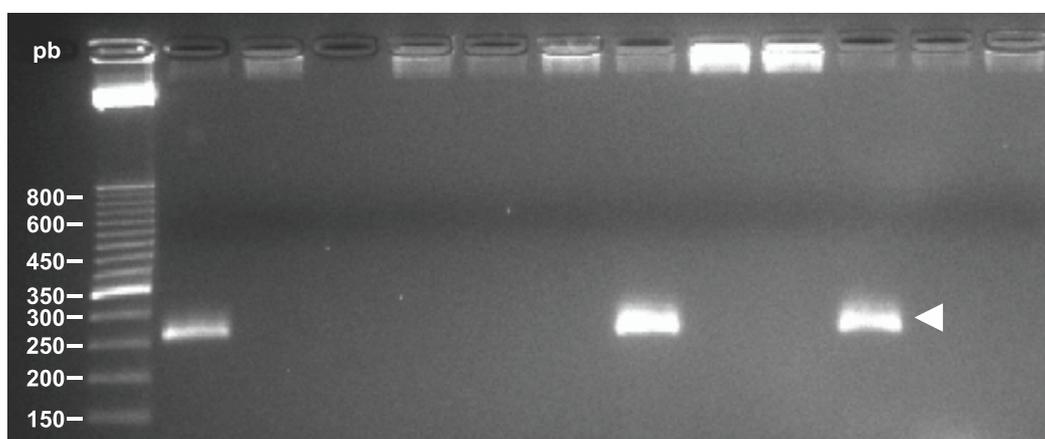


Ausência da Translocação 2NS/2AS em Fontes de Resistência de Trigo a *Magnaporthe oryzae* no Brasil



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Trigo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

***Boletim de Pesquisa
e Desenvolvimento***
_____online **86**

**Ausência da Translocação 2NS/2AS
em Fontes de Resistência de Trigo a
Magnaporthe oryzae no Brasil**

Jéssica Rosset Ferreira
Camila Vancini
Carolina Cardoso Deuner
Gisele Abigail Montan Torres
Luciano Consoli
Claudine Dinali Santos Seixas
Alexei de Campos Dianese
Augusto César Pereira Goulart
Hebert Hernán Soto-Gonzáles

Embrapa Trigo

Rodovia BR 285, km 294

Caixa Postal 3081

Telefone: (54) 3316-5800

Fax: (54) 3316-5802

99050-970 Passo Fundo, RS

<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

Imagem Capa: *Gisele Abigail Montan Torres*

Normalização bibliográfica: *Maria Regina Martins*

1ª edição

Versão on-line (2017)

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Trigo

Comitê de Publicações

Vice-Presidente: *Leila Maria Costamilan*

Membros: *Anderson Santi,*

Genei Antonio Dalmago,

Paulo Roberto Valle da Silva Pereira,

Sandra Maria Mansur Scagliusi,

Tammy Aparecida Manabe Kiihl,

Vladirene Macedo Vieira

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Trigo

Ausência da translocação 2NS/2AS em fontes de resistência de trigo a *Magnaporthe oryzae* no Brasil. / Jéssica Rosset Ferreira... [et al.] – Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2017.

16p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento online / Embrapa Trigo, ISSN 1677-8901 ; 86).

1. Trigo - Brusone. 2. Trigo - *Pyricularia oryzae*. I. Ferreira, Jéssica Rosset. II. Série.

CDD: 633.113

© Embrapa Trigo, 2017

Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	10
Conclusões.....	13
Agradecimentos.....	13
Referências.....	14

Ausência da Translocação 2NS/2AS em Fontes de Resistência de Trigo a *Magnaporthe oryzae* no Brasil

*Jéssica Rosset Ferreira*¹
*Camila Vancini*²
*Carolina Cardoso Deuner*³
*Gisele Abigail Montan Torres*⁴
*Luciano Consoli*⁵
*Claudine Dinali Santos Seixas*⁶
*Alexei de Campos Dianese*⁷
*Augusto César Pereira Goulart*⁸
*Hebert Hernán Soto-Gonzáles*⁹

Resumo

Em trigo, a busca por fontes de resistência a *Magnaporthe oryzae*, fungo causador da brusone, tem sido constante desde o primeiro relato mundial da doença feito no Brasil em 1985. O objetivo desse trabalho foi avaliar a presença da translocação 2NS/2AS, associada à resistência à brusone em condições de campo, em genótipos de trigo resistentes à doença no Brasil. A presença da translocação foi avaliada com o uso de primers de domínio público para amplificação de fragmento de 262 pares de bases. A linhagem VPM1 e a cultivar Thatcher foram utilizadas, respectivamente, como controles positivo e negativo das reações de PCR. Dezessete genótipos de trigo (dois suscetíveis e 15 resistentes a *M. oryzae*) foram caracterizados quanto à presença da translocação 2NS/2AS. As duas cultivares suscetíveis (Anahuac 75 e BRS 209) não possuem a translocação, e entre os 13 genótipos resistentes, dois (CBFusarium ENT014 e CPAC 07434) a possuem. Entre as cultivares resistentes que não possuem a translocação, estão BRS 229 e Trigo BR 18-Terena, que são exemplos de resistência durável à brusone no Brasil. Esse trabalho abre novas perspectivas de exploração de fontes de resistência a *M. oryzae*, além da translocação 2NS/2AS.

Termos para indexação: brusone, *Pyricularia oryzae*, resistência durável.

¹ Bióloga, M.Sc. em Fitotecnia (Melhoramento e Biotecnologia Vegetal), estagiária da Embrapa Trigo, bolsista de doutorado CAPES/Embrapa do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, RS.

² Bióloga, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, RS, estagiária da Embrapa Trigo.

³ Engenheira-agrônoma, Dra. em Agronomia (Fitopatologia), professora da Universidade de Passo Fundo, RS.

⁴ Engenheira-agrônoma, Dra. em Genética e Biologia Molecular, pesquisadora da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

⁵ Engenheiro-agrônomo, Dr. em Genética e Biologia Molecular, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

⁶ Engenheira-agrônoma, Dra. em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

⁷ Biólogo, Dr. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁸ Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

⁹ Biólogo, Dr. em Biotecnologia, professor e pesquisador, Projeto Especial Binacional Lago Titicaca - PELT, Puno, Peru.

