

Capacidade de combinação entre genitores de trigo em duas gerações

Combining ability of wheat parents in two generations

Elesandro Bornhofen¹; Giovani Benin^{2*}; Gilvani Matei³;
Cristiano Lemes da Silva³; Eduardo Beche³; Eduardo Stefani Pagliosa³;
Thaís Raquel Hagemann¹; Cilas Pinnow¹

Resumo

O trabalho teve como objetivo estimar a capacidade geral e específica de combinação de dez genótipos de trigo em duas gerações (F_1 e F_2) a fim de indicar genitores e combinações híbridas promissoras. Dez genótipos de trigo foram hibridados em forma de dialélo completo, sem os recíprocos, totalizando 45 combinações híbridas. Os híbridos F_1 , populações F_2 e os genitores foram avaliados em delineamento de blocos casualizados com três repetições, em planta espaçada. O efeito da capacidade geral de combinação (CGC) foi superior à capacidade específica de combinação (CEC) em ambas as gerações para todos os caracteres avaliados. O melhor desempenho da CGC para rendimento de grãos por planta (RGP), número de grãos por espiga (NGE), número espigas por planta (NEP) e estatura de planta (EP) foi observado para os genitores Fundacep 50, Pampeano, BRS Figueira e UTF 0605, respectivamente. Combinações híbridas promissoras (elevada magnitude da CEC em ambas as gerações, média elevada para o caráter e pelo menos um dos genitores apresentando CGC desejável) foram selecionadas. A CGC foi positivamente associada com o desempenho dos caracteres RGP ($F_1=0,75$ e $F_2=0,81$), NGE ($F_1=0,61$ e $F_2=0,60$) e EP ($F_1=0,99$ e $F_2=0,98$) em ambas as gerações avaliadas, indicando ser um critério confiável para escolha de genitores.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., análise dialélica, capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação

Abstract

The objective of this study were to estimate the general ability and specific combining ability in ten wheat genotypes in two generations (F_1 and F_2) to indicate parents and hybrid combinations that are promising to achieve new favorable combinations. Ten wheat genotypes were hybridized in a complete diallel, without reciprocals, totaling 45 hybrid combinations. F_1 hybrids and the F_2 populations and parents were planted in a randomized block design with three replicates in spaced plant. The effect of general combining ability (GCA) was greater than specific combining ability (SCA) in both generations, regardless of the traits evaluated. The best performances of the CGC to grain yield per plant (GYP), number of kernels per spike (NKS), number of spikes per plant (NSP) and plant height (PH) were observed for the parents Fundacep 50, Pampeano, BRS Figueira and UTF 0605, respectively. Promising hybrid combinations (high magnitude of SCA in both generations and high average of a traits and at least one parent presenting desirable GCA) were selected. The association of GCA with the performance

¹ Discentes do curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Pato Branco, PR. E-mail: elesandro.bornhofen@gmail.com; thaishagemann@gmail.com; cilaspinnow@gmail.com

² Prof. do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UTFPR, Pato Branco, PR. E-mail: benin@utfpr.edu.br

³ Discentes de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, UTFPR, Pato Branco, PR. E-mail: gmatei@nidera.com.br; cristianolemes.utfpr@gmail.com; eduardo_beche@hotmail.com; eduardopagliosa@gmail.com

* Autor para correspondência

of traits GYP ($F_1 = 0.75$; $F_2 = 0.81$), NKS ($F_1 = 0.61$; $F_2 = 0.60$) and PH ($F_1 = 0.99$ and $F_2 = 0.98$) showed to be a reliable criterion to choose wheat parents independently of generation tested.

Key words: *Triticum aestivum* L., diallel analysis, general combining ability, specific combining ability

Introdução

A escolha de genitores para a formação das populações segregantes é uma etapa crucial para obtenção de êxito em programas de melhoramento genético. Um grande desafio no melhoramento genético de trigo é determinar a intensidade e a forma que o efeito gênico de cada genitor é manifestado nas progênies.

As metodologias de análise dialélica fornecem estimativas de parâmetros úteis à seleção de genitores e entendimento dos efeitos gênicos envolvidos na herança dos caracteres (KRYSTKOWIAK et al., 2009). O método de Griffing (1956) possibilita estimar os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), dependente da concentração de genes predominantemente aditivos, e da capacidade específica de combinação (CEC), relacionada à presença de genes de efeito não aditivos (PFANN et al., 2009).

Em trigo, tem sido relatado a predominância da ação genética aditiva (DHONDE et al., 2000; JOSHI et al., 2004; BERTAN et al., 2009), não aditiva (MENON; SHARNA, 1997; KRYSTKOWIAK et al., 2009) e a presença de ambas, em proporções semelhantes (BARBIERI, et al., 2001; YANG et al., 2002; TOPAL et al., 2004; HASNAIN et al., 2006). Entretanto, a intensificação de seleção de cultivares elite e o estreitamento da base genética tem resultado em reduzida expressão da capacidade de combinação e heterose para caracteres de importância agrônômica (KAMALUDDIN et al., 2007; FARSHADFAR; MAHJOURI; AGHASEE, 2008; BERTAN et al., 2009).

Neste contexto, a identificação de variabilidades relacionadas à CGC e CEC é de fundamental importância para a seleção de genitores superiores. O conhecimento dos efeitos gênicos relacionados à CGC e CEC possibilita o direcionamento dos

esforços de melhoramento, com economia de recursos e maiores chances de progresso genético em curto espaço de tempo.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi estimar a capacidade geral e específica de combinação de dez genótipos de trigo em duas gerações (F_1 e F_2), a fim de indicar genitores e populações segregantes promissoras.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em Pato Branco, PR, em área manejada sob sistema plantio direto, com Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa e relevo ondulado (BHERING et al., 2008). O clima da região é predominante Cfa, de acordo com a classificação de Köppen.

