

GANHO DE PRODUTIVIDADE PELO MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ IRRIGADO NO NORDESTE DO BRASIL¹

FLÁVIO BRESEGHELLO², PAULO HIDEO NAKANO RANGEL e ORLANDO PEIXOTO DE MORAIS³

RESUMO - Os ganhos genéticos para produtividade obtidos pelo programa de melhoramento do arroz irrigado por inundação na Região Nordeste do Brasil no período de 1984 a 1993 foram estimados visando avaliar a eficiência do programa e traçar novas estratégias. Esta estimativa foi feita a partir dos dados de 59 ensaios regionais de rendimento conduzidos pelas empresas de pesquisa agropecuária do Nordeste, em cooperação com a Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Goiânia, GO. O método estatístico utilizado baseia-se em médias ajustadas por modelo linear generalizado. O ganho genético médio estimado foi de $54,9 \pm 14,4$ kg/ha/ano (0,8%). Nos últimos três anos houve uma tendência de interrupção dos ganhos. A pequena magnitude dos ganhos para produção nesta região podem ser atribuídos ao direcionamento do programa de geração de linhagens da Embrapa para qualidade de grãos e resistência a doenças, às diferenças ambientais existentes entre Goiânia e a Região Nordeste e ao pequeno número de ensaios conduzidos. A genealogia das linhagens foi traçada e verificou-se que os principais ancestrais são os mesmos das cultivares recomendadas. A base genética das linhagens é estreita, o que também pode estar contribuindo para a obtenção de pequenos ganhos genéticos para produtividade.

Termos para indexação: ganho genético, base genética, programa de melhoramento.

YIELD GAIN THROUGH IRRIGATED RICE BREEDING IN THE NORTHEAST BRAZIL

ABSTRACT - The genetic gains for yield obtained by the breeding program of irrigated rice in the Northeast Region of Brazil from 1984 to 1993 were estimated to evaluate the program efficiency. This estimation was done based on data from 59 regional field trials conducted by the Northeastern farm research institutions in cooperation with Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Goiânia, GO, Brazil. The statistical method used was based on adjusted means by generalized linear model. The estimated mean genetic gain was 54.9 ± 14.4 kg/ha⁻¹/yr⁻¹ (0,8%). However, in the last three years, there was a tendency of interrupting the gains. The small gain obtained for yield in the referred region may be attributed to the strategy adopted by the line breeding program of Embrapa, which has priority for grain quality and disease resistance, the environmental differences between Goiânia and the Northeast Region and the small number of trials conducted. The genealogy of the lines was traced back and it was identified that the main ancestors are mostly the same as the released varieties. The genetic base of the lines is narrow, which may be contributing to the small genetic gains obtained for yield.

Index terms: genetic gain, genetic base, breeding program.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado na Região Nordeste do Brasil é promissora, devido ao grande mercado consumidor e às condições climáticas favoráveis. O clima quente durante o ano todo possibilita a obtenção de duas safras por ano. Na zona de clima

¹ Aceito para publicação em 23 de julho de 1998.

Extraído da Tese de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

² Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: cnpaf@networld.com.br

³ Eng. Agr., Dr., Embrapa-CNPAP.

semi-árido as doenças fúngicas, inclusive a brusone, não encontram condições favoráveis para se desenvolverem. Nestas mesmas regiões a agricultura irrigada atua como um elemento fixador do homem à terra, contribuindo assim para reduzir o êxodo rural.

O melhoramento genético tem um papel essencial na viabilização dessa cultura, mediante o desenvolvimento de cultivares adaptadas para a região. Este trabalho, como qualquer outra atividade econômica, deve ser bem administrado, para que cada unidade de recurso investido resulte no máximo ganho possível. A administração de um programa de melhoramento de plantas anuais exige que se conheçam os resultados obtidos a cada ano em consequência dos métodos empregados. Esta informação é de suma importância para a avaliação da sua eficiência e assim definir quais estratégias serão adotadas para maximizar as chances de sucesso.