Absence of Translocation 2NS/2AS in Sources of Resistance in Wheat to *Magnaporthe oryzae* in Brazil

Abstract

Searching for resistance sources to *Magnaporthe oryzae* in wheat is a major concern regarding wheat blast in Brazil, since its first report, in 1985. The aim of this work was to evaluate the presence of the translocation 2NS/2AS in wheat accessions identified as resistant ones under Brazilian field conditions. The presence of this translocation was evaluated using public primers for amplification of one fragment of 262 base pairs in length. The line VPM1 and the cultivar Thatcher were employed as positive and negative controls for PCR reactions. At all, 17 genotypes (two susceptible and 15 resistant to *M. oryzae*) were characterized for the presence of 2NS/2AS translocation. Both susceptible cultivars (Anahuac 75 and BRS 209) do not possess the 2NS/2AS translocation. Among the resistant ones, two of them (CBFusarium ENT014 and CPAC 07434) have the 2NS/2AS translocation. Among the resistant cultivars that do not have the translocation are BRS 229 and Trigo BR 18-Terena, which are examples of durable resistance to wheat blast in Brazil. This work opens up new perspectives on the exploration of resistance sources to *M. oryzae* in addition to the 2NS/2AS translocation.

Index terms: wheat blast, *Pyricularia oryzae*, durable resistance.

Introdução

A brusone do trigo é causada por *Magnaporthe oryzae* (B.C. Couch e L.M. Kohn, sinônimo anamorfo *Pyricularia oryzae*), também importante patógeno do arroz, e que apresenta ampla variabilidade genética. A primeira ocorrência de brusone em espigas de trigo foi descrita no estado do Paraná, no Brasil (Igarashi et al., 1986). Após 30 anos de seu relato, a doença já foi registrada em todas as regiões tritícolas do Brasil, além da Bolívia, do Paraguai e da Argentina (Kohli et al., 2011). Em fevereiro de 2016, brusone foi registrada em Bangladesh, na Ásia, atingindo aproximadamente 15% da área cultivada com trigo (Malaker et al., 2016) e, em 2017, a doença foi reportada em campos da Índia, a partir da fronteira com Bangladesh (Bhattacharya; Pal, 2017). A Ásia produz, anualmente, 135 milhões de toneladas de trigo, sendo a Índia o segundo maior produtor de trigo no mundo, com 90 milhões de toneladas (Bhattacharya; Pal, 2017).

A busca por fontes de resistência ao patógeno tem sido uma constante das pesquisas desenvolvidas no Brasil. A maioria das cultivares de trigo analisadas até meados dos anos 2000 mostrou alta suscetibilidade. Apesar disso, vários são os trabalhos que indicam a existência de variabilidade genética quanto à reação de genótipos (Urashima; Kato, 1994; Urashima et al., 2004; Prestes et al., 2007; Maciel et al., 2014; Coelho et al., 2016). Estudos genéticos apontam que a brusone do trigo segue uma relação gene-a-gene (Anh et al., 2015). Entre 2008 e 2015, oito genes foram identificados por determinarem a resistência de trigo a isolados de *M. oryzae*: *Rmg1* (Takabayashi et al., 2002), *Rmg2* e *Rmg3* (Zhan et al., 2008), *Rmg4* e *Rmg5* (Nga et al., 2009), *Rmg6* (Vy et al., 2014), *Rmg7* (Tagle et al., 2015) e *Rmg8* (Anh et al., 2015). Quatro deles, *Rmg2*, *Rmg3*, *Rmg7* e *Rmg8*, mostraram-se efetivos contra isolados obtidos de plantas de trigo.

Além desses genes, que conferem resistência específica a isolados, foi evidenciada a existência de correlação entre a resistência de determinados acessos de trigo a *M. oryzae* e a presença de uma translocação cromossômica (2NS/2AS) proveniente de *Triticum ventricosum* (sin. *Aegilops ventricosa*) (Cruz et al., 2016). Um total de 418 cultivares de trigo foi caracterizado em inoculação com *M. oryzae*, incluindo-se cultivares de inverno, de primavera e linhagens quase-isogênicas. Parte dos materiais foram testados também em condições de campo na Bolívia. Em ambos os tipos de experimento, observaram-se menores incidências de brusone em acessos portadores da translocação 2NS/2AS (Cruz et al., 2016).

Nesse mesmo trabalho (Cruz et al., 2016), foi observado que nem todos os genótipos de trigo portadores da translocação 2NS/2AS apresentaram redução significativa da severidade de brusone na espiga, sugerindo que o background genético e/ou o ambiente podem influenciar a expressão da resistência conferida por essa translocação.

A translocação 2NS/2AS (Bariana; McIntosh, 1993) foi inicialmente introgridida de *A. ventricosa* ($2n = 4x = 28$) no híbrido interespecífico 'VPM1' (Maia, 1967) e possui um cluster de genes de resistência de trigo à ferrugem estriada (*Yr17*, para *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*), à ferrugem da folha (*Lr37*, para *Puccinia triticina*) e à ferrugem do colmo (*Sr38*, para *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*). Posteriormente, foi identificada nessa translocação a presença de genes de resistência aos nematoides *Heterodera avenae* (Jahier et al., 2001) e *Meloidogyne* spp. (Williamson et al., 2013). Helguera et al. (2003) desenvolveram primers, de domínio público, para a seleção eficiente desse cluster de genes (*Yr17-Lr37-Sr38*) nos programas de melhoramento genético de trigo.

No Brasil, uma coleção de acessos que tiveram relevância para os programas de melhoramento genético de trigo foi caracterizada quanto à reação à brusone, visando à identificação de genes de resistência a *M. oryzae*, especificamente no estádio de planta adulta. Esta coleção foi denominada de Wheat BGI, para Wheat Blast Genes Interaction. Por três anos (2010, 2011 e 2012) e em três locais onde a brusone é endêmica (Planaltina, DF, Londrina, PR e Dourados, MS), 196 genótipos foram avaliados em viveiros de brusone de trigo, sob condições naturais de infecção. Posteriormente, 15 dos acessos identificados como resistentes foram selecionados para estudos mais detalhados de fenotipagem quanto à resposta à infecção por dois isolados de *M. oryzae*, e de caracterização molecular. A média da incidência de brusone nos acessos resistentes selecionados a campo foi de 2,1%, diferindo estatisticamente dos acessos suscetíveis Anahuac 75 e BRS 209, cuja incidência foi de 9,9%.

