

20. CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE LINHAGENS DE ARROZ IRRIGADO

Orlando Peixoto de Morais³⁵, Paulo Ricardo Reis Fagundes³⁶, Péricles de Carvalho Ferreira Neves¹, Ariano Martins de Magalhães Jr.², Francisco Pereira de Moura Neto¹, Jaison Pereira de Oliveira¹

Palavras-chave: melhoramento genético, cruzamentos, herdabilidade

INTRODUÇÃO

A região Sul produz aproximadamente 69,7% do arroz brasileiro (Santos, 2009) e o Rio Grande do Sul responde por 88,3% do arroz colhido na região. Desde o início da década de 1990, a Embrapa vem implementando um programa de melhoramento de sua população-base de arroz irrigado, visando torná-la paulatinamente melhor adaptada às condições de cultivo da região sul-brasileira e, ao mesmo tempo, desenvolvendo cultivares capazes de prover maior eficiência à lavoura. O desenvolvimento de cultivares baseia-se na exploração de cruzamentos entre variedades e linhagens elites oriundas do próprio programa e, em menor intensidade, de outras instituições.

Com o propósito de identificar cruzamentos e famílias com alto potencial produtivo ainda nas fases iniciais das atividades de melhoramento, estabeleceu-se dentro do programa a seleção precoce baseada na exploração de informações obtidas de ensaios de produtividade de grãos. A principal vantagem desse procedimento consiste em antecipar a eliminação de cruzamentos e famílias inferiores, dentro do processo de avanço de gerações, o que possibilita uma atenção maior nas populações-elite (Castro et al, 2007). A avaliação de cruzamentos permite a estimação das habilidades combinatórias dos seus genitores, o que constitui uma forma de identificação das melhores populações deles derivadas, quanto à diversidade genética (Hallauer & Miranda Filho, 1982) e, conseqüentemente, quanto ao potencial das mesmas como fonte de linhagens recombinantes promissoras para o desenvolvimento de cultivares. Sprague & Tatum (1942) propuseram o uso dos cruzamentos dialélicos para estimar a capacidade geral de combinação (cgc) e a capacidade específica de combinação (cec).

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de 40 linhagens de arroz como genitores de populações-base do programa de melhoramento genético da Embrapa para a região subtropical do Brasil, com irrigação por inundação.

MATERIAL E MÉTODOS

Cento e sessenta e três populações F_2 , oriundas de cruzamentos envolvendo 40 linhagens elites, incluindo algumas cultivares comerciais de arroz irrigado subtropical, foram avaliadas em três locais do Rio Grande do Sul: Capão do Leão, Alegrete e Uruguaiana, utilizando o delineamento experimental de blocos aumentados de Federer (Federer, 1956). As parcelas constavam de quatro linhas de 5m de comprimento, espaçadas de 25 cm e semeadas com 100 sementes por metro. As práticas de preparo do solo, adubação e de manejo da cultura adotadas seguiram as recomendações técnicas de cultivo do arroz irrigado para o a região Sul do país (SOSBAI, 2007).

Cada uma das 40 linhagens participou de pelo menos de quatro cruzamentos, mas constituindo um dialelo bastante incompleto, pois apenas 20,9% de todas as combinações híbridas possíveis foram realizadas. A versatilidade do método generalizado de análise de dialelos desbalanceados de Silva et al (2000) permitiu a estimação dos parâmetros de cgc e de cec dos genitores utilizados, relativamente à produtividade de grãos, que foi a característica selecionada para o estudo.

As médias dos cruzamentos, ajustadas para efeito de bloco, foram estimadas pela análise conjunta dos três ensaios, implementada no sistema computacional SAS (Statistical Analysis System), por meio de seu procedimento GLM (SAS Institute 2002).