Na safra agrícola de 2006, dez genótipos de trigo (BRS Figueira, BRS Louro, BRS Guamirim, BRS Timbaúva, BRS 208, Pampeano, CD 115, Fundacep 50, Abalone e UTF 0605), escolhidos com base no rendimento de grãos e caracteres de interesse agrônômico, foram hibridados em forma de dialélio completo, sem os recíprocos, totalizando 45 combinações. No mesmo ano, uma amostra das sementes F_1 de cada cruzamento foi semeada em casa de vegetação visando o avanço para a geração F_2 . As sementes remanescentes foram armazenadas em condições controladas.

Na safra agrícola de 2007, os híbridos F_1 , as populações F_2 e os genitores foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados com três repetições. As parcelas experimentais foram compostas de 20 plantas para os híbridos F_1 e 40 plantas cada para os genitores e populações F_2 , conduzidas espaçadas em 30 cm entre plantas e entre linhas.

A adubação de base foi de 250 kg ha⁻¹ de NPK (8-20-20) e mais 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado no início do aphilamento. Foi efetuado o controle de doenças de parte aérea, com duas aplicações do princípio ativo Tebuconazole, na dose de 0,75 L ha⁻¹. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do trigo (COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2004).

Foram avaliados os seguintes caracteres: estatura de planta (EP), pelo comprimento do colmo, em centímetros, desde a superfície do solo até o ápice da inflorescência, excluindo as aristas, número de espigas por planta (NEP), contando individualmente as espigas de cada planta, número de grãos por espiga (NGE), contando o número total de grãos de cada planta e dividido pelo número de espigas, massa de 100 grãos (MCG), em gramas, e rendimento de grãos por planta (RGP), em gramas, obtido pela pesagem da produção de grãos das plantas, trilhadas individualmente.

Os dados foram submetidos à análise de variância individual e geral. As somas de quadrados dos tratamentos foram decompostas em capacidade geral (CGC) e específica (CEC) de combinação. Na decomposição, foi empregado o Método 2, Modelo B de Griffing (1956), descrito pelo modelo estatístico $Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \epsilon_{ij}$, onde: Y_{ij} é o valor médio da combinação ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$); m é a média geral; g_i e g_j são os efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo e do j -ésimo genitor, respectivamente; s_{ij} é o efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j ; e ϵ_{ij} é o erro experimental médio. Também foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres fenotípicos e a CGC e CEC em ambas as gerações. As análises foram realizadas com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

Resultados e Discussão

A capacidade geral (CGC) e capacidade específica (CEC) de combinação dos caracteres avaliados foi significativa para as gerações F_1 e F_2 , indicando a presença de efeitos gênicos aditivos e não aditivos influenciando na expressão (JOSHI et al., 2004; BERTAN et al., 2009). Para todos os caracteres avaliados, em ambas as gerações, os valores dos quadrados médios da CGC foram superiores quando comparados a CEC, o que demonstra a maior contribuição dos efeitos gênicos aditivos na expressão dos caracteres estudados, os quais tendem a permanecerem em maior frequência após os efeitos da endogamia (POKHREL; BURDEN; DRAGAUTSEV, 1993; SINGH; SHARMA; SAIN, 2004; KAMALUDDIN et al., 2007). As magnitudes dos coeficientes de variação foram baixas, indicando alto grau de precisão experimental e confiabilidade das inferências estatísticas testadas.

Na análise de médias das populações e genitores (Tabela 2), observa-se que o cultivar Fundacep 50, tanto em F_1 quanto em F_2 , foi efetivo em transmitir alelos favoráveis para número de espigas por planta (NEP), rendimento de grãos por planta (RGP) e massa de cem grãos (MCG), nos cruzamentos em que esteve presente. Em ambas as gerações, as menores estaturas de planta (EP) foram observadas quando a linhagem UTF 0605 esteve presente nos cruzamentos.

A capacidade geral de combinação representa, principalmente, a ação de genes de efeitos aditivos, possíveis de serem fixados nas populações segregantes (MATHER; JINKS, 1982). Assim, a escolha de genitores de trigo deve recair sobre aqueles com maior CGC (JOSHI et al., 2004), onde seriam maiores as chances de sucesso na recuperação de linhagens endogâmicas superiores. Os genitores Fundacep 50, BRS 208, BRS Timbaúva e Pampeano se destacaram com os valores mais elevados de CGC para RGP e número de grãos por espiga (NGE). Fundacep 50, BRS 208 também destacaram quanto a CGC para massa de cem grãos (Tabela 3) nas gerações F_1 e F_2 .

Tabela 1. Resumo da análise de variância dialélica das gerações F_1 e F_2 para estatura de planta (EP), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (MCG) e rendimento de grãos por planta (RGP) de trigo, analisados pelo modelo proposto por Griffing (1956).

