

HETEROSE EM ARROZ IRRIGADO¹

Veridiano dos Anjos Cutrim² e Elcio Perpétuo Guimarães³

ABSTRACT

HETEROSIS IN IRRIGATED RICE

The objective of this study was to evaluate heterosis, heterobeltiosis and standard heterosis for eight characteristics of irrigated rice (*Oryza sativa* L.) hybrids derived from crosses among two A lines and 17 restorers lines. Field trials were conducted in Goianira, Goiás, Brazil. The experimental design was a completely randomized block with three replications. Results indicate a wide genetic divergence for grain yield of the restorers lines. All hybrids showed positive heterosis for grain yield and those presenting the highest values also demonstrated positive heterosis for different yield components. These data indicate that grain yield heterosis is a result of the interaction among heterosis observed for yield components. For tillers and panicles per square meter, the positive and negative values observed were similar in number and magnitude, for the three types of heterosis studied. Panicle length and 100 grain weight were the traits that contributed the most to yield heterosis. All hybrids presented shorter growth duration than the parents. Since the parents had short stature, plant height was not significantly changed in the hybrid offspring. Hybridization increased spikelet sterility, even among cultivars within the same *Indica* group.

KEY WORDS: *Oryza sativa*, hybrid rice, grain yield, yield components.

INTRODUÇÃO

O fenômeno da heterose em arroz foi relatado pela primeira vez por Jones (1926), quando observou que alguns híbridos apresentavam maior número de perfilhos e produtividade de grãos mais elevada que seus genitores. Desde então, pesquisadores de diferentes países têm observado este fenômeno, utilizando não somente a produtividade, mas também vários

RESUMO

Com o objetivo de medir a magnitude da heterose, heterobeltiose e heterose padrão para oito características em híbridos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado, foram avaliados 19 híbridos resultantes de cruzamentos entre duas linhagens A e 17 linhagens restauradoras, em experimentos conduzidos em Goianira (GO), no delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Observou-se a existência de variabilidade genética entre as restauradoras para a produtividade de grãos. Todos os híbridos apresentaram heterose positiva para produtividade de grãos e os de maiores valores tiveram heterose positiva para diferentes componentes de produtividade, indicando que, para esta característica, a heterose é o resultado da interação de heteroses dos componentes de produtividade. Para perfilhos e panículas por metro quadrado, os valores positivos e negativos foram semelhantes em números e magnitude nos três tipos de heterose. O comprimento das panículas e a massa de 100 grãos foram as variáveis que mais contribuíram para a heterose em produtividade de grãos. Todos os híbridos foram mais precoces que os genitores. A heterose para altura de plantas não alterou significativamente o porte dos híbridos porque todos os genitores eram baixos. A hibridação, mesmo entre cultivares do grupo *Indica*, aumentou a esterilidade de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa*, arroz híbrido, produtividade de grãos, componentes de rendimento.

caracteres de valor econômico (Davis & Rutger 1976, Virmani & Edwards 1983, Kim & Rutger 1988). Entretanto, somente pesquisadores chineses desenvolveram com sucesso um programa de híbridos para a exploração comercial dessa heterose (Lin & Yuan 1980). Os primeiros híbridos foram liberados em 1976. Atualmente são cultivados na China cerca de 18 milhões de hectares de arroz híbrido com produtividade, em média, 20% superior às variedades melhora-

1. Entregue para publicação em novembro de 1999.

2. Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: cutrim@cnpaf.embrapa.br

das (Yuan & Virmani 1988). A metodologia de produção de semente híbrida utilizada na China é o principal fator que dificulta a adoção do cultivo comercial do arroz híbrido em outros países. Na China a produção de sementes híbridas é realizada em pequenas áreas e requer muita mão-de-obra, o que torna esse processo economicamente inviável no Brasil.

O programa de desenvolvimento de arroz híbrido conduzido na Embrapa Arroz e Feijão busca alternativas que permitam diminuir a utilização de mão-de-obra e, conseqüentemente, reduzir o custo de produção da semente híbrida. Uma delas foi transferir para a espécie cultivada *Oryza sativa* L. a característica de estigma longo da espécie silvestre *Oryza longistaminata* A. Chev. com o objetivo de aumentar a taxa de polinização cruzada (Taillebois & Guimarães 1988, Breseghello & Neves 1995).