Na diagonalização por congruência da matriz V^{-1} , inverso da matriz de covariância das médias

³⁵ Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão - Cx. Postal 179, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000. E-mail: peixoto@cnpaf.embrapa.br

³⁶ Embrapa Clima Temperado

ajustadas dos cruzamentos, foi utilizado o aplicativo R (www.r-project.org). Com essa operação, obtém-se a matriz congruente F, tal que $FF' = V^{-1}$, empregada na simplificação do modelo linear generalizado de Gauss-Markov, empregada por Silva et al (2000). Todas as demais operações matriciais necessárias para a estimação dos parâmetros do modelo e de seus erros associados foram realizadas utilizando-se o aplicativo BrOffice.org Calc (www.broffice.org).

A matriz de restrições foi estruturada admitindo-se os seguintes cortes no espaço das soluções:

$$\sum_i^p \hat{g}_i = 0 \text{ (uma restrição); } \sum_j^p \hat{s}_{ij} = 0, \text{ para cada } i \text{ (p restrições); } i \text{ e } j \text{ variando de } 1 \text{ a } p, \text{ sendo } p \text{ o número}$$

de genitores. A significância das estimativas de capacidade de combinação foi testada pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se ampla variação entre os cruzamentos ($p < 0,001$) na média dos três experimentos, em que as testemunhas produziram 8712 kg/ha, sem diferenças significativas entre elas. Três cruzamentos produziram significativamente mais que a média das testemunhas: IRGA 417/IRGA 420, IRGA 419/IRGA 420 e CT15672-3-2-6-3-3-4-M/BRS Pelota, que atingiram 10577, 12378 e 10561 kg/ha, respectivamente. Trinta e seis cruzamentos, 22,1% do total avaliado, produziram significativamente menos que o conjunto das testemunhas, tendo sido todos eliminados. É razoável admitir que os genitores freqüentemente presentes nesses cruzamentos (Tabela 1) não devem ter tido um bom desempenho geral como geradores de novas populações. De fato, a análise simultânea das Tabelas 1 e 2 evidencia que todos os genitores que tiveram mais de 14,3% de seus cruzamentos incluídos no grupo menos produtivos que as testemunhas (Tabela 1) não se sobressaíram quanto à cgc nem quanto à cec com pelo menos um dos genitores, exceção feita para BRS Alvorada, CT15696-3-4-3-1-4-M e C101 A51. As duas primeiras se combinaram muito bem, $c\hat{g}c = 2913,6$ ($p < 0,01$), e o cruzamento entre ambas, produziu 9573 kg/ha. A BRS Alvorada também apresentou alta cec com a BRS Pelota, cujo cruzamento atingiu produtividade média de 10500 kg/ha. A C101 A51 exibiu cgc positiva e significativa ($p < 0,01$), mas combinou-se mal com a CNAi9934, $c\hat{g}c = -2302,3$ ($p < 0,001$), cujo cruzamento produziu 6693 kg/ha. Os genitores C101 A51, IRGA 419, IRGA 417, CT15672-3-2-6-3-3-M, IRGA 420 e BRS Pelota apresentaram estimativas de cgc positivas significativas.

As estimativas de cec entre os genitores apresentadas na Tabela 2 (partida em 2a e 2b) representam desvios do comportamento médio em relação ao que se espera com base na cgc e representam medidas dos efeitos gênicos não aditivos (Cruz et. al, 2004). As maiores estimativas de cec foram observadas nos cruzamentos de BRS Alvorada com CT15696-3-4-3-1-4-M e com BRS Pelota, e de IRGA 417 com BRSGO Guará, que proporcionaram combinações genéticas de alto desempenho mediano “per se”, respectivamente 10500, 9573 e 10360 kg/ha, respectivamente. São cruzamentos que envolvem um genitor de alta cgc e outro de valor intermediário, para a mesma característica.