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados médios				
		EP	NEP	NGE	MCG	RGP
<i>Análise individual da geração F_1</i>						
Genótipos	54	162,52*	3,52*	0,56*	3,72*	5,52*
CGC	9	907,99*	8,28*	2,08*	20,13*	18,93*
CEC	45	13,42*	2,56*	0,25*	0,44*	2,84*
Erro	108	5,28	0,49	0,08	0,14	0,29
CV(%)		3,9	7,5	1,2	12,2	7,5
<i>Análise individual da geração F_2</i>						
Genótipos	54	169,10*	3,25*	47,27*	0,03*	0,19*
CGC	9	843,81*	9,37*	120,70*	0,15*	0,73*
CEC	45	34,15*	2,02*	32,51*	0,01*	0,09*
Erro	108	8,14	0,84	7,55	0,0008	0,01
CV(%)		4,8	9,7	11,9	0,9	1,5

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F, GL – graus de liberdade, CGC- capacidade geral de combinação, CEC – capacidade específica de combinação, CV(%) – coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração dos autores.

Na média das duas gerações, a linhagem UTF 0605 apresentou a melhor CGC (-12,03) no sentido de reduzir a estatura de planta, devendo ser priorizada em cruzamentos com genitores suscetíveis ao acamamento. BRS Figueira apresentou baixos valores de CGC para RGP, MCG e NGE, o que demonstra o baixo potencial deste material em transmitir estas características às suas progênes. Entretanto, BRS Figueira evidenciou o melhor desempenho para o número de espigas por planta, justificável pelo fato de apresentar aptidão para duplo-propósito e ter sido selecionado para elevada capacidade de afilhamento; neste sistema de manejo BRS Figueira pode ser submetido a até três cortes ou pastejos e posterior colheita de grãos (EMBRAPA, 2007).

A magnitude e direção dos efeitos da CEC são de interesse na seleção de genitores em programas de melhoramento genético (MATHER; JINKS, 1971). Na Tabela 4 é possível observar inconsistência de desempenho da CEC (s_{ij}) (valores positivos e negativos), quanto aos genitores, para os caracteres NEP e MCG, evidenciando presença de dominância bidirecional (CRUZ; VENCOVSKY, 1989). Valores negativos indicam desvios predominantemente

positivos (LORENCETTI et al., 2005), atuando no sentido de aumentar os valores da característica. Portanto, os desvios negativos unidirecionais dos genitores, verificados para o caractere RGP, contribuem para o incremento deste nos híbridos. Também, quanto maior o valor absoluto da CEC do genitor, maior será a sua diversidade genética em relação à média dos demais genitores considerados no dialélo (CRUZ; VENCOVSKY, 1989). Nesse sentido, Fundacep 50, Pampeano e BRS Figueira destacaram-se pela divergência entre si e em relação aos demais genitores do dialélo.

O maior efeito médio da CEC para o caráter RGP, em ambas as gerações, foi observado nos cruzamentos BRS Timbaúva x BRS Figueira ($s_{ij} = 1,41$), UTF 0605 x Fundacep 50 ($s_{ij} = 1,15$), BRS Guamirim x Pampeano ($s_{ij} = 1,12$), CD 115 x BRS Louro ($s_{ij} = 1,10$), BRS Guamirim x BRS 208 ($s_{ij} = 1,07$), CD 115 x Abalone ($s_{ij} = 1,05$) e UTF 0605 x BRS Timbaúva ($s_{ij} = 0,96$), indicando o elevado potencial destas populações em produzir segregantes promissores. Além da elevada CEC para um caráter, é importante que pelo menos um dos genitores apresente elevada CGC (CRUZ; REGAZZI, 1997), pois assim o caráter desejado poderá ser mais rapidamente incorporado nas linhagens.

Tabela 2. Médias dos caracteres estatura de planta (EP), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (MCG) e rendimento de grãos por planta (RGP) de dez genitores de trigo e seus respectivos cruzamentos nas gerações F₁ e F₂.

Genitores	Caracteres fenotípicos											
	EP		NEP		NGE		MCG		RGP			
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂		
1- BRS Guarnirim	54,60	45,97	9,10	7,98	4,37	15,96	2,94	2,93	4,84	4,94		
2- UTF 0605	33,63	65,76	7,50	9,90	4,50	25,39	2,86	3,11	3,94	7,60		
3- Fundacep 50	68,47	58,52	9,63	7,85	5,03	24,99	3,19	3,02	7,60	7,81		
4- BRS 208	62,07	58,00	8,87	10,74	4,67	20,56	3,21	2,99	6,01	6,23		
5- CD 115	62,43	58,31	8,93	10,18	4,74	22,60	3,07	2,97	6,23	6,23		
6- BRS Louro	57,97	56,52	8,60	10,35	5,01	20,56	3,07	2,99	6,54	6,54		
7- BRS Timbauva	66,43	59,11	8,27	8,67	5,00	22,60	2,99	3,11	6,14	6,14		
8- Pampeano	71,67	61,14	8,10	8,39	5,88	24,77	3,07	2,96	8,51	8,51		
9- Abalone	57,03	61,03	9,10	8,39	4,59	24,91	3,06	3,02	5,70	5,70		
10- BRS Figueira	56,57	64,67	13,53	9,86	3,64	18,86	2,81	3,03	4,75	4,75		
Cruzamentos												
1- BRS Guarnirim x UTF 0605	43,76	45,97	8,57	7,98	14,81	15,96	2,95	2,93	5,82	4,94		
2- BRS Guarnirim x Fundacep 50	64,33	65,76	9,47	9,90	27,71	25,39	3,16	3,11	8,14	7,60		
3- BRS Guarnirim x BRS 208	57,12	58,52	9,56	7,85	26,35	24,99	3,08	3,02	8,21	7,81		
4- BRS Guarnirim x CD 115	61,16	58,00	10,74	10,35	22,46	20,56	3,06	2,99	7,81	6,23		
5- BRS Guarnirim x BRS Louro	58,31	56,52	9,40	10,18	24,60	22,60	3,06	2,97	5,73	5,59		
6- BRS Guarnirim x BRS Timbauva	58,75	59,11	8,75	8,67	21,84	24,77	3,01	2,96	5,53	5,45		
7- BRS Guarnirim x Pampeano	61,03	61,14	9,17	8,39	25,22	24,91	3,02	2,98	8,44	7,98		
8- BRS Guarnirim x Abalone	55,28	54,57	10,22	9,86	19,30	18,86	3,07	3,03	6,66	6,32		
9- BRS Guarnirim x BRS Figueira	61,48	64,67	7,90	9,54	21,80	27,44	2,95	2,92	5,24	4,82		
10- UTF 0605 x Fundacep 50	57,58	52,93	9,48	10,28	28,19	25,13	3,16	3,10	8,61	7,05		
11- UTF 0605 x BRS 208	53,36	47,04	8,05	7,72	27,05	27,19	3,19	3,13	6,92	6,41		
12- UTF 0605 x CD 115	47,49	66,07	7,91	8,30	19,48	18,08	3,02	2,97	5,01	4,42		
13- UTF 0605 x BRS Louro	45,22	46,60	8,56	9,53	21,14	21,22	3,03	3,00	6,56	5,81		
14- UTF 0605 x BRS Timbauva	51,28	48,71	9,05	9,02	23,36	29,71	2,95	2,93	7,44	7,01		
15- UTF 0605 x Pampeano	51,67	48,58	7,57	7,75	18,15	16,12	2,95	2,53	6,06	5,50		
16- UTF 0605 x Abalone	45,64	41,68	7,71	8,32	18,03	22,47	3,01	2,98	5,73	5,39		
17- UTF 0605 x BRS Figueira	43,70	47,02	7,50	8,87	16,16	17,57	2,85	2,84	3,95	3,69		
18- Fundacep 50 x BRS 208	64,31	67,16	9,42	9,67	26,13	26,14	3,28	3,19	9,57	8,71		
19- Fundacep 50 x CD 115	66,98	64,91	11,31	9,76	24,00	23,57	3,30	3,20	8,50	7,26		