As instituições de pesquisa agropecuária da Região Nordeste, em cooperação com a Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) conduzem ensaios em rede, nos quais são avaliadas as melhores linhagens disponíveis em cada ano, com o fim de recomendar novas cultivares. Vencovsky et al. (1988) demonstraram que é possível que os dados destes ensaios sejam utilizados para a estimação dos ganhos genéticos para produtividade. Quando estes dados forem desbalanceados, no entanto, a análise de variância deve ser feita usando modelos lineares generalizados, como em Breseghello (1995).

Alguns trabalhos foram realizados anteriormente, visando estimar o ganho genético proporcionado pelo melhoramento. Abbud (1991) estimou um ganho de produtividade do arroz de sequeiro no Paraná em 1,3% ao ano, no período de 1975/76 a 1988/89. Em Minas Gerais, no período de 1979 a 1988, Soares (1992) estimou o progresso genético do arroz irrigado em 1,6% ao ano, enquanto que o arroz de sequeiro ganhou em média 3,0% ao ano. Para efeito de comparação, o melhoramento de soja resultou em ganhos anuais de 1,3% a 1,8%, no Paraná, no período de 1981 a 1986 (Toledo et al., 1990). O sorgo aumentou a produtividade, em média, 1,5% ao ano, no período de 1974 a 1988 (Rodrigues, 1990). Em Minas Gerais, segundo estudo de Abreu et al. (1992), os novos genótipos de feijão representaram um avanço de 1,9% ao ano em relação à Carioca, que é a cultivar mais plantada naquele Estado.

Outro componente do melhoramento de que o pesquisador não deve descuidar-se é a base genética das linhagens que estão sendo produzidas pelo seu programa. Um número aparentemente grande de linhagens pode representar um tamanho efetivo populacional restrito, quando estas linhagens são muito aparentadas (Morais, 1997). Além disso, a semelhança genética entre cultivares de qualquer cultura é um fator de risco em relação aos estresses bióticos, principalmente doenças.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do melhoramento genético do arroz irrigado por inundação na Região Nordeste do Brasil, quanto à produtividade (no período de 1984 a 1993), e determinar a base genética das linhagens avaliadas, visando identificar os fatores limitantes do ganho e delinear estratégias para os trabalhos futuros nesta área.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos de 59 ensaios finais de rendimento, designados, no projeto de pesquisa em execução, de Ensaios Comparativos Avançados de linhagens de arroz irrigado por inundação, conduzidos pelas instituições de pesquisa agropecuária da Região Nordeste do Brasil, no período de 1984 a 1993 (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, tendo sido 49 ensaios com quatro repetições e dez com três repetições. Utilizaram-se apenas ensaios com coeficiente de variação para produção menor que 20%. As linhagens avaliadas são procedentes do projeto de melhoramento de arroz irrigado coordenado pela Embrapa-CNPAP. As testemunhas-padrão utilizadas foram Metica 1 e Cica 8.

Os genótipos avaliados em 1985 e 1986 foram os mesmos. Para evitar colinearidade nas matrizes utilizadas para o cálculo do ganho genético, os dois anos foram considerados como sendo apenas um, e os resultados finais foram corrigidos considerando-se a duração real do período.

Os dados disponíveis para a Região Nordeste são desbalanceados, pois por englobar vários Estados, alguns genótipos não foram avaliados em todos os locais dentro de ano. A análise de variância foi feita, portanto, segundo modelo linear generalizado, utilizando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (SAS Institute, 1985) e foram estimadas as médias ajustadas, para efeito de anos e de ensaios dentro de anos.

TABELA 1. Locais onde foram conduzidos os Ensaios Comparativos Avançados de arroz irrigado, cujos dados foram utilizados para o cálculo do ganho genético para a Região Nordeste, empresa de pesquisa responsável pelo ensaio e número de ensaios por local e por ano.