Antes de pensar em produção comercial de arroz híbrido no Brasil é necessária a realização de estudos de heterose com o germoplasma nacional. Portanto, o objetivo principal deste estudo é conhecer os valores da heterose, da heterobeltiose e da heterose padrão para várias características agrônômicas do arroz irrigado, nas condições brasileiras, e com germoplasma nacional. Estas informações, embora abundantes em outros países como a Índia (Panwar *et al.* 1983, Sardana & Borthakur 1985), Filipinas (Virmani *et al.* 1982, Yuan & Virmani 1988), Estados Unidos (Bollich *et al.* 1988) e Colômbia (Castellanos & Muñoz 1986), são reduzidas na literatura brasileira (Meirelles 1989, Carbonera 1990). Para o arroz cultivado no sistema irrigado este é o primeiro estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram levados a campo, em condições irrigadas, dois ensaios de rendimento de grãos com 40 tratamentos cada. O material testado foi composto por, 19 híbridos, 17 linhagens com capacidade de restauração e duas de manutenção (linhagens B), além de duas testemunhas, as cultivares comerciais Javaé e BR-IRGA 409 (ambas

de ciclo curto).

As sementes utilizadas para os ensaios foram produzidas na safra anterior. Para a produção das sementes híbridas utilizou-se o método denominado AIsolation free system, desenvolvido por Virmani & Sharma (1993).

Os experimentos foram instalados em novembro de 1995 e 1997, no campo experimental da Fazenda Palmital, da Embrapa Arroz e Feijão, no município de Goianira, Goiás. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela foi constituída por três fileiras de quatro metros de comprimento, espaçadas de 20 cm, com densidade de 60 sementes por metro linear. Para minimizar o efeito de bordadura, que em arroz pode ser significativo (Zimmermann 1980), todas as parcelas experimentais foram circundadas por três fileiras da cultivar Javaé, no mesmo espaçamento e densidade de semeadura mencionados anteriormente. A adubação empregada correspondeu a 400 kg/ha da fórmula 5-30-15 de NPK, mais 80 kg/ha de N aplicados em duas vezes, metade aos 30 e a outra metade aos 50 dias após a emergência.

Para alcançar o objetivo proposto, foram estudadas as seguintes características: produtividade de grãos, comprimento de panículas, altura de plantas, número de perfilhos e de panículas por metro quadrado, dias para a floração média, massa de 100 grãos e porcentagem de grãos cheios. As primeiras quatro variáveis foram determinadas em ambos os ensaios, enquanto as demais foram coletadas somente no segundo.

A produtividade de grãos foi obtida pela pesagem de todos os grãos da área total da parcela, após limpeza e secagem ao sol até atingirem umidade em torno de 13%. A floração média foi considerada quando 50% das plantas da parcela estavam floridas e para as demais características utilizou-se a média de cinco avaliações tomadas ao acaso em cada parcela.

A heterose (Ht), a heterobeltiose (Hb) e a heterose padrão (Hp) foram calculadas utilizando-se as fórmulas disponíveis na literatura, que são:

$$\text{Heterose} = \frac{F-MP}{MP} \times 100; \text{ Heterobeltiose} = \frac{F_1-PMP}{PMP} \times 100; \text{ Heterose Padrão} = \frac{F_1-T}{T} \times 100, \text{ onde}$$

MP corresponde à média das características avaliadas em ambos genitores, PMP às características do genitor mais produtivo e T aos valores obtidos com a testemunha utilizada para a comparação. Os valores heterose, heterobeltiose e heterose padrão foram avaliados pelo teste t, utilizando-se suas respectivas variâncias, calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$V(Ht) = \frac{[3\bar{P}^2 (F^2 - \bar{P}^2)] QMR}{2r\bar{P}^4} \times 10^4; \quad V(Hb) = \frac{[2P^2 + (F_1 - P)^2] QMR}{rP^4} \times 10^4; \quad V(Hp) = \frac{[2T^2 + (F - T)^2] QMR}{rT^4} \times 10^4$$