Anahuac 75 é uma cultivar oriunda do Cimmyt (Sousa; Caierão, 2014) e seu cultivo foi de grande expressão na década de 1980 e início dos anos 1990, no Brasil. Desde o primeiro relato de brusone (Igarashi et al., 1986), Anahuac 75 é referenciada como altamente suscetível ao agente causal da doença. Trabalhos com inoculações apontaram sua ampla suscetibilidade a um grande número de isolados de *M. oryzae* (Urashima et al., 2004). Em experimentos realizados sob condições controladas de ambiente, Anahuac 75 apresentou, além da suscetibilidade da espiga, uma alta suscetibilidade das folhas à infecção por *M. oryzae* (Torres et al., 2015).

BRS 209 é cultivar de trigo desenvolvida pela Embrapa Soja em trabalho conjunto com Embrapa Trigo (Sousa; Caierão, 2014). Desde seu lançamento, foi suscetível à brusone (Brunetta et al., 2005). Posteriormente, Prestes et al. (2007), avaliando a severidade de brusone em espigas de 100 genótipos de trigo, sob condições de inoculação, classificaram BRS 209 entre as mais suscetíveis à doença, com média de 51% de severidade aos 10 dias após a inoculação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a presença da translocação 2NS/2AS em um conjunto de 17 genótipos de trigo anteriormente fenotipados quanto à reação à brusone no Brasil.

Material e Métodos

Foram analisados para presença da translocação 2NS/2AS, 17 acessos de trigo caracterizados previamente quanto à reação à brusone (dois suscetíveis e 15 resistentes) (Tabela 1).

Tabela 1. Genótipos de trigo selecionados para análise da presença da translocação 2NS/2AS. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Genótipo de trigo	Código BAG Embrapa Trigo	Genealogia	Ano de lançamento	País de origem
Anahuac 75	BGT00443	II-1 2300//Lerma-Rojo-64/II-8156/3/Norteno-67	1975	México
Bet Dagan 131	BGT01227	Pitic-62(SIB)/Florence-Aurore	1970	Islândia
BRS 209	BGT14405	Jupateco 73/Embrapa 16	2002	Brasil
BRS 229	BGT14408	Embrapa 27*3//BR 35/Buck Poncho	2004	Brasil
BRS Angico	BGT01454	PF 87107/2*IAC 13	2002	Brasil
CBFusarium ENT014	BGT15263	sem informação	-	México
CPAC 07340	BGT20389	CPAC 96306/CPAC 9985	-	Brasil
CPAC 07434	BGT20388	Taurum/BRS 254	-	Brasil
Embrapa 27	BGT03372	PF 83743/5/PF 83182/4/CNT 10*4//Lagoa Vermelha*5/Agatha/3/Londrina*4/Agent//Londrina*3/Nyu Bay	1994	Brasil
Huanca	BGT04275	Frocor/3/McMurachy/Kentana//Yaqui-50/4/Maria-Escobar/MN-2698/5/Maria-Escobar	1973	Peru
PF 020450	BGT16243	FL 72185A-A2-C1/Embrapa 40//CEP 24	-	Brasil
PF 909	BGT11109	PF 83743/PF 82252//PF 84433/BR 35	-	Brasil
Safira	BGT15079	PF9099 /OR-1//Granito	2003	Brasil
Shanghai	BGT15211	(M)Yangmai-1	1978	China
Thatcher	BGT13324	Marquis/lumillo(durum)//Marquis/Kanred	1934	Estados Unidos da América
Trigo BR 18-Terena	BGT13539	sem informação	1986	Brasil
Trigo Chapéu	BGT13588	sem informação	-	-

O nome dos primers, as sequências e as condições de amplificação PCR são apresentados na Tabela 2. O comprimento esperado do fragmento é de 262 pares de bases (pb).

As reações de polimerase em cadeia (PCR) foram realizadas com 100 ng de DNA genômico e concentrações finais de tampão 1X, 2,5 mM MgCl₂, 0,35 mM de cada dNTP, 0,2 uM de cada primer, 0,5 U de Taq polymerase (RBC Bioscience, #RT011C). O volume final das reações foi de 10 uL. Os produtos de amplificação foram analisados em gel de agarose 2%. O marcador de peso molecular de 50 pb (50 bp DNA Ladder, Invitrogen, Cat. 10416-014) foi utilizado para a estimativa do comprimento dos fragmentos amplificados.

Tabela 2. Nome dos primers, sequências e condições de amplificação usados para identificar marcador associado à translocação 2NS/2AS em trigo (adaptado de Helguera et al., 2003). Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Nome do primer	Sequência (5' - 3')	Condições de amplificação
VENTRIUP	AGG GGC TAC TGA CCA AGG CT	Desnaturação inicial a 94 °C por 3 min, seguida de 30 ciclos de amplificação. Cada ciclo inclui etapa de desnaturação a 94 °C por 45 s, anelamento a 65 °C por 30 s e extensão a 72 °C por 60 s. Ao final, 7 min de extensão a 72 °C.
LN2	TGC AGC TAC AGC AGT ATG TAC ACA AAA	

Para análise da presença da translocação 2NS/2AS, inicialmente foram testados materiais conhecidamente portadores da translocação, como controles positivos da reação de PCR. Este trabalho preliminar foi realizado com acessos do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Trigo, com genótipos portadores da translocação 2NS/2AS de acordo com a literatura (Tabela 3). Posteriormente, os 17 genótipos de trigo foram testados, empregando-se o genótipo VPM1 (acesso VPM 1-1-1-2 R4; identificador BAG: BGT13964) como controle positivo da translocação 2NS/2AS (Helguera et al., 2003). A cultivar Thatcher, que integra o grupo de genótipos identificados como resistentes à brusone em condições de campo no Brasil, é reportada por não possuir a referida translocação (Bulos et al., 2006), e foi empregada como controle negativo das reações de amplificação.

Sementes dos genótipos de trigo foram incubadas em papel de germinação por um período de sete dias. As primeiras folhas foram coletadas e o DNA foi extraído pelo método CTAB (Doyle; Doyle, 1987). A qualidade e quantidade de DNA de cada amostra foram avaliadas em gel de agarose 0,8% corado com brometo de etídio. A eletroforese foi realizada a 120 V, 0,19 A e 23 W, por duas horas.