Município	Estado	Empresa de pesquisa	Ano											Ensaios por local
			84	85	86	87	88	89	90	91	92	93		
Arari	MA	EMAPA	1	1	1	1	1		1					6
Teresina	PI	UEPAE	1	1	1	1	1		1	1	1	1		9
Eliseu Martins	PI	UEPAE		1										1
Miguel Alves	PI	UEPAE								1	1			2
Buriti dos Lopes	PI	UEPAE			1									1
Parnaíba	PI	CPAMN				1		1	2	2		1		7
Barbalha	CE	EPACE				2	1			1				4
Iguatu	CE	EPACE								1				1
Icó	CE	EPACE										1		1
Morada Nova	CE	EPACE										1		1
Ipanguaçu	RN	EMPARN		1		1	1	1	2					6
Caicó	RN	EMPARN						1	1					2
São Gonçalo	PB	EMEPA					1							1
Cabrobó	PE	IPA				1	1		1		1			4
Belém S. Francisco	PE	IPA					1	2			2	1		6
Penedo	AL	EPEAL	1	1		1	1				1	2		7
Ensaios por ano			3	5	3	8	8	5	8	6	6	7		59

A matriz de covariância do vetor de médias dos genótipos, ajustadas para efeito de ano e de ensaio/ano, foi estimada por:

$$\hat{V}(\hat{Y}) = C(X'X)^{-1}C'QMR_{\text{resíduo}}$$

sendo:

C: matriz de coeficientes das soluções do modelo, tal que $\hat{Y} = C\theta^{\circ}$ (conjunto de funções estimáveis), sendo θ° o vetor de soluções de quadrados mínimos do modelo utilizado;

$(X'X)^{-1}$: inversa generalizada da matriz $X'X$, fornecida pelo procedimento GLM do SAS. X é a matriz de coeficientes dos parâmetros do modelo;

$QMR_{\text{resíduo}}$: é o estimador do quadrado médio residual da análise de variância.

No cálculo do ganho genético foi utilizado o método proposto por Bresaghella (1995), que leva em consideração a produtividade média das linhagens avaliadas em um determinado ano, estimada com base em todas as observações disponíveis, não apenas naquelas realizadas no ano específico. O ganho genético médio obtido por este método

é ponderado, o que conferiu maior consistência à estimativa.

Se Y_i a média do genótipo i ajustada para anos e ensaios dentro de anos, e sendo Y_k^* a média aritmética das médias Y_i dos genótipos avaliados no ano k, as médias Y_k^* representam a produtividade média do grupo dos genótipos avaliados no ano k, mas recuperando informações corrigidas disponíveis em outros anos para alguns genótipos do grupo.

Foi feita a regressão linear das médias Y_k^* para os anos k, ponderada pela matriz de covariâncias das médias Y_k^* , pelo método de quadrados mínimos generalizado, obtendo-se a estimativa ponderada de ganho genético médio, representada pelo coeficiente angular da reta.

A partir dos registros de cruzamentos do Centro Internacional de Agricultura Tropical (Martínez & Cuevas-Pérez, 1995), da Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz (1991) e do International Rice Research Institute (1985), foram traçadas as genealogias das linhagens avaliadas, identificando os principais ancestrais e calculando as respectivas contribuições genéticas relativas para a formação da base genética do conjunto de linhagens, conforme Rangel et al. (1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ganhos genéticos

Nos anos de 1985 e 1989 ocorreram os maiores ganhos genéticos, de 2,5% e 2,1% respectivamente (Tabela 2). A regressão ponderada da produtividade em relação aos anos resultou em um ganho genético médio de $54,9 \pm 14,4$ kg/ha/ano, que corresponde a 0,8% da média ajustada do primeiro ano do período, que foi de 6.868 kg/ha. O coeficiente de determinação da regressão linear, significativo ($r^2 = 0,66$; $P < 1\%$) indica que os ganhos de produtividade, em consequência do melhoramento, ajustam-se aproximadamente a uma reta. Analisando-se a variação anual da produtividade média, no entanto, percebe-se que nos três últimos anos do período estudado ocorreu certa estagnação, com ganhos negativos, não significativos. Como pode ser visto na Tabela 3, de 1990 a 1992, esta estagnação é explicada pela não introdução de novas linhagens. Em 1993, o conjunto de linhagens avaliadas foi drasticamente renovado; contudo, isso não se traduziu em aumento da produtividade, pois as linhagens introduzidas tinham como vantagem principal a qualidade de grãos.