Estas são derivadas da fórmula da variância de um quociente ($Z = x/y$), proposta por Vello & Vencovsky (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância para produtividade de grãos, perfilhos por metro quadrado, comprimento de panículas e altura de planta para os dois anos de avaliação são apresentados na Tabela 1. Constata-se que para produtividade de grãos, com exceção do efeito de testemunhas que não foi significativo, todas as outras fontes de variação apresentaram efeitos altamente significativos, considerando o número reduzido de testemunhas (duas) e sendo elas cultivares adaptadas à região este resultado é explicável. Para perfilhos por metro quadrado, os efeitos de anos, tratamentos e restauradores foram altamente

significativos, o de híbridos significativo apenas a 5% de probabilidade e os de mantenedores, entre grupos, testemunhas e interação anos x tratamentos, não significativos. Para comprimento de panícula o efeito da interação anos x tratamentos não foi significativo, o de mantenedores significativo a 5% de probabilidade e os demais efeitos altamente significativos. Para altura de planta, o efeito de testemunhas foi significativo a 5% de probabilidade e os efeitos das demais fontes de variação altamente significativos. De modo geral, estes resultados indicam que os efeitos produzidos pelos plantios em anos diferentes foram expressivos, alterando o comportamento relativo dos tratamentos em algumas características. Além disso, mostram que os restauradores, os mantenedores, os híbridos, ou as testemunhas comportaram-se diferentemente com relação às características avaliadas.

Tabela 1. Resultados das análises de variância para produtividade de grãos (Prod), perfilhos por metro quadrado (Perf/m²), comprimento de panícula (Comp), e altura de planta (Alt), nos ensaios conduzidos nos anos agrícolas 1995-96 e 1997-98. Goianira - GO.

Fonte de variação	GL	QM			
		Prod (kg/ha)	Perf/m ²	Comp (cm)	Alt (cm)
Anos	1	25456050,10 **	98293,54 **	329,47 **	2412,82 **
Tratamentos	39	3922242,52 **	314,08 **	21,65 **	322,85 **
Restauradores	16	4320531,66 **	473,21 **	25,00 **	464,58 **
Híbridos	18	2154848,00 **	219,03 *	9,79 **	207,36 **
Mantenedores	1	7177696,34 **	184,08 ns	14,30 *	243,00 **
Entre Grupos	3	12582375,18 **	102,67 ns	74,00 **	364,61 **
Testemunhas	1	126865,60 ns	243,00 ns	32,01 **	96,33 *
Anos x tratamentos	39	1407324,64 **	168,43 ns	4,26 ns	78,88 **
Erro	156	661182,59	134,32	3,12	22,06
Média		5798,93	63,74	23,47	90,08
CV (%)		14,02	18,18	7,52	5,21
DMS		1862,33	26,54	5,14	

ns = não significativo

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados das análises de variância para floração média, panículas por metro quadrado, massa de 100 grãos e porcentagem de grãos cheios. Não houve diferença significativa apenas para a característica panículas por metro quadrado, o que pode ter ocorrido devido ao tipo moderno do germoplasma, possuidor de algumas ca-

racterísticas semelhantes, dentre elas panículas por metro quadrado.

Os valores dos coeficientes de variação observados na Tabela 2 estão dentro dos limites aceitáveis para esse tipo de ensaio, evidenciando que as características foram avaliadas com boa precisão. A única restrição que poderia ser feita é relativa ao valor de 25,5%

encontrado para panículas por metro quadrado, que sai do limite normalmente esperado. Este fato pode ajudar a explicar a não-significância para esta característica.

A comparação das médias para a produtivi-

dade de grãos para todos os tratamentos é apresentada na Tabela 3. Ao se considerarem as médias, observa-se que dez deles, embora estatisticamente não diferentes, apresentaram valores superiores à melhor testemunha (BR-IRGA 409) em até 660 kg/ha.

Tabela 2. Resultados das análises de variância para as características floração (FLO), panículas por metro quadrado (PAN/m²), massa de cem grãos (MCG) e percentagem de grãos cheios (PGC) de híbridos de arroz irrigado referentes ao ano agrícola 1997-98. Goianira - GO.

Fonte de variação	QM				
	G.L.	FLO (dias)	PAN/m ²	MCG	PGC
Repetição	2	26,35	168,45	0,087	0,011
Tratamentos	39	202,87**	124,85 ^{ns}	0,134**	0,017**
Erro	80	4,65	106,74	0,040	0,007
Média		88,90	40,43	2,73	0,79
C.V. (%)		2,43	25,55	7,73	10,83
DMS		7,14	34,21	0,66	0,28

ns e ** não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente.