continua

continuação

20- Fundacep 50 x BRS Louro	63,18	63,37	10,84	10,05	24,32	19,75	3,22	3,18	8,59	6,40
21- Fundacep 50 x BRS Timbaúva	67,12	68,75	9,02	11,54	25,52	26,99	3,20	3,18	8,72	8,55
22- Fundacep 50 x Pampeano	70,73	68,77	8,61	9,69	28,56	20,87	3,19	3,17	8,75	8,30
23- Fundacep 50 x Abalone	63,80	60,80	10,06	10,22	24,50	23,91	3,22	3,04	8,08	7,54
24- Fundacep 50 x BRS Figueira	63,58	61,43	9,34	9,82	20,43	16,03	3,05	3,04	6,79	5,91
25- BRS 208 x CD 115	63,72	60,51	9,73	9,35	24,22	20,36	3,18	3,12	6,54	5,32
26- BRS 208 x BRS Louro	61,89	62,88	9,19	9,05	24,55	22,77	3,16	3,12	7,46	7,06
27- BRS 208 x BRS Timbaúva	64,73	60,45	9,44	9,54	24,26	24,63	3,08	3,05	7,60	6,96
28- BRS 208 x Pampeano	64,64	65,16	9,80	9,19	30,68	27,21	3,11	3,10	8,16	8,19
29- BRS 208 x Abalone	59,55	59,64	10,71	9,93	27,30	22,32	3,16	3,14	8,40	8,01
30- BRS 208 x BRS Figueira	56,61	56,80	9,81	9,14	17,14	16,36	3,02	2,99	5,70	5,05
31- CD 115 x BRS Louro	61,78	62,77	9,48	8,97	22,53	22,29	3,12	3,07	8,25	8,01
32- CD 115 x BRS Timbaúva	65,03	63,68	9,87	9,34	25,47	23,73	3,03	3,02	6,86	6,68
33- CD 115 x Pampeano	60,06	65,38	8,69	9,23	26,77	22,76	3,04	3,01	7,46	7,32
34- CD 115 x Abalone	62,71	60,86	9,79	9,56	28,19	24,67	3,07	3,08	8,38	8,22
35- CD 115 x BRS Figueira	59,18	60,95	7,61	10,06	19,55	19,34	2,92	2,93	5,67	5,53
36- BRS Louro x BRS Timbaúva	63,57	62,76	8,77	8,62	23,46	28,29	3,04	3,01	6,51	6,32
37- BRS Louro x Pampeano	64,31	69,23	7,88	10,18	30,10	28,22	3,05	3,01	7,32	7,12
38- BRS Louro x Abalone	60,53	59,48	9,24	9,47	26,95	26,86	3,12	3,12	8,45	7,76
39- BRS Louro x BRS Figueira	59,34	58,49	10,09	11,31	22,00	18,77	2,95	2,95	5,94	5,68
40- BRS Timbaúva x Pampeano	69,01	65,49	9,12	9,00	30,10	26,56	2,98	2,94	8,80	7,55
41- BRS Timbaúva x Abalone	62,55	62,64	9,54	11,23	24,68	23,41	3,04	3,01	8,42	8,14
42- BRS Timbaúva x BRS Figueira	62,60	57,74	10,50	10,12	26,29	23,21	2,87	2,85	8,17	7,31
43- Pampeano x Abalone	64,59	65,63	9,37	9,18	26,85	27,09	3,05	3,03	7,44	6,92
44- Pampeano x BRS Figueira	63,73	62,24	9,51	9,37	24,38	23,47	2,87	2,85	6,58	4,50
45- Abalone x BRS Figueira	55,04	53,30	10,53	9,16	20,45	22,94	2,94	2,93	6,24	6,04
Média Geral	59,60	59,43	9,26	9,43	23,89	23,01	3,06	3,02	7,23	6,63
Amplitude	27,03	27,54	3,81	3,83	15,87	13,76	0,45	0,67	5,62	5,02

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 3. Capacidade geral de combinação (CGC) de dez genitores de trigo nas gerações F_1 e F_2 , para os caracteres estatura de planta (EP), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (MCG) e rendimento de grãos por planta (RGP) de trigo.