Tabela 3. Genótipos de trigo portadores ou não da translocação 2NS/2AS, e analisados como controles das reações de PCR. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Genótipo	Código BAG Embrapa Trigo	Genealogia	Ano de lançamento	País de origem	Presença da translocação 2NS/2AS	Fonte bibliográfica
Arche	BGT00484	Tribute, FRA/VS-73644-9-4-1	1989	França	positiva	Robert et al., (1999)
Eureka	BGT03451	Mironovskaya-808/Maris-Huntsman/3/VPM-1/Moisson(R-1-5-2)//Courtot - 1991	1991	França	positiva	Robert et al., (1999)
Hyak	BGT04292	VPM-1/Moisson-421//2*Tye	1988	Estados Unidos da América	positiva	Helguera et al., (2003)
Madsen	BGT05725	VPM-1/Moisson-951//2*Hill-81	1988	Estados Unidos da América	positiva	Helguera et al., (2003)
Renan	BGT12239	Mironovskaya-808/Maris-Huntsman/3/VPM-1/Moisson//9*Courtot	1989	França	positiva	Robert et al., (1999)
VPM 1-1-1-2 R4	BGT13964	Ae.ve./Tr.ca./3*Marne	1967	França	positiva	Helguera et al., (2003), Bulos et al., (2006)
Thatcher	BGT13324	Marquis/(Tr.dr.)lumillo/(hn-3001) Marquis/Kanred - 1934	1934	Estados Unidos da América	negativa	Bulos et al., (2006)

Resultados e Discussão

Todos os genótipos de trigo reportados na literatura como portadores da translocação 2NS/2AS apresentaram amplificação do fragmento de 262 pares de bases (Figura 1): Arche, Eureka, Hyak, Madsen, Renan e VPM1. Tanto VPM1 quanto Thatcher (que não possui a translocação) revelaram-se bons controles das reações de PCR.

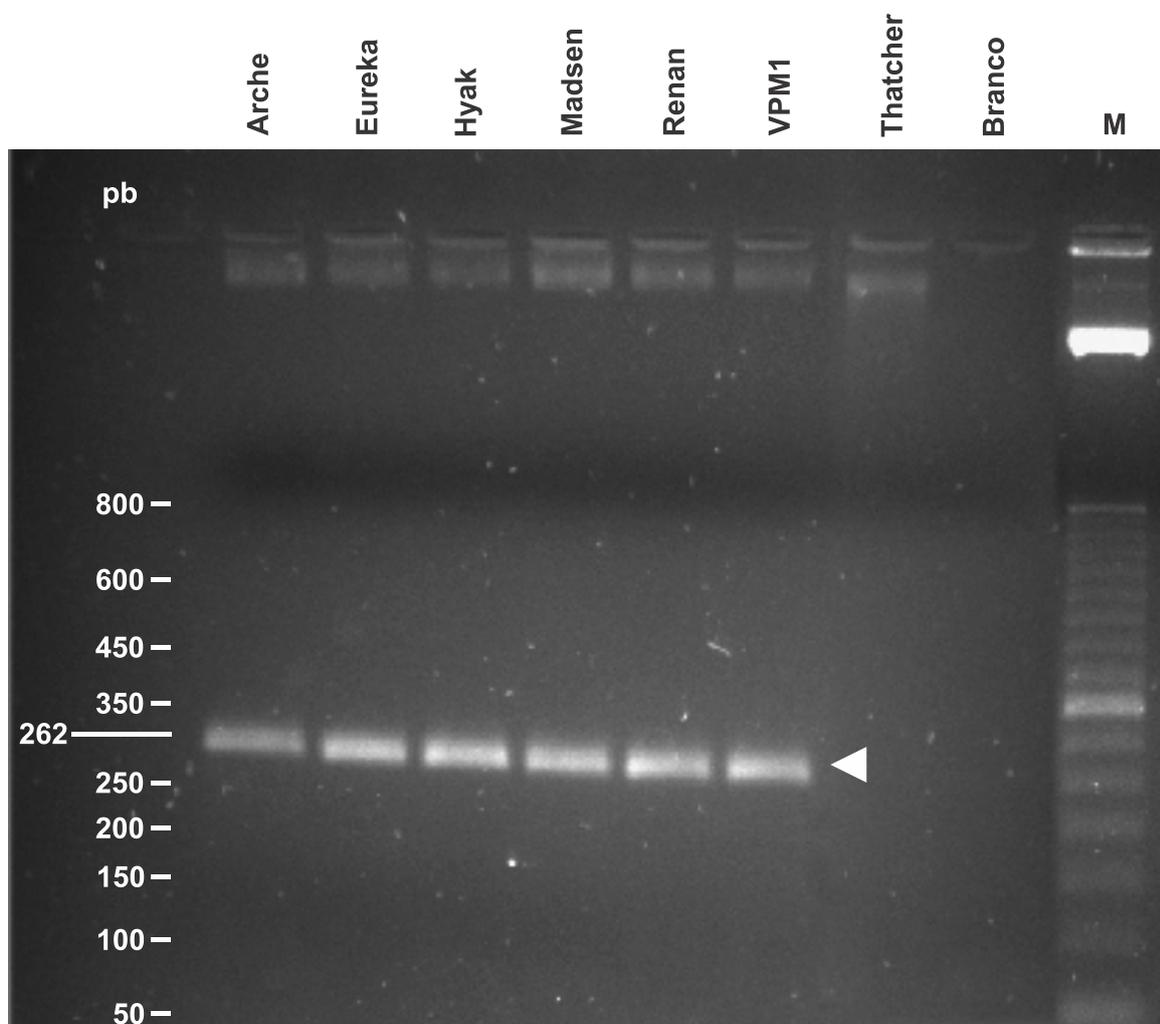


Figura 1. Amplificação por PCR com os primers específicos VENTRIUP e LN2 da translocação 2NS/2AS em trigo, de genótipos reportados na literatura como portadores da translocação (Arche, Eureka, Hyak, Madsen, Renan e VPM1). Seta branca indica produto de amplificação PCR específico 2NS com comprimento de 262 pares de bases (pb). Thatcher, controle negativo; Branco, reação de PCR sem adição de DNA; M, marcador de peso molecular (Ladder 50 bp, Invitrogen®).

As duas cultivares suscetíveis a *M. oryzae*, Anahuac 75 e BRS 209, não apresentaram a translocação 2NS/2AS.