O ganho genético médio de produtividade obtido neste trabalho foi inferior aos estimados para outras

regiões, por outros autores. Em relação a tal fato, algumas justificativas podem ser apresentadas:

1) A estimativa do presente trabalho foi obtida por meio de uma nova metodologia, diferente daquelas empregadas nos trabalhos anteriores; portanto, a comparação direta dos resultados deve ser analisada com reservas. Seria necessário um estudo da coerência entre os métodos, para que a comparação fosse mais exata.

2) O período estudado é posterior à fase de substituição das cultivares tradicionais pelas modernas linhagens semi-anãs. Quando ocorreu a substituição, houve um grande salto de produtividade. Depois disso, os ganhos relativos a este caráter têm sido modestos no Brasil (Rangel et al., 1992), assim como em todo o mundo (International Rice Research Institute, 1989).

3) O mercado de arroz no Brasil está se tornando mais exigente, o que faz com que os produtores obtenham maior rentabilidade com cultivares de alta qualidade de grãos, ainda que não sejam as mais produtivas entre as disponíveis. Em resposta a esta exigência, o melhoramento genético foi direcionado para a obtenção de cultivares com uma melhor qualidade de grãos. Grandes ganhos têm sido obtidos neste aspecto, mas isto representa também um estreitamento acentuado das possibilidades de obtenção de maiores produtividades, uma vez que

TABELA 2. Número de ensaios avançados utilizados, número de genótipos avaliados (linhagens e testemunhas), média aritmética das médias ajustadas dos genótipos, e ganho genético pelo melhoramento de arroz irrigado na Região Nordeste do Brasil.

Ano	Nº ensaios utilizados	Nº genótipos avaliados	Média ajustada Y_k^*	Ganho genético	
				kg/ha	%
84	3	14	6868	-	-
85	5	13	7049	181 ± 75	2,6
86	3	13	7049	0	0
87	8	13	7005	-44 ± 57	n.s. ¹
88	8	21	7065	60 ± 35	n.s.
89	5	23	7211	146 ± 55	2,1
90	8	32	7244	33 ± 38	n.s.
91	6	22	7236	-8 ± 40	n.s.
92	6	21	7201	-35 ± 19	n.s.
93	7	25	7161	-40 ± 116	n.s.
Período	59	62	7123	$54,9 \pm 14,4$	0,8

¹ Estimativa de ganho genético não significativa.

TABELA 3. Linhagens avaliadas na Região Nordeste no período de 1984 a 1993, produtividades médias ajustadas por ano (Y_{ik}) e ajustadas para todo o período (Y_i) com os respectivos desvios padrões.