Genótipos	EP			NEP			NGE			MCG			RGP		
	F_1	F_2	\bar{Y}_i	F_1	F_2	\bar{Y}_i	F_1	F_2	\bar{Y}_i	F_1	F_2	\bar{Y}_i	F_1	F_2	\bar{Y}_i
BRS Guarnirim	-1,97*	-1,58	-1,78	0,03	-0,18	0,08	-1,55	-0,73	-1,14	0,03	0,03	0,03	-0,33	0,08	-0,21
UTF 0605	-12,30	-11,76	-12,03	-1,02	-0,86	-0,94	-2,79	-1,57	-2,18	0,07	0,08	0,07	-0,82	-0,24	-0,53
Fundacep 50	5,35	4,83	5,09	0,43	0,59	0,51	1,58	0,48	1,03	0,13	0,11	0,12	0,95	0,18	0,56
BRS 208	1,30	0,79	1,05	0,16	-0,32	0,08	0,85	0,24	0,55	0,09	0,08	0,09	0,30	0,06	0,18
CD 115	1,54	2,92	2,23	0,11	0,03	0,04	-0,26	-1,03	-0,65	0,02	0,03	0,02	0,04	0,00	0,02
BRS Louro	0,03	0,43	0,20	0,08	0,12	0,02	0,76	0,69	0,73	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02
BRS Timbáúva	3,58	2,44	3,01	0,08	0,05	0,02	1,30	2,38	1,84	0,04	0,02	0,03	0,26	0,08	0,17
Pampeano	4,89	5,18	5,03	-0,47	-0,41	-0,44	4,09	2,81	3,45	0,02	0,04	0,03	0,41	0,14	0,27
Abalone	-0,90	-1,69	-1,29	0,31	0,17	0,24	-0,21	0,17	0,02	0,02	0,02	0,02	0,22	0,07	0,15
BRS Figueira	-1,47	-1,55	-1,51	0,61	0,88	0,74	-3,77	-3,45	-3,61	-0,13	-0,10	-0,12	-0,95	-0,24	-0,60

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 4. Capacidade específica de combinação (CEC) de dez genitores de trigo e seus respectivos cruzamentos nas gerações F₁ e F₂, para os caracteres estatura de planta (EP), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (MCG) e rendimento de grãos por planta (RGP).

