos em 2024 e seis em 2025 (Tabela 2). A ocorrência de brusone nos ensaios conduzidos em 2024 foi menor do que a dos ensaios de 2025.

A menor incidência de brusone em 2024 foi evidenciada, por exemplo, pela ausência da doença no ensaio de Maracaju-2024 e baixíssima ocorrência no de São Miguel dos Campos-2024. Nesse sentido, é importante destacar o desempenho da cultivar BRS 404 que, no ambiente de menor ocorrência da doença de 2024, foi classificada em grupos estatísticos de maior RG e PH nos dois ensaios que estas duas variáveis foram avaliadas (Maracaju-2024 e Planaltina-2024). Os dados coletados nos ensaios de 2024 também permitiram confirmar a alta ocorrência de brusone na cultivar BRS 264 que, mesmo em ambiente pouco favorável à doença, apresentou os valores mais elevados em termos absolutos de

AACPI nos três ensaios que esta variável foi avaliada. Por outro lado, a incidência de brusone na cultivar TBIO Duque foi menor, sendo que a mesma foi classificada em grupos estatísticos de menor AACPI nos três ensaios que esta variável foi avaliada.

Entre os ensaios conduzidos em 2025, o que apresentou menor ocorrência de brusone foi o Londrina-2025. Nos demais ensaios, sob condição de maior ocorrência de brusone nas espigas do que em 2024, as cultivares que se destacaram em termos de maior RG foram a TBIO Valente, BRS Savana e ORS 1403. Quanto ao PH, vale salientar o desempenho das cultivares TBIO Valente e BRS Savana, as quais foram as únicas apresentaram valores superiores a 80 em três dos quatro ensaios em que esta variável foi avaliada em 2025. Com relação à AACPI, o maior destaque nos ensaios de 2025 foi a cultivar TBIO Convicto. Nesse sentido, é importante mencionar que esta cultivar, com exceção do ensaio Londrina-2025, foi classificada em todos os demais de ensaios de 2025 em grupos estatísticos de menor AACPI.

Análise conjunta da resistência à brusone da espiga

A inclusão da variável ER no modelo misto de predição da AACPI resultou em um ajuste estatisticamente superior em comparação ao modelo sem essa covariável. A comparação entre modelos (teste de razão de verossimilhança) indicou melhoria significativa do ajuste quando ER foi incluído ($\chi^2 = 5,27$; $p = 0,0216$), evidenciada pela redução do valor da estatística conhecida por *AIC* (*Akaike Information Criterion*; 2007,6 versus 2010,9). Esse resultado mostra que diferenças no momento do espigamento explicam parte da variação observada na AACPI, indicando algum grau de escape fenológico entre cultivares. No entanto, o efeito, embora significativo, foi de baixa magnitude, mostrando que possivelmente a maior parte da variação entre cultivares é atribuída à resistência genética propriamente dita, e não ao escape. Com isso, os valores genotípicos (*BLUPs*) obtidos a partir do modelo com ER representam estimativas mais precisas da resistência, pois descontam diferenças associadas ao ciclo.

Com esse modelo, verificou-se efeito significativo do ambiente ($p < 0,001$), indicando forte influência das condições ambientais sobre a AACPI. O efeito de interação genótipo \times ambiente ($G \times E$) também foi significativo pelo teste da razão de verossimilhança ($p < 0,001$), evidenciando que as cultivares apresentaram respostas diferentes entre ambientes e justificando o uso de métodos de estabilidade.

A decomposição das variâncias mostrou que os componentes genéticos (27,0%) e da interação $G \times E$ (22,1%) contribuíram de forma expressiva para a variabilidade total, enquanto o componente residual representou cerca de 50,9% da variação. A herdabilidade no sentido amplo foi moderada ($h^2 = 0,27$), mas a acurácia seletiva foi alta (0,92), garantindo boa precisão na comparação entre cultivares.

A análise de componentes principais aplicada à matriz de interação indicou que os dois primeiros eixos explicaram 78,1% da variação da $G \times E$. Isso confirma que o padrão de instabilidade entre genótipos pode ser adequadamente representado por poucos componentes, justificando o uso do índice *WAASB* como medida integrada de desempenho e estabilidade.

A Figura 3A mostra o *biplot* da AACPI estimada por modelos mistos em relação ao índice de estabilidade ambiental. Neste contexto, valores menores de AACPI indicam maior resistência, enquanto valores menores de *WAASB* indicam respostas mais estáveis entre os ambientes avaliados. Assim, o quadrante inferior esquerdo representa o desempenho mais favorável, combinando resistência e

estabilidade. A cultivar BRS 264, utilizado como padrão suscetível, apresentou os maiores valores de AACPI média e elevada instabilidade, confirmando seu comportamento altamente suscetível e inconsistente entre ambientes. De forma semelhante, BRS 404 também se posicionou na região de alta incidência da doença e baixa estabilidade relativa, embora com menor AACPI que BRS 264. Em contraste, as cultivares TBIO Convicto, TBIO Valente, TBIO Calibre e BRS Savana concentraram-se no quadrante inferior esquerdo da figura, caracterizado por baixa AACPD média e mais baixa *WAASB*, indicando maior nível de resistência associado a comportamento mais estável frente às variações ambientais. Esses materiais destacaram-se como os mais consistentes no conjunto de ambientes avaliados.