Genótipo	Y_{ik}									Y_i
	84	85/86 ¹	87	88	89	90	91	92	93	
Metica 1	7169	7156	8105	7778	7981	7891	7177	8273	7554	7670 ± 96
Cica 8	7483	6307	7154	7531	7351	7914	7172	8112	7224	7300 ± 97
CNA 3459				8066		7465	6979	7770		7353 ± 163
CNA 3739	6255	6205	6549	7636		7535	6461	8618		7050 ± 118
CNA 3743					8465	8701				8207 ± 264
CNA 3760	6750	6417								7262 ± 232
CNA 3762			7791	8206	7955	7322	6255	8153	7923	7638 ± 168
CNA 3771	6671	6368	7255	7873	7752	8253	6988	8212		7406 ± 116
CNA 3815		5424	7028	7845	7939	7706	6295	6742		7052 ± 133
CNA 3852	5738	6023	6501	7319		6838				6647 ± 141
CNA 3879	6448	6064	6974	7188		7057	6501	6659	6849	6734 ± 115
CNA 3887		5257	7300	7887	7857	7539	7188	8101		7337 ± 122
CNA 3888						7869	6721	8883		7676 ± 191
CNA 3889				7914						7389 ± 425
CNA 3891			7288	7551	7685	7859	6868			7297 ± 136
CNA 3922	6014									6507 ± 436
CNA 3924	6868	5952								6956 ± 257
CNA 3947	5540									6033 ± 436
CNA 3949	6514	6724	7146	7904	6747					7284 ± 144
CNA 3950	5981	6153								6780 ± 315
CNA 3952	6403	6251								7031 ± 291
CNA 3955	6209									6734 ± 745
CNA 4081			5295	6903						5818 ± 207
CNA 4212					6579					6380 ± 525
CNA 4223			6653	7377	7119	7110				6795 ± 172
CNA 4892					8244	7568				7560 ± 334
CNA 4893				7529	7223	6861	6063	7458		6748 ± 151
CNA 4897				8406	7052	7858		6967		7163 ± 194
CNA 4898					7080	8262				7065 ± 282
CNA 4899				7772	7636	7413	6506	8589	7187	7272 ± 123
CNA 4954					7040	7695				6874 ± 282
CNA 4968					7865	6587				6808 ± 373
CNA 5058				6864	7661	7703				6868 ± 281
CNA 5191				7773	8062	7620	6300	7408		7100 ± 142
CNA 5247						7316	5821	6968		6507 ± 205
CNA 5259									7142	7156 ± 380
CNA 5383					7407	7163	6547	8824		7262 ± 170
CNA 5387						7448	6509	7911		7114 ± 198
CNA 5394				7667	7650	7565	6575	8465		7284 ± 137
CNA 5544						7396	6845	9058	7499	7641 ± 167
CNA 5683					8288	8711				8043 ± 334
CNA 5719						7425	7100	7928	7573	7365 ± 156
CNA 5743						8129	7115			7754 ± 348
CNA 6082									7312	7331 ± 294
CNA 6083						8040				7712 ± 426
CNA 6309								6710	7705	7122 ± 329
CNA 6363									7977	8002 ± 530
CNA 7183									5998	6024 ± 530
CNA 7216									7043	7062 ± 294
CNA 7218									6505	6521 ± 342
CNA 7222									7539	7558 ± 294
CNA 7232									7119	7138 ± 294
CNA 7241									6304	6329 ± 530
CNA 7251									7127	7152 ± 530
CNA 7257									6576	6595 ± 294
CNA 7259									6325	6344 ± 294
CNA 7262									7860	7886 ± 530
CNA 7263									7500	7519 ± 294
CNA 7264									7266	7285 ± 294
CNA 7266									7469	7488 ± 294
CNA 7268									7553	7572 ± 294
CNA 7269									7071	7090 ± 294

¹ As linhagens avaliadas nos dois anos foram as mesmas.

tais características são inversamente correlacionadas (Akita, 1995).

4) Deve ser considerado também que a seleção durante as gerações segregantes na Embrapa-CNPAF não priorizou o desenvolvimento de linhagens para as condições ambientais específicas do Nordeste, mas as das Regiões Central e Sul do País. Por este motivo, a probabilidade de obtenção de linhagens adaptadas à Região Nordeste foi reduzida. Isto fez com que a oferta de linhagens promissoras para a região do semi-árido não fosse muito grande. Por exemplo, linhagens de ciclo curto, que se adaptam bem no Sul, tornam-se superprecoces e pouco produtivas em baixas latitudes.

Lopes (1994) preconiza que, para aumentar a eficiência na obtenção de cultivares de arroz para a Região Nordeste, seria importante selecionar as populações segregantes na própria região. Esta estratégia poderia resultar em cultivares adaptadas às condições ambientais específicas. A brusone, por exemplo, não apresenta importância econômica no semi-árido nordestino, mas muitas populações promissoras são descartadas por suscetibilidade à doença em Goiânia, antes mesmo de serem avaliadas naquela região.