Genótipos	EP			NEP			NGE			MCG			RGP		
	F ₁	F ₂	Y ₁	F ₁	F ₂	Y ₁	F ₁	F ₂	Y ₁	F ₁	F ₂	Y ₁	F ₁	F ₂	Y ₁
1*	-0,76	-1,38	-1,07	-0,20	0,09	-0,05	-1,52	-2,30	-1,91	-0,06	-0,01	-0,03	-3,50	-0,14	-1,82
2	-1,30	-2,24	-1,77	0,30	-0,15	0,07	-4,41	0,37	-2,02	-0,01	0,02	0,00	-2,72	-0,09	-1,40
3	-1,69	-0,52	-1,10	-0,50	-0,95	-0,72	3,96	1,38	2,67	0,01	-0,05	-0,02	-5,46	-0,14	-2,80
4	-0,01	1,17	0,58	-0,66	0,17	-0,24	3,31	-1,65	0,83	-0,03	0,01	-0,01	-4,46	-0,22	-2,34
5	-0,17	-2,79	-1,48	-0,56	-0,41	-0,48	0,55	1,58	1,07	0,01	0,00	0,00	-3,78	-0,04	-1,91
6	-1,44	-2,22	-1,83	-0,48	-1,02	-0,75	1,66	0,75	1,20	0,01	-0,01	0,00	-3,77	-0,04	-1,90
7	-0,26	2,17	0,96	-0,78	-1,17	-0,97	-1,66	-2,74	-2,20	0,02	0,02	0,02	-4,37	-0,22	-2,30
8	2,42	1,99	2,21	-0,19	-0,45	-0,32	-1,05	6,01	2,48	0,02	0,12	0,07	-4,27	0,10	-2,09
9	-0,70	1,03	0,16	-0,76	-0,61	-0,69	-2,69	-2,21	-2,45	0,03	-0,01	0,01	-4,40	-0,29	-2,35
10	-0,76	-0,45	-0,60	2,63	1,98	2,31	3,37	-2,98	0,19	0,05	0,00	0,03	-2,35	0,07	-1,14
1 (1x2)**	-1,47	-0,04	-0,75	0,32	-0,35	-0,02	2,07	-4,71	-1,32	-0,07	0,04	-0,02	0,61	0,00	0,30
2 (1x3)	1,46	3,16	2,31	-0,23	0,12	-0,05	5,66	2,68	4,17	0,04	0,01	0,02	1,16	0,12	0,64
3 (1x4)	-1,71	-0,03	-0,87	0,13	-1,02	-0,44	5,31	2,51	3,91	0,11	-0,05	0,03	1,88	0,27	1,07
4 (1x5)	2,10	-2,69	-0,29	1,36	1,19	1,28	-1,20	-0,65	-0,93	0,01	-0,02	-0,01	1,82	0,04	0,93
5 (1x6)	0,81	-1,68	-0,44	0,21	0,87	0,54	-0,55	-0,32	-0,44	0,01	-0,04	-0,01	-0,30	-0,12	-0,21
6 (1x7)	-2,36	-1,09	-1,72	-0,44	-0,57	-0,51	1,63	0,15	0,89	0,00	0,00	0,00	-0,76	-0,21	-0,48
7 (1x8)	-1,39	-1,81	-1,60	0,38	-0,39	-0,01	-6,88	-0,14	-3,51	-0,02	0,03	0,00	2,01	0,23	1,12
8 (1x9)	-1,35	-1,51	-1,43	0,64	0,50	0,57	-2,71	-3,55	-3,13	0,01	0,02	0,01	0,41	-0,02	0,20
9 (1x10)	5,42	8,46	6,94	-1,98	-0,52	-1,25	-0,99	8,65	3,83	0,00	0,04	0,02	0,16	-0,03	0,07
10 (2x3)	5,04	0,50	2,77	0,83	1,18	1,01	-1,60	3,26	0,83	-0,12	0,05	-0,04	2,12	0,17	1,15
11 (2x4)	4,85	-1,35	1,75	-0,33	-0,47	-0,40	-0,04	5,55	2,75	0,01	0,10	0,06	1,08	0,16	0,62
12 (2x5)	-1,24	15,56	7,16	-0,42	-0,18	-0,30	-1,01	-2,29	-1,65	0,09	0,01	0,05	-0,49	-0,20	-0,35
13 (2x6)	-1,95	-1,43	-1,69	0,42	0,90	0,66	-1,76	-0,88	-1,32	0,01	0,04	0,03	1,01	0,08	0,55
14 (2x7)	0,50	-1,33	-0,42	0,91	0,46	0,68	-1,04	5,93	2,44	0,05	0,02	0,04	1,65	0,26	0,96
15 (2x8)	-0,42	-4,19	-2,31	-0,17	-0,35	-0,26	-0,85	-8,09	-4,47	0,02	-0,34	-0,16	0,12	-0,10	0,01
16 (2x9)	-0,66	-4,22	-2,44	-0,82	-0,36	-0,59	-0,60	0,89	0,15	0,02	0,03	0,02	-0,03	-0,05	-0,04
17 (2x10)	-2,03	0,98	-0,53	-1,33	-0,52	-0,93	-1,11	-0,38	-0,75	-0,01	0,01	0,00	-0,63	-0,15	-0,39
18 (3x4)	-1,84	2,18	0,17	-0,40	0,03	-0,19	-3,69	2,45	-0,62	-0,02	-0,03	-0,03	1,96	0,17	1,06
19 (3x5)	0,60	-2,20	-0,80	1,54	-0,17	0,69	-0,04	1,15	0,56	0,01	0,03	0,02	1,23	-0,02	0,60

continua

continuação

20 (3x6)	-1,64	-1,25	-1,45	1,26	-0,03	0,61	-0,80	-4,39	-2,59	-0,01	0,01	0,00	1,28	-0,21	0,53
21 (3x7)	-1,30	2,13	0,41	-0,57	1,54	0,48	-1,64	1,16	-0,24	-0,03	0,06	0,02	1,15	0,13	0,64
22 (3x8)	0,99	-0,59	0,20	-0,58	0,14	-0,22	2,04	-5,39	-1,67	-0,02	0,07	0,03	1,04	0,02	0,53
23 (3x9)	-0,14	-1,69	-0,92	0,08	0,09	0,09	2,91	0,30	1,60	0,00	-0,11	-0,05	0,55	-0,04	0,25
24 (3x10)	0,21	-1,20	-0,50	-0,94	-1,01	-0,97	-3,68	-3,97	-3,83	0,01	0,02	0,01	0,44	-0,05	0,19
25 (4x5)	1,38	-2,56	-0,59	0,23	0,33	0,28	-0,68	-1,82	-1,25	-0,03	-0,02	-0,02	-0,08	-0,30	-0,19
26 (4x6)	1,12	2,31	1,71	-0,13	-0,12	-0,12	-1,65	-1,14	-1,39	0,02	-0,02	0,00	0,79	0,03	0,41
27 (4x7)	0,35	-2,13	-0,89	0,13	0,44	0,28	0,69	-0,97	-0,14	-0,01	-0,03	-0,02	0,68	-0,05	0,32
28 (4x8)	-1,06	-0,16	-0,61	0,87	0,55	0,71	-0,79	1,19	0,20	-0,02	0,02	0,00	1,10	0,12	0,61
29 (4x9)	-0,36	1,19	0,41	1,00	0,71	0,86	4,94	-1,07	1,94	-0,03	0,01	-0,01	1,52	0,16	0,84
30 (4x10)	-2,73	-1,79	-2,26	-0,20	-0,78	-0,49	-0,13	-3,41	-1,77	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	-0,12	-0,06
31 (5x6)	0,77	0,06	0,42	0,22	-0,49	-0,14	-0,13	-0,35	-0,24	-0,03	0,00	-0,02	1,93	0,27	1,10
32 (5x7)	0,42	-1,03	-0,31	0,60	-0,05	0,28	-2,29	-0,60	-1,45	0,00	-0,01	0,00	0,28	-0,03	0,12
33 (5x8)	-5,87	-2,07	-3,97	-0,19	0,30	0,06	1,54	-2,00	-0,23	-0,02	0,00	-0,01	0,73	0,03	0,38
34 (5x9)	2,57	0,28	1,43	0,13	0,05	0,09	2,80	2,55	2,68	0,03	0,01	0,02	1,84	0,26	1,05
35 (5x10)	-0,38	0,23	-0,08	-2,35	-0,16	-1,26	1,31	0,84	1,08	0,00	-0,01	0,00	0,31	0,05	0,18
36 (6x7)	0,52	0,54	0,53	-0,30	-0,92	-0,61	-1,35	2,24	0,45	0,01	-0,02	-0,01	-0,11	-0,13	-0,12
37 (6x8)	-0,05	4,26	2,11	-0,80	1,10	0,15	0,98	1,75	1,36	-0,02	0,00	-0,01	0,55	-0,04	0,26
38 (6x9)	1,96	1,38	1,67	-0,23	-0,20	-0,21	-0,11	3,03	1,46	0,01	0,04	0,03	1,87	0,15	1,01
39 (6x10)	1,34	0,26	0,80	0,31	0,94	0,63	6,13	-1,44	2,34	-0,02	0,00	-0,01	0,53	0,06	0,29
40 (7x8)	1,04	-1,48	-0,22	0,43	-0,01	0,21	2,72	-1,60	0,56	0,05	-0,02	0,01	1,77	-0,01	0,88
41 (7x9)	0,37	2,54	1,46	0,07	1,64	0,85	-0,77	-2,11	-1,44	-0,01	-0,01	-0,01	1,58	0,16	0,87
42 (7x10)	0,98	-2,50	-0,76	0,72	-0,18	0,27	0,34	1,30	0,82	-0,03	-0,04	-0,04	2,51	0,32	1,41
43 (8x9)	1,10	2,79	1,94	0,30	0,05	0,17	-2,23	1,13	-0,55	-0,03	0,02	0,00	0,45	-0,12	0,17
44 (8x10)	0,81	-0,73	0,04	0,13	-0,47	-0,17	0,69	1,13	0,91	0,00	-0,02	-0,01	0,77	-0,32	0,22
45 (9x10)	-2,09	-2,81	-2,45	0,37	-1,25	-0,44	-2,97	3,24	0,14	0,02	0,00	0,01	0,62	0,09	0,35