Algumas cultivares, como ORS Absoluto e ORS Soberano, apresentaram valores intermediários de AACPI, porém com elevada estabilidade (baixo *WAASB*), sugerindo desempenho previsível, embora com níveis moderados de resistência. Por outro lado, ORS Guardiã e ORS 1403 combinaram AACPD intermediária a alta com maior instabilidade, indicando resposta mais dependente das condições ambientais. O mapa de calor (Figura 3B) resume, simultaneamente, a AACPI e a estabilidade das cultivares frente à brusone, permitindo uma visualização integrada do desempenho. Nessa análise ainda é importante destacar as cultivares TBIO Convicto, ORS Feroz e TBIO que tiveram, na média dos ensaios, valores de AACPI inferiores a 300. Os valores foram padronizados (*z-score*) e organizados conforme os quatro grupos de resistência definidos previamente (R, MR, MS e S), apresentados em ordem crescente de suscetibilidade (Figura 3B). O padrão observado confirma a consistência da classificação: Cultivares do grupo R exibem menores valores padronizados de AACPI e níveis baixos de *WAASB*, caracterizando alta resistência e boa estabilidade. Cultivares MR mantêm severidade intermediária e estabilidade variável, ocupando posição central no mapa. Cultivares MS apresentam maior AACPI, refletindo maior suscetibilidade, embora alguns materiais mantenham estabilidade moderada. O grupo S, representado principalmente por BRS 264 e BRS 404, concentra os maiores valores de AACPI ou *WAASB*, evidenciando alta suscetibilidade e menor previsibilidade do desempenho.

Análise conjunta do Rendimento de Grãos e Peso do Hectolitro

O mapa de calor com o RG (Figura 4A) obtido nos cinco ensaios em que teve “pressão” maior de

brusone mostra que uma única cultivar atingiu média superior a 3.000 Kg ha⁻¹, TBIO Valente. Em um nível um pouco abaixo, somente duas cultivares obtiveram médias acima de 2500 Kg ha⁻¹, BRS Savana e ORS 1403. As cultivares BRS 264 e BRS 404, caracterizadas pela maior suscetibilidade à brusone, apresentaram baixas médias de RG, destacando-se o caso da primeira, com média inferior a 1500 Kg ha⁻¹. O RG de 2274,2 Kg ha⁻¹, observado como média de todas as cultivares avaliadas em ambientes conduzidos para favorecer a brusone, representa um importante indicador da potencialidade técnica da cultura do trigo de sequeiro no Brasil, especialmente no Brasil Central.

Também deve-se destacar que, em ambiente de maior ocorrência de brusone, somente duas cultivares produziram grãos com média de PH superior a 80, TBIO Valente e BRS Savana (Figura 4B).

Relação entre Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência e Rendimento de Grãos

Ao analisarmos a relação entre AACPI e RG (Figura 5), é possível verificar que a maioria das cultivares ficaram posicionadas numa faixa de RG que varia de 2100 a 2300 Kg ha⁻¹ e com amplo espectro de resistência à brusone, com médias de AACPI variando de 50 a 500. Em uma condição relativamente diferenciada, destaca-se a cultivar TBIO Valente com RG que supera 2800 Kg ha⁻¹. As cultivares BRS Savana e ORS 1403 se apresentam em uma categoria um pouco inferior, com valores de RG de pouco mais de 2400 Kg ha⁻¹. No contexto somente de RG, a comparação entre estas três cultivares é mais favorável ao TBIO Valente, embora aspectos como maior a maior resistência à brusone da cultivar BRS Savana (classificada como R) e a maior estabilidade da cultivar ORS 1403 (maior *WAASB*) precisem ser considerados como critérios para caracterização de uma cultivar destinada ao cultivo em locais com histórico de ocorrência da doença.

Também é importante destacar a posição da cultivar BRS 264 que apresentou os maiores valores de AACPI e menores de RG (Figura 5), condição que confirma a sua suscetibilidade à brusone e a dificuldade em ambientes com maior “pressão” da doença. A BRS 404, por sua vez, demonstrou altos valores de AACPI e um rendimento um pouco abaixo da média geral de RG. Esse valor de RG da BRS 404, que pode ser caracterizado como intermediário, superior inclusive a cultivares que demonstraram maior resistência à brusone, possivelmente, esteja associado à boa adaptação desta cultivar ao ambiente do Brasil Central, onde a maioria dos ensaios foram realizados.