Tabela 3. Produtividade de grãos (kg/ha) obtida em ensaios conduzidos nos anos agrícolas 1995-96 e 1997-98, e média dos dois anos. Goianira - GO.

Tratamento	1995/96	1997/98	Médias
15R ¹	7889 ab ⁵	6115 abc	7037 a
H329 ⁴	6755 abcd	7164 a	6960 a
H333 ⁴	6685 abcd	7219 a	6952 a
H183 ⁴	7996 a	5865 abcd	6930 ab
H186 ⁴	7120 abc	6352 ab	6736 ab
*10 ^{A1}	6760 abcd	6705 ab	6732 ab
*16B ¹	6389 abcde	6802 ab	6595 abc
*13F ¹	7074 abc	5716 abcde	6395 abcd
H40 ⁴	7021 abc	5623 abcde	6322 abcde
H518 ⁴	5935 abcde	6996 ab	6316 abcde
BR-IRGA 409 ³	6976 abcd	5623 abcde	6300 abcde
H348 ⁴	6667 abcd	5901 abcd	6285 abcdef
H326 ⁴	5736 abcde	6817 ab	6275 abcdef
H347 ⁴	6406 abcde	5995 abcd	6001 abcdef
*0XM ¹	6701 abcd	5518 abcde	6110 abcdefg
*17Q ¹	6635 abcd	5566 abcde	6101 abcdefg
Javaé ³	6281 abcde	5907 abcd	6094 abcdefg
H512 ⁴	6065 abcde	6115 abc	6090 abcdefg
H29 ⁴	6399 abcde	5487 abcde	5942 abcdefg
*16V ¹	6196 abcde	5684 abcde	5940 abcdefg
H37 ⁴	6256 abcde	5544 abcde	5901 abcdefg
H38 ⁴	5752 abcde	6048 abcd	5900 abcdefg
H35 ⁴	6884 abcd	4850 abcde	5867 abcdefg
H200 ⁴	6340 abcde	5287 abcde	5813 abcdefg
H16 ⁴	5965 abcde	5618 abcde	5791 abcdefg
*24K ¹	5735 abcde	5728 abcde	5732 abcdefg
*0YY ¹	5624 abcde	5707 abcde	5665 abcdefg
H39 ⁴	5479 abcde	5687 abcde	5583 abcdefg

Continua ...

Continuação ...

Tratamento	1995/96	1997/98	Médias ⁵
H349 ⁴	5794 abcde	5208 abcde	5501 abcdefgh
*0Z7 ¹	6094 abcde	4591 abcde	5342 abcdefgh
*2RE ²	5033 abcde	5476 abcde	5255 abcdefgh
*160 ¹	5832 abcde	4580 abcde	5206 abcdefgh
*0ZD ¹	5381 abcde	4771 abcde	5077 bcdefgh
*16Z ¹	4668 abcde	4881 abcde	4775 cdefgh
*24B ¹	6472 abcde	3034 abcde	4753 cdefgh
*11P ¹	5747 abcde	3344 abcde	4545 defgh
*0YA ¹	4345 abcde	4645 abcde	4495 efgh
H34 ⁴	4558 abcde	4111 abcde	4434 fgh
*0ZG ¹	5305 abcde	3301 abcde	4303 gh
*2RF ²	3835 abcde	3581 abcde	3708 h
Média	6140	5466	5799
C.V. (%)	1301	1328	1400
DMS	2645	2766	1862

1. Produtividade das linhagens restauradoras.

2. Produtividade das mantenedoras.

3. Produtividade das testemunhas.

4. Produtividade dos híbridos.

5. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores de heterose, heterobeltiose e heterose padrão foram expressos em porcentagem em relação à média dos genitores, ao genitor de maior valor e à cultivar Javaé, respectivamente. Estes valores são apresentados na Tabela 4 para as características produtividade de grãos, perfilhos por metro quadrado e

comprimento de panículas em dois anos de avaliação e, na Tabela 5, para as características floração média, altura de plantas, panículas por metro quadrado, massa de 100 grãos e porcentagem de grãos cheios em apenas um ano de avaliação.