CONCLUSÃO

Os cruzamentos mais promissores quanto à produtividade de grãos são IRGA 417/IRGA420, IRGA 419/IRGA 420, BRS Pelota/CT15672-3-2-6-3-3-M, IRGA 417/BRS Pelota, IRGA 417/BRSGO Guará, BRS Pelota/Alvoradas e BRS Alvorada/CT15696-3-4-3-1-4-M por associarem dois genitores de alta cgc, e com estimativas de cec não negativas, ou pela presença de alta cec naqueles envolvendo um genitor com alta cgc e outro que não exibe estimativa negativa para essa característica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, A P.; CUTRIM, V. A; MORAIS, O P.; NEVES, P. C. F; CORDEIRO, A C. C. Seleção precoce em arroz. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 4, Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 27, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas-RS: Orium Agro, 2007, CD-rom,.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2004, v.1. 480 p.

- HALLAUER, A R; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames, Iowa: The Iowa State University Press, 1982.
- SANTOS, R. C. G. Cenário do mercado atual. Cachoeira do Sul: Casa Brasil Editores Ltda, **Planeta Arroz**, Ano 10, Edição 30. 2009.
- SAS Institute. 2002. **SAS/STAT Software: changes and enhancements through release 9.1**. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs Specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, Washington, v.34, p. 923-932, 1942
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2007,164 p.
- SILVA, S. A. G; MORAIS, O. P.; RAVA, C. A; COSTA, J. G. C. 2000. Método generalizado de análise de dialelos desbalanceados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.1999-2005.
- FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters' Records**, Aiea, v. 55, p. 191-208, 1956.

Tabela 1 - Genitores envolvidos nos cruzamentos significativamente menos produtivos que as testemunhas (Cr<Test.), relacionando-se o número de cruzamentos avaliados envolvendo o genitor (NCr), o número de vezes (Nº) em que cada um desses genitores participou dos CR<Test. e o percentual dessa participação.

Genitores	NCr	Cr<Test.	
		Nº	%
L 202	4	4	100,0
BRSMG Curinga	4	3	75,0
BRS GO Guará	20	13	65,0
CNAi8487	5	3	50,0
BRS Alvorada	20	9	45,0
IR72891-73-3-1, CT9882-16-4-2-3-4P-M, CT15696-3-4-3-1-3-M, CT15696-3-4-3-1-4-M	5	2	40,0
CNAi9934, CNAi9935, CNAi9936, CNAi9937, Oryzica Llanos 5	6	2	33,3
BRS Colosso, BRS Firmeza, BRS Talento, Keybonnet	4	1	25,0
CT15696-3-4-2-1-1-M, CT15696-3-4-2-3-3-M, CT16049-7-3-2-M-M-M	5	1	20,0
BRS 7 "Taim"	26	5	19,2
C101 A51, CNAi9930, CNAi9931, IR 64, Lemont	6	1	16,7
IRGA 419	7	1	14,3
BRS Pelota	31	3	9,7
IRGA 417	29	1	3,4

Tabela 2a - Estimativas de capacidade específica de combinação e de capacidade geral de combinação (c \hat{g} c, última coluna e penúltima linha) de genitores dos cruzamentos avaliados em 2005/06, do programa de melhoramento de arroz irrigado subtropical da Embrapa (Primeira parte).

Genitores	IRGA 417	BRS Pelota	BRS 7 "Taim"	BRS Alvorada	BRS GO Guará	c \hat{g} c
CNAi8487	1238,1	977,7	-573,2	-893,8	-748,8	-525,0
IR72891-73-3-1	-470,6	-599,0	657,1	.	412,5	-958,3*
CT9882-16-4-2-3-4P-M	-969,3	1686,3	-352,6	-57,2	-307,2	-338,6
IR72895-17-2-3-2	-1357,5	1017,1	694,2	-848,4	494,6	564,6
PR26305-M32	-985,9	-474,3	-762,2	402,2	1820,2	-131,0
CT15696-3-4-2-1-1-M	-287,3	-1824,7	614,4	512,8	984,8	-664,6
CT15696-3-4-2-1-2-M	336,9	-551,5	757,6	104,0	-647,0	537,2
CT15696-3-4-2-3-3-M	1706,5	77,1	-1098,8	191,6	-876,4	257,6
CT15696-3-4-3-1-3-M	677,7	929,3	-2,6	-706,2	-898,2	-1147,6*
CT15696-3-4-3-1-4-M	-283,5	-572,9	-2252,8*	2916,6**	192,6	-381,4
CT15672-12-1-2-1-3-M	305,7	-1166,7	-703,6	563,8	1000,8	247,4
CT15672-3-2-6-3-3-M	-1454,3	1150,3	136,4	815,8	-648,2	1129,4*
CT16049-7-3-1-M-M-M	-691,6	-452,0	385,1	758,5	.	-872,3
CT16049-7-3-2-M-M-M	31,7	-744,8	956,4	.	-243,3	-443,6
c \hat{g} c	1308,7*	740,2*	377,0	-503,3	-432,3	