*1- BRS Guarnirim, 2- UTF 0605, 3- Fundacep 50, 4- BRS 208, 5- CD 115, 6- BRS Louro, 7- BRS Timbáúva, 8- Pampeano, 9- Abalone, 10- BRS Figueira. *Combinções híbridas.
 Fonte: Elaboração dos autores.

Resultados promissores de CEC para o caráter NGP foram observados nos cruzamentos BRS Guamirim x Fundacep 50, BRS Guamirim x BRS 208, UTF 0605 x BRS Timbaúva, Fundacep 50 x Abalone e BRS Louro x BRS Figueira (Tabela 4), sugerindo elevado grau de complementaridade alélica. Estes cruzamentos apresentaram ao menos um dos genitores com desempenho superior para esse caráter (Tabela 2) e um dos genitores com elevada CGC para NGE e/ou RGP (Tabela 3). Também, as combinações UTF 0605 x Fundacep 50, BRS 208 x Abalone e BRS Timbaúva x Abalone se destacam para o NEP, evidenciando serem ótimas fontes quando se busca constituições gênicas com

alta capacidade de produção de espigas por m². Para MCG, os valores de CEC não diferiram expressivamente entre si, indicando que os híbridos F₁ e populações F₂ tiveram o comportamento esperado com base na CGC de seus genitores (CRUZ; REGAZZI, 1997).

As correlações positivas, de moderada a elevada magnitude entre a CGC e rendimento de grãos por planta (F₁=0,75 e F₂=0,81), número de grãos por espiga (F₁=0,61 e F₂=0,60) e estatura de planta (F₁=0,99 e F₂=0,98) (Tabela 5), indicam que a CGC deve ser considerada na escolha de genitores para comporem blocos de cruzamento, independente da geração avaliada.

Tabela 5. Valores de correlação entre as médias dos caracteres estatura de planta (EP), número de espigas por planta (NEP), número de grãos por espiga (NGE), massa de cem grãos (MCG) e rendimento de grãos por planta (RGP) de trigo e a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) nas gerações F₁ e F₂.

Correlações		Caracteres				
		EP	NEP	NGE	MCG	RGP
F ₁	CGC	0,99*	0,49*	0,61*	0,38 ^{ns}	0,75*
	CEC	0,26 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}
F ₂	CGC	0,98*	0,41*	0,60*	0,48*	0,81*
	CEC	0,40 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}

**Significativo ao nível de 1%, *Significativo ao nível de 5%, ^{ns} não significativo, pelo teste T para GL- 2.

Fonte: Elaboração dos autores.

O desempenho dos caracteres avaliados não foi associado com a CEC, em ambas as gerações avaliadas, provavelmente devido às ações gênicas não aditivas. Tal resultado indica que a seleção de cruzamentos deverá recair sobre aqueles com elevada CEC, cujos genitores também apresentem média elevada para o caráter que estiver sendo melhorado e com pelo menos um genitor com elevada CGC (LORENCETTI et al., 2005; BENIN et al., 2009).

Conclusões

O genitor Fundacep 50 apresentou elevada capacidade geral de combinação para rendimento de grãos por planta e massa de grãos. Pampeano e

BRS Timbaúva maximizaram o número de grãos por espiga e BRS Figueira foi bom combinador para o número de espigas por planta.