Conclusão

As cultivares que se destacaram em relação às três variáveis analisadas no estudo foram as seguintes:

- AACPI (resistência à brusone da espiga): TBIO Convicto, ORS Feroz e TBIO Duque;
- RG: TBIO Valente, ORS 1403 e BRS Savana;
- PH: BRS Savana e TBIO Valente.

Referências

CHOI, J.; PARK, S. Y.; KIM, B. R.; ROH, J. H.; OH, I. S.; HAN, S. S.; LEE, Y. H. Comparative analysis of pathogenicity and phylogenetic relationship in *Magnaporthe grisea* species complex. **PLoS One**, v. 8, p. 2775-83, 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0057196>. Acesso em: 30 nov. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica das safras**. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/series-historicas/graos/trigo/trigoseriehist.xls/view>. Acesso em: 2 jan. 2026.

IGARASHI, S.; UTIAMADA, C. M.; IGARASHI, L. C.; KAZUMA, A. H.; LOPES, R. S. *Pyricularia* sp. em trigo. I. Ocorrência de *Pyricularia* sp. no Estado do Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 14., 1986, Londrina. **Resumos** [...] Londrina: IAPAR, 1986. p. 57.

MACIEL, J. L. N.; CHAGAS, J. H.; ANDRADE, J. M. V.; PADUA, J. M. V.; GOUSSAIN, R. C. S.; EIDES, J. R.; MORAIS, L. K.; KOVALESKI, M.; CASTRO, R. L. de; SBALCHEIRO, C. C.; FRONZA, V.; COELHO, M. A. O.; AITA, V. **Resultados da rede de ensaios cooperativos para a resistência à brusone da espiga de trigo (Recorbe), safras 2020 e 2021**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2022. 20 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica, 69). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1143919>. Acesso em: 5 dez. 2025.

MACIEL, J. L. N.; CHAGAS, J. H.; SUSSEL, A. A. B.; PÁDUA, J. M. V.; GOUSSAIN, R. de C. S.; EIDES, J. R.; FRONZA, V.; SCHURT, D. A.; TURRA, C.; KOVALESKI, M. **Resistência de cultivares de trigo à brusone da espiga: resultados dos ensaios cooperativos obtidos nas safras 2022 e 2023**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2024. 20 p. (Embrapa Trigo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 117). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1167219/1/BPD-117-online-RECORBE-VFINAL-JMaciel.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2025.

MACIEL, J. L. N.; FRONZA, V.; CHAGAS, J. H.; BASSOI, M. C.; CUSTODIO, A. A. P.; SILVA, S. R.; SBALCHEIRO, C. C.; COELHO, M. A. O.; CRUZ, M. F. A.; GOUSSAIN,

R. C. S. **Resultados da rede de ensaios cooperativos para a resistência à brusone da espiga de trigo (RECORBE), safras 2018 e 2019.** Passo Fundo:

Embrapa Trigo, 2020. 35 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica, 56). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/221127/1/CircTec-56-2021.pdf>.

Acesso em: 14 dez. 2025.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 11., 2017, Cascavel.

Informações técnicas para trigo e triticales: safra 2018. Cascavel: Codetec, 2018. 258 p. RCBPTT.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 16., 2023, Guarapuava, PR.

Informações técnicas para trigo e triticales: safras 2024 & 2025. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2024. 248 p. RCBPTT.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, p. 1051-1056, Aug. 1977.

SANTOS, G. B. dos; COELHO, M. A. de O.; DEL PONTE, E. M. Critical-point yield loss models based on incidence and severity of wheat head blast epidemics in the Brazilian Cerrado. **European Journal of Plant Pathology**, v. 165, n. 3, p. 421-431, Mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02614-7>.

SILVA, E. A. da; MACIEL, J. L. N.; PIZOLOTTO, C. A.; CONSOLI, L.; BINNECK, E.; TORRES, G. A. M.; BONATO, A. L. V.; FERNANDES, J. M. C.; BOLLER, W. Unravelling the severity landscape of Brazilian *Magnaporthe oryzae* Triticum on wheat cultivars with and without 2nvs translocation. **Plant Pathology**, v. 74, p. 1854-1866, 2025. DOI: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ppa.14134>.

TORRES, G. A. M.; FERREIRA, J. R.; BINNECK, E.; MACIEL, J. L. N.; CONSOLI, L. Blast disease and wheat production in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, e02487, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02487>.

WHITE, H. A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. **Econometrica**, v. 48, n. 4, p. 817-838, May 1980.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, n. 6, p. 415-421, Dec. 1974.