Tabela 4. Híbridos, cruzamentos, heterose (Ht), heterobeltiose (Hb) e heterose padrão¹ (Hp) para produtividade de grãos, perfilhos por metro quadrado e comprimento de panículas de 19 híbridos de arroz irrigado avaliados nos anos agrícolas 1995-96 e 1997-98. Goianira - GO.

Híbrido	Cruzamento	Produtividade (kg/ha)			Perfilhos/m ²			Comprimento de panículas (cm)		
		Ht (%)	Hb (%)	Hp (%)	Ht (%)	Hb (%)	Hp (%)	Ht (%)	Hb (%)	Hp (%)
H16	046H/*0ZD	12	10	-5	4	-7	1	2	-8	10
H183	046H/*13F	19	8	14	5	5	13	9	4	24
H186	046H/*15R	10	-4	11	-6	-12	-5	2	2	22
H200	046I/*11P	41	28	-5	7	5	0	8	1	10
H29	046I/*0XM	21	-3	-3	-11	-12	-16	-7	-14	10
H326	046H/*16B	6	-5	3	-9	-12	2	4	0	20
H329	046H/*16V	24	17	14	-4	-5	3	1	-5	14
H333	046H/*17Q	22	14	14	-1	-5	12	4	-1	18
H34	046I/*0YA	8	-1	-27	1	1	-4	3	0	9
H347	046I/*160	39	19	2	5	0	6	1	-6	3
H348	046I/*16V	30	6	3	-3	-8	-3	6	4	14
H349	046I/*16Z	28	15	-10	-4	-18	12	6	-2	7
H35	046I/*0YY	25	4	-4	2	-6	-10	15	10	20
H37	046I/*0Z7	30	11	-3	16	8	4	10	4	14
H38	046I/*0ZD	34	16	-3	13	7	2	12	5	15
H39	046I/*0ZG	39	30	-8	0	-3	-2	2	-2	7
H40	046I/*10 ^A	21	-6	4	6	0	7	11	5	14
H512	046I/*24B	44	28	0	-9	-9	-12	11	10	22
H518	046I/*24K	34	10	4	-20	21	-22	-2	-4	10

1. Heterose padrão em relação à cultivar Javaé.

Tabela 5. Híbridos, Heterose (Ht), heterobeltiose (Hb) e heterose padrão¹ (Hp) para características agronômicas e componentes de produtividade de 19 híbridos de arroz irrigado avaliados no ano agrícola 1997-98. Goianira - GO.

Híbridos	Floração (dias)			Altura (cm)			Paniculas/m ²			Massa de 100 grãos			Grãos cheios (%)		
	Ht	Hb	Hp	Ht	Hb	Hp	Ht	Hb	Hp	Ht	Hb	Hp	Ht	Hb	Hp
H16	-1	-2	-7	2	-3	6	-3	-19	-3	5	-1	10	-9	-15	-20
H183	0	13	5	-1	-4	5	16	6	28	10	6	18	-10	-19	-23
H186	-3	-10	-3	7	3	13	-2	-15	2	11	9	20	-5	-10	-14
H200	3	1	-7	8	-1	6	4	1	-2	23	18	12	4	-7	-11
H29	-9	-17	-7	10	6	13	15	5	2	2	-6	5	7	6	-19
H326	2	-1	-3	2	-2	8	-25	-33	2	-2	-6	4	-7	-7	-12
H329	2	0	-4	5	-1	9	-7	-10	8	0	-3	7	1	-1	-7
H333	-6	-13	-6	10	4	14	9	0	20	7	0	11	-8	-8	-13
H34	-3	-3	-10	-9	-13	-8	-4	-9	-11	7	1	7	10	8	-15
H347	-6	-11	-7	-2	-5	2	21	19	20	3	0	-6	12	-1	-2
H348	-2	-4	-7	5	1	8	-4	-11	1	13	8	11	19	9	-1
H349	-5	-8	-8	1	-4	3	-12	-24	2	14	12	10	2	-13	-8
H35	-2	-7	-3	6	-6	29	1	-10	-12	8	1	9	-14	-22	-27
H37	-5	-9	-7	6	5	12	19	1	-2	10	8	5	-8	-17	-23
H38	0	0	-6	5	0	7	-2	-10	-13	9	7	5	-2	-6	-24
H39	-1	-2	-7	6	0	7	18	15	12	20	18	11	5	-2	-14
H40	-7	-13	-7	4	-1	6	-15	-24	-6	12	11	5	6	4	-21
H512	-9	-17	-7	4	0	7	-1	-4	-1	4	2	-4	-1	-11	-15
H518	-9	-16	-8	4	0	7	-13	-18	-9	22	20	17	12	4	-9