Entre os 15 genótipos identificados como resistentes ao patógeno, em experimentos realizados no Brasil (Tabela 4), somente CBFusarium ENT014 e CPAC 07434 apresentaram produto de amplificação com o uso do marcador para a translocação 2NS/2AS (Figura 2). Os demais 13 genótipos não apresentaram o marcador para a translocação.

Tabela 4. Genótipos de trigo caracterizados quanto à presença da translocação 2NS/2AS. Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2017.

Genótipo	Reação à brusone	Translocação 2NS/2AS
Anahuac 75	suscetível	ausente
BRS 209	suscetível	ausente
Bet Dagan 131	resistente	ausente
BRS 229	resistente	ausente
BRS Angico	resistente	ausente
CBFusarium ENT014	resistente	presente
CPAC 07340	resistente	ausente
CPAC 07434	resistente	presente
Embrapa 27	resistente	ausente
Huanca	resistente	ausente
PF 020450	resistente	ausente
PF 909	resistente	ausente
Safira	resistente	ausente
Shanghai	resistente	ausente
Thatcher	resistente	ausente
Trigo BR 18-Terena	resistente	ausente
Trigo Chapéu	resistente	ausente

Entre os 15 acessos resistentes, 6 deles (40%) foram obtidos de outros países: Bet Dagan 131 (Islândia), CBFusarium ENT014 (México), Huanca (Peru), Shanghai (China), Thatcher (Estados Unidos da América) e Trigo Chapéu (sem informação de passaporte). Trigo Chapéu foi cultivado no Brasil e não há informação segura sobre sua origem ou a instituição que o desenvolveu (Sousa; Caierão, 2014).

Thatcher foi uma das primeiras cultivares de trigo desenvolvidas especificamente para resistência à ferrugem do colmo (Vanegas et al., 2008). Em 2008, foram identificados os dois primeiros genes de resistência na cultivar de trigo Thatcher, em estágio de planta jovem, a isolados de *M. oryzae* obtidos de trigo (Zhan et al., 2008).

Dos seis acessos estrangeiros, somente CBFusarium ENT014 possui a translocação 2NS/2AS (Figura 2, Tabela 4), sendo esse um trigo sintético pertencente ao bloco de cruzamento (crossing block, CB) do Cimmyt (Van Ginkel et al., 2002). Blocos de cruzamento são coleções elite do programa de melhoramento que servem para avaliações em múltiplos ambientes. Genótipos de cada grupo carregam genes específicos para um determinado ambiente. Neste caso, trata-se da doença giberela, causada por *Gibberella zeae*. CBFusarium ENT014 foi empregado como parental masculino de uma população de linhagens duplo-haploides, desenvolvida no Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Trigo.

Entre os nove acessos de trigo brasileiros avaliados quanto à presença da translocação 2NS/2AS, havia quatro linhagens (CPAC 07340, CPAC 07434, PF 020450 e PF 909) e cinco cultivares (BRS 229, BRS Angico, Embrapa 27, Safira e Trigo BR 18-Terena). Entre as linhagens de trigo, somente CPAC 07434 possui a translocação 2NS/2AS e, entre as cultivares, nenhuma delas possui a translocação. Destes materiais, BRS 229 foi desenvolvida pela Embrapa Soja, BRS Angico e Embrapa 27 foram desenvolvidas pela Embrapa Trigo, Safira foi desenvolvida pela OR Sementes Ltda. e Trigo BR 18-Terena, cujo cruzamento é desconhecido, foi desenvolvida ou introduzida pela Uepae-Dourados/Embrapa Agropecuária Oeste (Sousa; Caierão, 2014). BRS 229 e Trigo BR 18-Terena são reportadas como moderadamente resistentes (Torres et al., 2009) e/ou resistentes a *M. oryzae* (Reunião..., 2011, 2017). Trigo BR 18-Terena, desde seu lançamento em 1986 até a safra 2017, integra o grupo de cultivares de trigo indicadas para cultivo no Brasil central, e BRS 229 foi indicada para cultivo no estado do Paraná a partir de 2004 (Brunetta et al., 2006), devido à resistência às principais doenças fúngicas, entre outras características.