Os cruzamentos BRS Timbaúva x BRS Figueira, BRS Timbaúva x UTF 0605, Fundacep 50 X UTF 0605, BRS Guamirim x Pampeano, BRS Guamirim x BRS 208, CD 115 x Abalone, apresentam maior probabilidade de produzir populações com elevada frequência de segregantes promissores, para o rendimento de grãos e seus componentes.

Selecionar combinações híbridas de trigo com superior capacidade geral de combinação maximiza o desempenho do rendimento de grãos por planta, número de grãos por espiga e estatura de planta, independente da geração avaliada.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Araucária, pelo apoio financeiro.

Referências

- BARBIERI, R. L.; CARVALHO, F. I. F.; BARBOSA NETO, J. F.; CAETANO, V. R.; MARCHIORO, V. S.; AZEVEDO, R.; LONRECETTI, C. Análise dialélica para tolerância ao vírus-do-nanismo-amarelo-da-cevada em cultivares brasileiras de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 131-135, 2001.
- BENIN, G.; OLEGÁRIO, G. S.; PAGLIOSA, E. S.; LEMES, C.; SIGNORINI, A.; BECHE, E.; CAPELIN, M. A. Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 44, n. 9, p. 1145-1151, 2009.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; VALÉRIO, I. P. Morphological, pedigree, and molecular distances and their association with hybrid wheat performance. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 44, n. 2, p. 155-163, 2009.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos; BOGNOLA, I. A.; CÚRCIO, G. R.; MANZATTO, C. V.; CARVALHO JUNIOR, W. de; CHAGAS, C. da S.; ÁGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. de. *Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR, 2008. 74 p.
- COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. *Recomendações da comissão sul-brasileira de pesquisa de trigo*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPQ, 2004. 150 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- CRUZ, C. D. *Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
- CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 425-438, 1989.
- DHONDE, S. R.; KUTE, N. S.; KANAWADE, D. G.; SARODE, N. D. Variability and characters association in the wheat (*Triticum aestivum*). *Agriculture Science Digest*, Karnal, v. 20, n. 2, p. 99-101, 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Cereais de inverno de duplo propósito na integração lavoura-pecuária: aveia, cevada, centeio, trigo, triticale. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 24 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 79).
- FARSHADFAR, E.; MAHJOURI, S.; AGHASEE, M. Detection of epistasis and estimation of additive and dominance components of genetic variation for drought tolerance in durum wheat. *Journal of Biological Sciences*, Jahrgang, v. 8, n. 3, p. 598-603, 2008.
- GRIFFING, B. A concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, Melbourne, v. 9, n. 4, p. 463-493, 1956.
- HASNAIN, Z.; ABBAS, G.; SAEED, A.; SHAKEEL, A.; MUHAMMAD, A.; RAHIM, M. A. Combining ability for plant height and yield related traits in wheat, *Triticum aestivum* L. *Journal of Agricultural Research*, Punjab, v. 44, n. 3, p. 167-173, 2006.
- JOSHI, S. K.; SHARMA, S. N.; SINGHANIA, D. L.; SAIN, R. S. Combining ability in the F1 and F2 generations of diallel cross in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). *Hereditas*, Sweden, v. 141, n. 2, p. 115-121, 2004.
- KAMALUDDIN, R. M.; SINGH, L. C. P.; MALIK, Z.; JOSHI, A. K. Combining ability analysis for grain filling duration and yield traits in spring wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). *Genetics and Molecular Biology*, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 411-416, 2007.
- KRYSTKOWIAK, K.; ADAMSKI, T.; SURMA, M.; KACZMAREK, Z. Relationship between phenotypic and genetic diversity of parental genotypes and the specific combining ability and heterosis effects in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, Wageningen, v. 165, n. 3, p.419-434, 2009.
- LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I. F.; BENIN, G.; MARCHIORO, V.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P. Capacidade combinatória e heterose em cruzamento dialélico de Aveia (*Avena sativa* L.). *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 143-148, 2005.
- MATHER, K.; JINKS, J. L. *Biometrical genetics: the study of continuous variation*. 3. ed. London: Chapman and Hall, 1982. 396 p.
- _____. *Biometrical genetics: the study of continuous variation*. 2. ed. London: Chapman and Hall, 1971. 382 p.
- MENON, U.; SHARMA, S. N. Genetics of yield determining factors in spring wheat over environments. *Indian Journal Genetic*, New Delhi, v. 57, n. 3, p. 301-306, 1997.

- PFANN, A. Z.; FARIAI, M. V.; ANDRADE, A. A. de; NASCIMENTO, I. R. do; FARIA, C. M. D. R.; BRINGHENTTI, R. M. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialélo circulante. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 635-641, 2009.
- POKHREL, P. R.; BURDEN, A. M.; DRAGAUTSEV, V. A. Harvest index and grain sink size in wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, v. 57, n. 4, p. 361-365. 1993.
- SINGH, H.; SHARMA, S. N.; SAIN, R. S. Combining ability for some quantitative characters in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). In: INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS, 4., 2004, Brisbane. *Proceedings...* Brisbane, Austrália: The Regional Institute Ltd, 2004.
- TOPAL, A.; AYDIN, C.; AKGÜN, N.; BABAOĞLU, M. Diallel cross analysis in durum wheat (*Triticum durum* Desf.): identification of best parents for some kernel physical features. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 87, n. 1, p. 1-12, 2004.
- YANG, Y. H.; DUDOIT, S.; LUU, P.; LIN, D. M.; PENG, V.; NGAI, J.; SPEED, T. P. Normalization for cDNA microarray data: a robust composite method addressing single and multiple slide systematic variation. *Nucleic Acids Research*, London, v. 30, n. 4, p. 1-10, 2002.