CV =18,12(%); $\hat{\mu}$ = 7541 kg/ha.

* e **: significativos em nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.

Tabela 2b - Estimativas de capacidade específica de combinação e de capacidade geral de combinação ($c\hat{g}c$, última coluna e penúltima linha) de genitores dos cruzamentos avaliados em 2005/06, do programa de melhoramento de arroz irrigado subtropical da Embrapa (Segunda parte).

Genitores	Genitores													$c\hat{g}c$
	IRGA 417	IRGA 418	IRGA 419	IRGA 420	BRS Pelota	BRS 7 "Taim"	C101A51	BRS Alvorada	BRSGO Guará	BRS Talento	BRS Colosso	BRSMG Curinga	BRS Firmeza	
IRGA 418	-2038,1*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	331,2
IRGA 419	-192,2	-553,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1358,3**
IRGA 420	661,2	-729,3	2412,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1065,9**
BRS Pelota	114,9	230,5	-2685,7**	-1979,3*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	740,2*
BRS 7 Taim	-389,9	-326,4	.	618,9	-533,4	.	.	.	.	.	.	.	.	377,0
Oryzica Llanos 5	-1305,7	560,9	784,7	113,1	-1200,1	1047,0	.	.	.	.	.	.	.	-1386,2**
Metica 1 SC ¹	-734,2	392,4	-348,8	-572,4	126,4	1136,5	.	.	.	.	.	.	.	-566,7
IR 64	983,0	1310,6	-1060,6	683,8	-479,4	-1437,3	.	.	.	.	.	.	.	380,1
BRSGO Guará	1077,9*	521,0	2540,8	-1004,8	668,0	-1048,9	.	.	.	.	.	.	.	-432,3
BRS Alvorada	.	632,0	-897,2	-203,8	2722,0**	-481,9	.	.	.	.	.	.	.	-503,3
CNAi9930	922,3	.	.	.	.	1101,0	661,2	-876,6	-1574,6	.	.	.	.	443,8
CNAi9931	-661,9	.	.	.	833,7	594,8	509,0	147,2	-1422,8	.	.	.	.	-263,0
CNAi9934	1077,9	.	.	.	1958,5	.	-2302,3**	-2293,0*	1558,9	.	.	.	.	-75,8
CNAi9935	-340,4	.	.	.	1529,2	-417,7	945,5	-1206,3	-510,3	.	.	.	.	-139,5
CNAi9936	1135,1	.	.	.	100,7	1183,8	25,0	-1183,8	-1260,8	.	.	.	.	40,0
CNAi9937	1028,8	.	.	.	-275,6	148,5	161,7	-118,1	-945,1	.	.	.	.	-553,7
Lemont	.	.	.	.	-349,1	349,1	.	.	.	158,9	-190,6	-275,8	307,4	-618,3
Keybonnet	.	.	.	.	.	.	.	.	.	261,9	772,4	-452,8	-581,6	-873,3
L201	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-407,3	-126,8	-243,1	777,2	703,0
L202	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-13,6	-455,1	971,7	-503,1	-1177,8
$c\hat{g}c$	1308,7*	331,2	1358,3**	1065,9**	740,2*	377,0	1529,9**	-503,3	-432,3	286,1	615,7	-517,1	653,6	.

CV=18,12%; $\hat{\mu}$ = 7541 kg/ha.

¹SC: Soma Clone

* e **: significativos em nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.