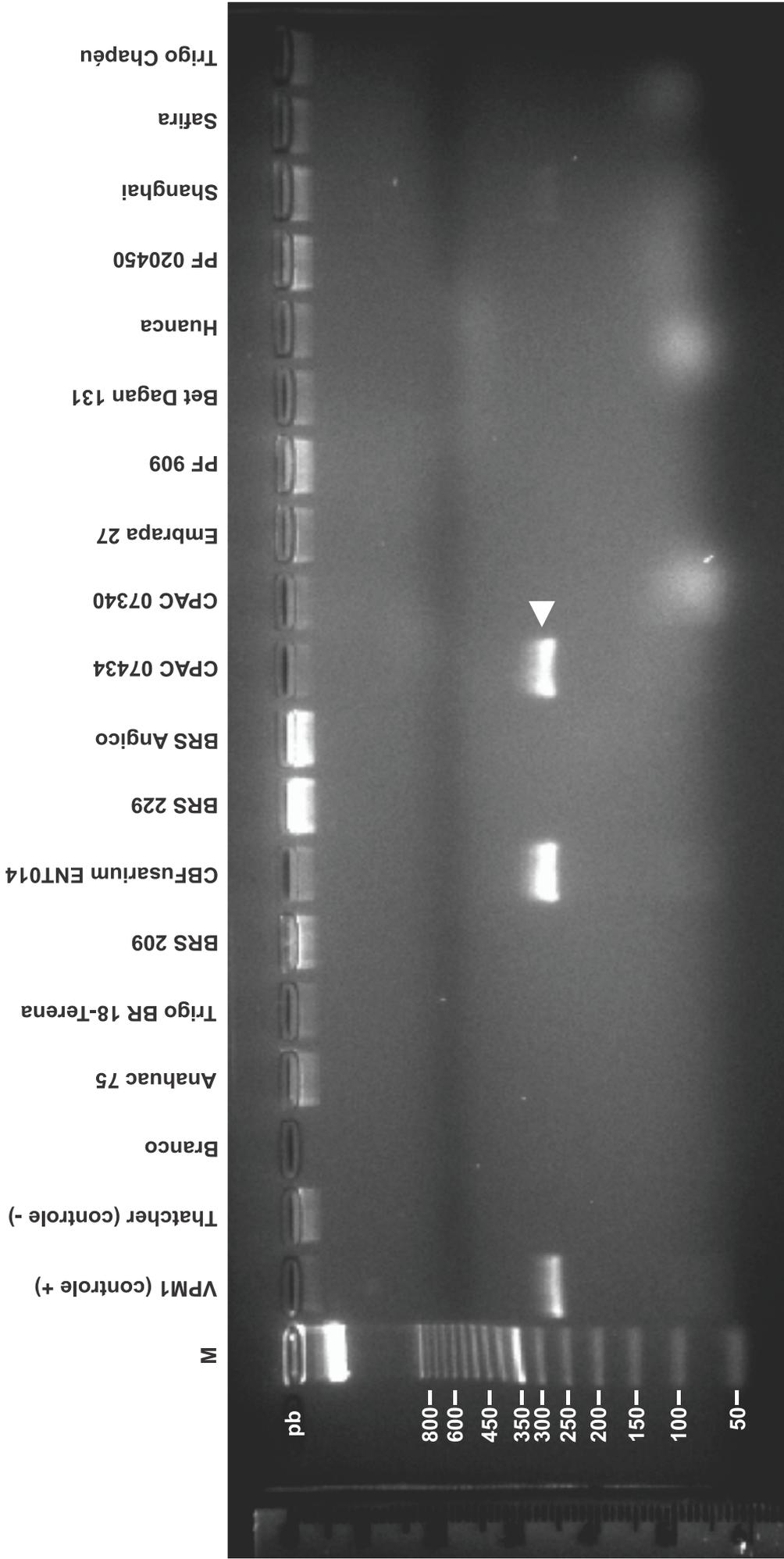


Figura 2. Amplificação por PCR com os primers VENTRIUP e LN2, específicos da translocação 2NS/2AS em genótipos de trigo. A seta branca indica produto de amplificação PCR específico 2NS com comprimento de 262 pares de bases (pb). VPM1 e Thatcher, respectivamente, controles positivo e negativo das reações de PCR; Branco, reação de PCR sem adição de DNA; M, marcador de peso molecular (Ladder 50 bp, Invitrogen®).

BRS Angico (linhagem PF 960198) foi indicada para cultivo no Rio Grande do Sul em 2002 e para Santa Catarina (Del Duca et al., 2005) e Paraná (Só e Silva et al., 2005). Até então, BRS Angico não havia sido identificada como fonte de resistência à brusone (Reunião..., 2005, 2007, 2008).

Embrapa 27 foi frequentemente empregada na década de 1990 para cruzamentos no Brasil (Sousa; Caierão, 2014), sendo importante na composição de cultivares da OR Melhoria de Sementes Ltda. e da Biotrigo Genética Ltda. (Caierão et al., 2014). Essa cultivar foi caracterizada quanto à reação à inoculação de 18 isolados de *M. oryzae*, em estágio de planta jovem, e foi classificada entre os genótipos apresentando as menores médias de severidade da doença na folha (Cruz et al., 2010). No presente trabalho, Embrapa 27 foi identificada como resistente no estágio de planta adulta, considerando a doença em espigas.

Safira (linhagem ORL 98204) é cultivar desenvolvida em cotitularidade da OR Melhoria de Sementes e da Biotrigo. Desde o seu primeiro relato, em Reunião... (2005), até Reunião... (2017), incluindo as safras de 2007 a 2016, não constava informação sobre a reação dessa cultivar à brusone. Como BRS Angico, este é o primeiro relato em que Safira é identificada como fonte de resistência à brusone.

Trigo BR 18-Terena é uma introdução na Embrapa Trigo de uma linhagem criada pelo Cimmyt, e foi lançada para cultivo no Mato Grosso do Sul e no Paraná, sendo posteriormente estendida para São Paulo e Rio Grande do Sul (Sousa, 2002). Desde seu lançamento, foi caracterizada como moderadamente resistente a *M. oryzae* em condições de campo, embora não possua a translocação 2NS/2AS.

Os resultados deste trabalho concordam com os obtidos por Cruz et al. (2016), apontando ser genótipo dependente a relação da translocação 2NS/2AS com a resistência a *M. oryzae*. Esses autores avaliaram tanto acessos com a translocação como acessos sem a translocação 2NS/2AS quanto à reação à brusone, observando que acessos portadores da translocação apresentavam menores índices da doença.

Pizolotto et al. (2017), com conjunto restrito de genótipos de trigo, todos portadores da translocação 2NS/2AS, observou ampla variabilidade de reação à doença. Esses dados indicaram que o simples fato da presença do segmento cromossomal 2NS/2AS no genoma não necessariamente significa resistência de espiga ao patógeno.

Estudos mais aprofundados serão necessários para que seja avaliada a contribuição da referida translocação à reação de resistência observada nos dois genótipos, CBFusarium ENT014 e CPAC 07434, nas condições de cultivo de trigo no Brasil.

Conclusões

Esse trabalho abre novas perspectivas de exploração de fontes de resistência a *M. oryzae*, além da translocação 2NS/2AS, e que se mostram efetivas a campo nas condições brasileiras, pois, dos 15 genótipos de trigo considerados resistentes a *M. oryzae*, somente dois acessos possuem a translocação. Entre os demais 13 genótipos resistentes, sem a translocação 2NS/2AS, estão duas das mais importantes fontes de resistência durável à brusone, no Brasil: BRS 229 e Trigo BR 18-Terena.

A identificação de materiais resistentes que não possuem a translocação 2NS/2AS abre perspectivas para o estudo e a descoberta de genes e/ou de QTLs e de mecanismos de resistência não relacionados à translocação 2NS/2AS, e que são efetivos para as condições brasileiras, onde a brusone é endêmica.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa (projetos MP2 Wheat BGI: 02.08.01.006.00.02 e 02.08.01.006.00.07, e Wheat BGI: 02.11.08.004.00.04 e 02.11.08.004.00.05) e ao CNPq (proc.560550/2010-3). Jéssica Rosset Ferreira foi contemplada com bolsa de doutorado do Edital Capes-Embrapa (Edital 15/2014), e Hebert Hernán Soto-González, com bolsa de pós-doutorado do CNPq (proc. 159540/2010-0).