O método de melhoramento utilizado também pode ter contribuído para o baixo ganho genético obtido. As linhagens avaliadas no período foram obtidas pelo método genealógico, o qual tem-se mostrado pouco eficiente para a obtenção de cultivares mais produtivas. Este método leva à utilização de reduzidos tamanhos efetivos populacionais, o que causa o aumento da endogamia e a redução da variabilidade genética, principalmente dos caracteres quantitativos.

A utilização de métodos que aumentam a probabilidade de surgimento de recombinantes em locos ligados, como a seleção recorrente (Rangel & Neves, 1997), deve proporcionar novos horizontes para o melhoramento de arroz, principalmente quanto à produtividade. Recombinando-se gerações iniciais, reduz-se a duração dos ciclos de melhoramento, permitindo que sejam usadas pressões de seleção mais moderadas e que se mantenha um alto nível de heterozigose na população. Desta forma, o afinamento genético das populações manipuladas no melhoramento é bem mais suave e pode ser evita-

do com eventuais introgressões de parentais divergentes. A presente intensificação dos trabalhos em seleção recorrente na Embrapa-CNPAF, com a fase de avaliação de progênies realizada também no Nordeste, deve resultar no aumento da oferta de linhagens promissoras para condições locais, pois surgem oportunidades para a extração de novas linhagens adequadas aos mais variados ambientes.

Taxa de substituição dos genótipos nos ensaios

As substituições dos genótipos avaliados nos ensaios deram-se de forma muito irregular (Tabela 3). Em média foram testados 5,3 genótipos novos por ano, sobre um número médio de 19,7 tratamentos, o que dá uma taxa média de substituição de 27,0% ao ano. Esta taxa é bem menor que as verificadas em Minas Gerais (Soares, 1992), de 46% para arroz irrigado e de 44% para arroz de sequeiro. No melhoramento de milho no Brasil, foi relatada uma média de 61% de substituição anual (Vencovsky et al., 1988), e no melhoramento de sorgo, a média foi de 43% (Rodrigues, 1990).

Entre as linhagens modernas, as diferenças de produtividade a serem detectadas são cada vez mais estreitas. A identificação de linhagens mais produtivas exige a aplicação rigorosa das técnicas experimentais e estatísticas. A rede de avaliação do Nordeste conduziu um número relativamente pequeno de ensaios, e alguns não alcançaram bom nível de precisão. Em consequência, os genótipos permaneceram por mais tempo nos ensaios, até que houvesse informações suficientes para sua eliminação ou recomendação como cultivar, resultando, por fim, na avaliação de um número pequeno de genótipos no período.

A intensificação dos ganhos para produtividade de arroz irrigado no Nordeste, sem prejuízo das outras características de importância econômica, dependerá da manutenção de uma rede de ensaios sistemática e com bom nível de precisão experimental. Será necessária a avaliação de um número maior de materiais, em ensaios de observação e preliminares (que antecedem os ensaios comparativos avançados), aumentando, assim, a chance de identificação de boas linhagens. A aceleração do ritmo das pesquisas dependerá de intensa colaboração entre as instituições engajadas no melhoramento de arroz irrigado.

Base genética das linhagens

Três variedades ancestrais tiveram pesos superiores a 10% do conjunto gênico avaliado. São elas Dee Geo Woo Gen (DGWG), Cina, e Lati Sail (Tabela 4). Apenas os três ancestrais somados respondem por 35,0% do conjunto gênico das linhagens avaliadas. A IR8 foi a primeira cultivar melhorada com tipo de planta moderno, criada pelo IRRI (International Rice Research Institute, situado nas Filipinas), tendo sido obtida do cruzamento entre Peta (Cina/Lati Sail), e DGWG, que é o mutante natural no qual se originou a característica de planta semi-anã. A importância de DGWG, Cina e Lati Sail na composição das linhagens atuais se deve ao uso intenso da cultivar IR8 nos cruzamentos visando à obtenção de cultivares semi-anãs altamente produtivas.