1. Heterose padrão em relação à cultivar Javaé.

Para a produtividade de grãos observa-se que todos os híbridos apresentaram heterose positiva, com valores variando de 6% (H326) a 44% (H512), sendo 11 significativas, das quais oito a 5% e três a 1% de probabilidade pelo teste t. Já a heterobeltiose e a heterose padrão apresentaram valores positivos e negativos, a primeira variando de 30% a 66% e a segunda de 14% a 27%, cada uma com apenas um valor significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. Os híbridos que apresentaram os maiores valores de heterose para produtividade, H512, H200, H347, H39, H518, H38, H37 e H348, de maneira geral, apresentaram também heteroses positivas para os diferentes componentes de produtividade analisados neste trabalho. Estes resultados confirmam que a heterose para essa característica é resultante da interação das heteroses dos diferentes componentes da mesma, fato já evidenciado por outros pesquisadores (Carnahan *et al.* 1972, Saini *et al.* 1974, Maurya & Singh 1978, Singh *et al.* 1980, Panwar *et al.* 1983, Devarathinam 1984, Subramanian & Rathinan 1984). Grafius (1959) sugeriu que não existe um sistema gênico específico para a produtividade de grãos, mas que ela é o resultado de uma interação múltipla de diferentes componentes de produtividade.

A heterose e a heterobeltiose são importantes para os programas de melhoramento genético, po-

rém, do ponto de vista comercial, a heterose padrão é a mais relevante, pois compara os híbridos com as cultivares recomendadas para o cultivo comercial. No presente trabalho, analisando-se os resultados obtidos para heterose padrão, observa-se que os três melhores híbridos (H183, H329 e H333) superaram a testemunha em 14%. Considerando que apenas duas linhagens A foram usadas, e que os restauradores utilizados na produção dos híbridos avaliados neste trabalho apresentaram diferenças altamente significativas para produtividade de grãos (Tabela 1), acredita-se que resultados ainda melhores possam ser obtidos com a diversificação genética das linhagens A utilizadas nos cruzamentos e com estudos mais detalhados de capacidade específica de combinação. Davis & Rutger (1976), Virmani & Edwards (1983) e Kim & Rutger (1988) efetuaram revisões de literatura sobre heterose para produtividade de grãos em arroz e os resultados apresentados indicaram a existência de níveis de heterose que justificam a exploração comercial de híbridos de arroz.

Para perfilhos por metro quadrado, os valores de heterose, heterobeltiose e heterose padrão variaram de -20% a 16%, de -18% a 21% e de -22% a 12%, respectivamente, sendo que os valores positivos e negativos ocorreram em número e magnitude semelhantes. No presente trabalho, a característica

perfilhos por metro quadrado parece ter tido pouca influência na heterose para produtividade de grãos.

Para comprimento de panículas, a heterose apresentou apenas dois valores negativos e variou de -7% a 15%, enquanto a heterobeltiose variou de -14% a 10%, sendo oito negativos e a maioria destes de baixa magnitude. Já para a heterose padrão todos os valores foram positivos, variando de 3% a 24% e indicando uma superioridade dos híbridos sobre a testemunha para esta característica, fato já relatado por Saini *et al.* (1974), Sardana & Borthakur (1985), utilizando outras fontes de germoplasma.

A maioria dos estudos cita que, de maneira geral, os híbridos são mais precoces que os genitores (Carbonera 1990, Young & Virmani 1990a e b). Nossos resultados estão de acordo com essas referências, pois os valores encontrados foram predominantemente negativos. Para heterose ocorreram três valores positivos de baixa magnitude com variação de -9% a 3%; para heterobeltiose ocorreram dois valores positivos com variação de -17% a 13%; para heterose padrão ocorreu apenas um valor positivo com variação de -10% a 5%.