Referências

- ANH, V. L.; ANH, N. T.; TAGLE, A. G.; VY, T. T. P.; INOUE, Y.; TAKUMI, S.; TOSA, Y. *Rmg8*, a new gene for resistance to *Triticum* isolates of *Pyricularia oryzae* in hexaploid wheat. **Phytopathology**, v. 105, n. 12, p. 1568-1572, 2015.
- BARIANA, H. S.; MCINTOSH, R. A. Cytogenetic studies in wheat XV. Location of rust resistance genes in VPM1 and their genetic linkage with other disease resistance genes in chromosome 2A. **Genome**, v. 36, n. 3, p. 476-482, 1993.
- BHATTACHARYA, R.; PAL, S. Deadly wheat blast symptoms enters India through the Bangladesh border, Bengal govt burning crops on war footing. **Hindustan Times**, 5 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.hindustantimes.com/kolkata/deadly-wheat-blast-symptoms-enters-india-through-the-bangladesh-border-bengal-govt-burning-crops-on-war-footing/story-3zoWQ0H7sdMU4HxQyzWUsN.html>>. Acesso em: 9 ago. 2017.
- BRUNETTA, D.; BASSOI, M. C.; DOTTO, S. R.; SCHEEREN, P. L.; MIRANDA, M. Z. de; TAVARES, L. C. V.; MIRANDA, L. C. Características e desempenho agrônomo da cultivar de trigo BRS 229 no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 889-892, 2006.
- BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R.; BASSOI, M. C.; SCHEEREN, P. L.; MIRANDA, M. Z. de. **Cultivares de trigo da Embrapa no Paraná e seu manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 56 p. (Embrapa Soja. Documentos, 259).
- BULOS, M.; ECHARTE, M.; SALA, C. Occurrence of the rust resistance gene *Lr37* from *Aegilops ventricosa* in Argentine cultivars of wheat. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 5, oct. 2006. Disponível em: <<http://www.ejbiotechnology.info/index.php/ejbiotechnology/article/view/v9n5-14/408>>.
- CAIERÃO, E.; SCHEEREN, P. L.; SÓ E SILVA, M.; CASTRO, R. L. de; CARGNIN, A. Uso do germoplasma da Embrapa nos programas de melhoramento de trigo no Brasil. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 57-63, 2014.
- COELHO, M. A. D. O.; TORRES, G. A. M.; CECON, P. R.; SANTANA, F. M. Sowing date reduces the incidence of wheat blast disease. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 631-637, 2016.
- CRUZ, C. D.; PETERSON, G. L.; BOCKUS, W. W.; KANKANALA, P.; DUBCOVSKY, J.; JORDAN, K. W.; VALENT, B. The 2NS translocation from *Aegilops ventricosa* confers resistance to the *Triticum* pathotype of *Magnaporthe oryzae*. **Crop Science**, v. 56, n. 3, p. 990-1000, 2016.
- CRUZ, M. F. A.; PRESTES, A. M.; MACIEL, J. L.; SCHEEREN, P. L. Resistência parcial à brusone de genótipos de trigo comum e sintético nos estádios de planta jovem e de planta adulta. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 1, p. 24-31, 2010.
- DEL DUCA, L. de J. A.; SOUSA, C. N. A. de; SCHEEREN, P. L.; LINHARES, A. G.; SÓ e SILVA, M.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do; CAIERÃO, E.; PIRES, J. L.; EICHELBERGER, L.; CHAVES, M. S.; COSTAMILAN, L. M.; PRESTES, A. M.; LIMA, M. I. P. M.; MIRANDA, M. Z. de; GUARIENTI, E. M.; VOSS, M.; LUZ, W. C. da; CUNHA, G. R. da; ALBUQUERQUE, A. C. S.; LHAMBY, J. C. B. **Cultivar de trigo BRS Angico testada e indicada para as regiões de adaptação 4 e 5 do Estado de Santa Catarina**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 3 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 147). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40512/1/p-co147.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2017.
- DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. CTAB DNA extraction in plants. **Phytochemical Bulletin**, v. 19, n. 1, p. 11-15, 1987.
- HELGUERA, M.; KHAN, I. A.; KOLMER, J.; LIJAVETZKY, D.; ZHONG-QI, L.; DUBCOVSKY, J. PCR assays for the *Lr37-Yr17-Sr38* cluster of rust resistance genes and their use to develop isogenic hard red spring wheat lines. **Crop Science**, v. 43, n. 5, p. 1839-1847, 2003.