A altura de plantas é uma característica determinante para a resistência ao acamamento, portanto a heterose negativa é desejável. Neste estudo, a heterose apresentou apenas três valores negativos, entretanto os positivos foram de baixa magnitude e a variação foi de -9% a 10%. Para heterobeltiose, muitos dos valores foram negativos, e o maior valor positivo foi apenas 6% superior ao genitor de maior altura. Para a heterose padrão, ocorreu somente um valor negativo e a variação apresentada foi de -8% a 29%. Young & Virmani (1990b) relataram que, apesar de terem encontrado heterose superior a 21,6%, os híbridos apresentaram alturas desejáveis porque os genitores eram todos de porte baixo. Como já comentado, as linhagens A e os restauradores utilizados são todos do tipo moderno e de porte baixo, o que pode explicar os baixos valores positivos obtidos para heterose e heterobeltiose.

A exemplo dos perfilhos, a característica panículas por metro quadrado também não apresentou uma tendência clara em seus valores, com resultados negativos e positivos, sendo semelhantes em número e magnitude. A heterose e a heterobeltiose apresentaram valores relativamente altos, tanto positivos como negativos: a primeira variou de -25% a 21% e a segunda de -33% a 19%. Para a heterose padrão, os valores positivos foram maiores, sendo a variação de -13% a 28%. Alguns autores citam que o número de panículas por metro quadrado é uma ca-

racterística que contribui para a heterose em produtividade de grãos (Palaniswamy & Palaniswamy 1973, Singh & Singh 1978 e 1979), entretanto, neste trabalho, esta contribuição não foi evidente, pois os híbridos com alta heterose para produtividade de grãos apresentaram tanto valores positivos como negativos para essa característica. Isso é reflexo da falta de diferenças significativas observadas para tratamentos na Tabela 2.

Para massa de 100 grãos, os valores encontrados foram predominantemente positivos, e os poucos valores negativos foram de baixa magnitude, sendo o menor de -6% para heterobeltiose e heterose padrão. As variações foram de -2% a 23% para heterose e de -6% a 20% para heterobeltiose e heterose padrão. Esta característica teve uma boa contribuição para heterose em produtividade de grãos, já que os híbridos com as maiores heteroses para produtividade de grãos foram os que tiveram as maiores heteroses para massa de 100 grãos, confirmando os resultados obtidos por Saini *et al.* (1974), Singh & Singh (1978), Carbonera (1990).

Para porcentagem de grãos cheios, os valores de heterose também não apresentaram uma tendência; os valores positivos e negativos foram semelhantes em número e magnitude, variando de -14% a 19%. Para heterobeltiose, os valores negativos ocorreram em maior número e com maior magnitude, variando de -22% a 9%. Já para heterose padrão, todos os valores foram positivos e alguns relativamente altos.

Como mencionado anteriormente, os resultados obtidos nestes experimentos são os primeiros relatos de valores de heterose em arroz irrigado para as condições brasileiras. Os resultados indicam que existe potencial para exploração comercial, entretanto, para que isso seja viável, o processo de produção de sementes recomendado por Virmani & Sharma (1993) deverá ser utilizado para testar um grande número de híbridos que a Embrapa Arroz e Feijão vem desenvolvendo. A identificação de híbridos com valores de heterose padrão altamente significativos e que justifiquem investir em um processo comercial de produção de sementes será possível na medida em que se conseguir aumentar o número de avaliações da capacidade específica de combinação dos restauradores com as linhagens A desenvolvidas no projeto.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que para todas as características avaliadas foi possível encontrar

pelo menos uma combinação com valores positivos para heterose, heterobeltiose e heterose padrão. As produtividades de grãos superiores às testemunhas indicam ser viável o desenvolvimento de um projeto de produção de híbridos de arroz irrigado para as condições do Brasil, desde que seja estabelecida uma técnica para produção comercial de sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bollich, C. N., D. B. Webb, M. A. Marchetti, J. E. Scott & H. Del var Petersen. 1988. Performance of hybrid rices in Texas, USA, p. 289-90. In International Rice Research Institute (Manila, Filipinas). Hybrid rice. Manila. 305 p.
- Breseghele, F. & P. C. F. Neves. 1995. Influência do comprimento do estigma na taxa de formação de grãos em plantas macho-estéreis. p. 77-9. In Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 21, Porto Alegre, RS. Anais
- Carbonera, R. 1990. Heterose e divergência genética em genótipos de arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.). Dissertação de Mestrado. Esalq/USP, Piracicaba, SP. 104 p.
- Carnahan, H. L., J. R. Eerickson, S. T. Tseng & J. N. Rutger. 1972. Outlook for hybrid rice in the USA, p. 603-7. In International Rice Research Institute (Manila, Filipinas). Rice breeding. Manila. 738 p.
- Castellanos, C. H. & D. B. Muñoz. 1986. Vigor híbrido y habilidad combinatoria en variedades comerciales y líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) de Colombia. Acta Agron., 36 (3):7-22.
- Davis, M. D. & J. N. Rutger. 1976. Yield of F₁, F₂ and F₃ hybrids of rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica, 25 (9):587-95.
- Devarathinam, A. A. 1984. Studies of heterosis in relation to *per se* performance in rainfed rice. Madras Agric. J., 71(9):568-72.
- Graius, J. E. 1959. Heterosis in barley. Agron. J. 51(9):551-4.
- Jones, J. W. 1926. Hybrid vigor in rice. J. Am. Soc. Agron., 18(5):424-28.
- Kim, C. H. & J. N. Rutger. 1988. Heterosis in rice, p.39-54. In International Rice Research Institute (Manila, Filipinas). Hybrid rice. Manila. 305 p.
- Lin, S. C. & P. P. Yuan. 1980. Hybrid rice breeding in China. p.35-51 In International Rice Research Institute, Manila, Filipinas. Innovative approaches to rice breeding. 182p.
- Maurya, D. M. & D. P. Singh. 1978. Heterosis in rice. Indian J. Genet. Plant Breed., 38 (1):71-6.
- Meirelles, W. F. 1989. Heterose e capacidade de combinação em arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro. Dissertação de Mestrado. Esalq/USP, Piracicaba, SP. 78p.
- Palaniswamy, K. M. & S. Palaniswamy. 1973. Heterosis, growth and variability in rice. Madras Agric. J., 60 (9-12):1145-58.
- Panwar, D. V. S., R. S. Paroda & A. Singh, 1983. Heterosis in rice. Indian J. Genet. Plant Breed., 43(3):363-69.
- Saini, S. S., I. Kumar & M. R. Gagneja. 1974. A study on heterosis in rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica, 23(2):219-24.
- Sardana, S. & N. Borthakur. 1985. Heterosis in rice. Indian J. Agric. Sci., 55(12):765-66.
- Singh, S. P. & H. G. Singh. 1978. Heterosis in rice. Oryza, 15(2):173-5.
- Singh, R. P. & R. R. Singh. 1979. Heterosis in rice. Oryza, 16(2):118-22.
- Singh, S. P., R. P. Singh & R. V. Singh. 1980. Heterosis in rice. Oryza, 17(2):109-13.
- Subramaian, S. & M. Rathinam. 1984. Heterosis in rice. Madras Agric. J., 71(7):402-5.
- Taillebois, J. E. & E. P. Guimarães. 1988. Improving outcrossing rate in rice (*Oryza sativa* L.), p.175-180. In International Rice Research Institute, Manila, Filipinas. Hybrid rice. 305p.
- Vello, N. A. & R. Vencovsky, 1974. Variâncias associadas às estimativas da variância genética e coeficiente de herdabilidade. Esalq/USP, Piracicaba, SP. p. 238-48. (Relatório Científico do Instituto de Genética).
- Virmani, S. S., R. C. Aquino & G. S. Khush. 1982. Heterosis breeding in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet., 63:373-80.
- Virmani, S. S. & I. B. Edwards. 1983. Current status and future prospects for breeding hybrid rice and wheat. Adv. Agron., 36:145-214.
- Virmani, S. S. & H. L. Sharma. 1973. H. L. Manual for hybrid rice seed production. IRRI, Manila. 57p.
- Young, J. B. & S. S. Virmani. 1990a. Effect of cytoplasm on heterosis and combining ability for agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica, 48(2):177-88.
- Young, J. B. & S. S. Virmani 1990b. Heterosis in rice over environments. Euphytica, 51(1):87-93.
- Yuan, L. P. & S. S. Virmani. 1988. Status of hybrid rice research and development, p.7-24 In International Rice Research Institute Manila, Fili-

pinas. Hybrid rice. 305p.
Zimmermann, F. J. P. 1980. Efeito de bordadura em

parcelas experimentais de arroz de sequeiro. Pesq.
Agropecu. Bras., 15(3):297-300.