- IGARASHI, S.; UTIAMADA, C. M.; IGARASHI, L. C.; KAZUMA, A. H.; LOPES, R. S. *Pyricularia* em trigo. 1. Ocorrência de *Pyricularia* sp. no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 351-352, 1986.
- JAHIER, J.; ABELARD, P.; TANGUY, M.; DEDRYVER, F.; RIVOAL, R.; KHATKAR, S.; KOEBNER, R. The *Aegilops ventricosa* segment on chromosome 2AS of the wheat cultivar 'VPM1' carries the cereal cyst nematode resistance gene *Cre5*. **Plant Breeding**, v. 120, n. 2, p. 125-128, 2001.
- KOHLI, M. M.; MEHTA, Y. R.; GUZMAN, E.; DE VIEDMA, L.; CUBILLA, L. E. *Pyricularia* blast-a threat to wheat cultivation. **Czech Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 47, p. S130-S134, 2011. Número especial.
- MACIEL, J. L. N.; CERESINI, P. C.; CASTROAGUDIN, V. L.; ZALA, M.; KEMA, G. H.; MCDONALD, B. A. Population structure and pathotype diversity of the wheat blast pathogen *Magnaporthe oryzae* 25 years after its emergence in Brazil. **Phytopathology**, v. 104, n. 1, p. 95-107, 2014.
- MAIA, N. Obtention de blés tendres résistants au piétin-verse par croisements interspécifiques blés x *Aegilops*. **Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France**, v. 53, p. 149-154, 1967.
- MALAKER, P. K.; BARMA, N. C. D.; TIWARI, T. P.; COLLIS, W. J.; DUVEILLER, E.; SINGH, P. K.; PEDLEY, K. F. First report of wheat blast caused by *Magnaporthe oryzae* pathotype *Triticum* in Bangladesh. **Plant Disease**, v. 100, n. 11, p. 2330-2330, 2016.
- NGA, N. T. T.; HAU, V. T. B.; TOSA, Y. Identification of genes for resistance to a *Digitaria* isolate of *Magnaporthe grisea* in common wheat cultivars. **Genome**, v. 52, n. 9, p. 801-809, 2009.
- PIZOLOTTO, C. A.; MACIEL, J. L. N.; FERNANDES, J. M. C.; FERREIRA, J. R.; TORRES, G. A. M.; CONSOLI, L.; BOLLER, W. Reação à brusone de genótipos de trigo portadores da translocação 2NS/AS de *Aegilops ventricosa*. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 11.; FÓRUM NACIONAL DE TRIGO, 2017, Cascavel. **Resumos expandidos...** Cascavel: Coodetec, 2017. p. 151-155.
- PRESTES, A. M.; ARENDT, P. F.; FERNANDES, J. M. C.; SCHEEREN, P. L. Resistance to *Magnaporthe grisea* among Brazilian wheat genotypes. In: BUCK, H. T.; NISI, J. E.; SALOMÓN, N. (Ed.). **Wheat production in stressed environments**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 119-123. (Developments in plant breeding, v. 12).
- REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 1., 2007, Londrina. **Informações técnicas para a safra 2008: trigo e triticales**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 147 p. (Embrapa Soja. Documentos, 301).
- REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 5., 2011, Dourados. **Informações técnicas para trigo e triticales - safra 2012**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 204 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistema de produção, 9).
- REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 10., 2016, Londrina. **Informações técnicas para trigo e triticales - safra 2017**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 240 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155787/1/Informacoes-Tecnicas-para-Trigo-e-Triticales-Safra-2017-OL.pdf>>.
- REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 20., 2005, Londrina. **Informações técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales para a safra de 2005**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 234 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 7). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2010/25084/1/trigo2005.pdf>>.
- REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 38.; REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 21., 2006, Passo Fundo. **Informações técnicas para a safra 2007: trigo e triticales**. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales: Comissão Centro-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales, 2007. 114 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 71). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84376/1/CNPT-DOC.-71-07.pdf>>.

- ROBERT, O.; ABELARD, C.; DEDRYVER, F. Identification of molecular markers for the detection of the yellow rust resistance gene *Yr17* in wheat. **Molecular Breeding**, v. 5, n. 2, p. 167-175, 1999.
- SÓ E SILVA, M.; DEL DUCA, L. de J. A.; SCHEEREN, P. L.; SOUSA, C. N. A. de; LINHARES, A. G.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do; EICHELBERGER, L.; CAIERÃO, E.; PIRES, J. L.; CHAVES, M. S.; COSTAMILAN, L. M.; PRESTES, A. M.; LIMA, M. I. P. M.; MIRANDA, M. Z. de; GUARIENTI, E. M.; VOSS, M.; LUZ, W. C. da; LHAMBY, J. C. B. **Cultivar de trigo BRS Angico testada e indicada para cultivo nas regiões de adaptação 7 e 8 do Paraná**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 2 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 154). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40519/1/p-co154.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2017.
- SOUSA, C. N. A. de; CAIERÃO, E. **Cultivares de trigo indicadas para cultivo no Brasil e instituições criadoras 1922 a 2014**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 200 p.
- SOUSA, P. G. BR 18-Terena: cultivar de trigo para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 1039-1043, 2002.
- TAGLE, A. G.; CHUMA, I.; TOSA, Y. *Rmg7*, a new gene for resistance to *Triticum* isolates of *Pyricularia oryzae* identified in tetraploid wheat. **Phytopathology**, v. 105, n. 4, p. 495-499, 2015.
- TAKABAYASHI, N.; TOSA, Y.; OH, H. S.; MAYAMA, S. A gene-for-gene relationship underlying the species-specific parasitism of *Avena/Triticum* isolates of *Magnaporthe grisea* on wheat cultivars. **Phytopathology**, v. 92, n. 11, p. 1182-1188, 2002.
- TORRES, G. A. M.; SANTANA, F. M.; FERNANDES, J. M. C.; SÓ e SILVA, M. **Doenças da espiga causam perda de rendimento em trigo nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, em 2009**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 10 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 255). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40745/1/p-co255.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2017.
- TORRES, G. A. M.; SOTO GONZÁLES, H. H.; WEBBER, N. F.; SCHERER, H. M. **Tipos de lesão de brusone em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015. 10 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 346). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133610/1/ID-43389-2015-CTO346.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2017.
- URASHIMA, A. S.; KATO, H. Varietal resistance and chemical control of wheat blast fungus. **Summa Phytopathologica**, v. 20, n. 2, p. 107-112, 1994.
- URASHIMA, A. S.; LAVORENT, N. A.; GOULART, A. C. P.; MEHTA, Y. R. Resistance spectra of wheat cultivars and virulence diversity of *Magnaporthe grisea* isolates in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 511-518, 2004.
- VAN GINKEL, M.; TRETOWAN, R. M.; AMMAR, K.; WANG, J.; LILLEMO, M. **Guide to bread wheat breeding at CIMMYT**. Mexico, D.F.: CIMMYT, 2002. 52 p. (CIMMYT. Wheat special report, 5).
- VANEGAS, C. D. G.; GARVIN, D. F.; KOLMER, J. A. Genetics of stem rust resistance in the spring wheat cultivar Thatcher and the enhancement of stem rust resistance by *Lr34*. **Euphytica**, v. 159, n. 3, p. 391-401, 2008.
- VY, T. T. P.; HYON, G. S.; NGA, N. T. T.; INOUE, Y.; CHUMA, I.; TOSA, Y. Genetic analysis of host-pathogen incompatibility between *Lolium* isolates of *Pyricularia oryzae* and wheat. **Journal of General Plant Pathology**, v. 80, n. 1, p. 59-65, 2014.
- WILLIAMSON, V. M.; THOMAS, V.; FERRIS, H.; DUBCOVSKY, J. An *Aegilops ventricosa* translocation confers resistance against root-knot nematodes to common wheat. **Crop Science**, v. 53, n. 4, p. 1412-1418, 2013.
- ZHAN, S. W.; MAYAMA, S.; TOSA, Y. Identification of two genes for resistance to *Triticum* isolates of *Magnaporthe oryzae* in wheat. **Genome**, v. 51, n. 3, p. 216-221, 2008.

Embrapa

Trigo