A cultivar Tetep é uma importante fonte de resistência à brusone, tendo por isso um peso de 8,3% na composição das linhagens. A cultivar Tadukan foi utilizada com o mesmo objetivo, mas com menor frequência, e por isso seu peso é de 4,7% dos genes. Os ancestrais I Geo Tze, Mong Chin Vang A e Remadja participam com peso superior a 5%. Tais materiais foram utilizados nos cruzamentos por se-

rem cultivares tradicionais, bem adaptadas e produtivas. Remadja é uma introdução mais recente, portanto representa uma introdução de genes “novos” no conjunto gênico trabalhado.

Quanto à origem geográfica, verifica-se a predominância absoluta das variedades asiáticas. Entre os vinte ancestrais identificados, apenas cinco não são provenientes da Ásia, totalizando 6,1% do conjunto gênico das linhagens.

Cuevas-Pérez et al. (1992) construíram as árvores genealógicas das cultivares de arroz lançadas na América Latina e Caribe no período de 1971 a 1989, chegando a 101 ancestrais que formam a base genética de todas as cultivares melhoradas. O número pode ser considerado satisfatório, mas a importância relativa de cada um é muito desigual. DGWG, Cina e Lati Sail respondem por 39% dos alelos, pouco mais do que foi encontrado no presente trabalho. Quando se considera a área plantada com cada cultivar, a importância dos ancestrais de IR8 sobe para 56%, mostrando a grande adaptabilidade destes genes.

Comparando-se os resultados deste trabalho com estudos de Rangel et al. (1996), referentes à base genética das principais cultivares de arroz irrigado

TABELA 4. Principais ancestrais das linhagens avaliadas e sua contribuição genética relativa (CGR), contribuição genética relativa acumulada (CGRA) e origem geográfica.

Ancestrais	CGR (%)	CGRA (%)	Origem
Dee Geo Woo Gen	12,9	12,9	Taiwan
Cina	11,0	23,9	China
Lati Sail	11,0	35,0	Índia
Tetep	8,3	43,3	Vietnã
I Geo Tze	5,6	48,8	China
Mong Chin Vang A	5,6	54,4	Vietnã
Remadja	5,3	59,6	Sri Lanka
Tadukan	4,7	64,4	Filipinas
Taichung Native 1	1,8	66,2	Taiwan
SML 56 7	1,8	68,0	Suriname
Sigadis	1,8	69,7	Indonésia
Takao Iku 18	1,4	71,2	China
Belle Patna	1,3	72,4	Eua
Costa Rica	1,2	73,6	Costa Rica
NMS 4	1,2	74,8	Tailândia
Khao Dawk Mali 105	1,2	76,0	Tailândia
CR 94-13	1,1	77,1	Índia
CP-SLO	1,1	78,2	Eua
C 46-15	1,0	79,2	Mianmar
63-83	0,8	80,0	Senegal
Não identificado	20,0	100,0	-

do Brasil, verifica-se haver grande coincidência de ancestrais. Os seis ancestrais mais importantes aqui identificados são responsáveis pelo fornecimento de 71% dos alelos das lavouras de arroz irrigado do Brasil, considerando-se a área plantada com cada cultivar.

Os resultados indicam que as linhagens que estão sendo avaliadas nos ensaios finais têm a base genética muito semelhante à das cultivares atualmente recomendadas. Portanto, o lançamento de novas cultivares extraídas deste conjunto provavelmente acrescentaria pouco em diversidade genética no campo. Para obter maior diversidade, e, assim, maior segurança contra estresses bióticos, será necessário ampliar a base genética sobre a qual o melhoramento tem trabalhado, sem perder a adaptabilidade necessária para que as novas cultivares sejam adotadas pelos rizicultores.

CONCLUSÕES

1. O ganho genético, em produtividade, do arroz irrigado no Nordeste do Brasil, no período de 1984 a 1993, é considerado baixo.
2. O número de ensaios realizados no período é pequeno em relação à amplitude geográfica da região.
3. O baixo ganho genético obtido pode ser atribuído ao pequeno número de genótipos avaliados.
4. A base genética das linhagens avaliadas é semelhante à das cultivares em uso no mesmo período.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), através do Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio Norte (CPAMN), à Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária (EMAPA), à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE), à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), à Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), à Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Alagoas (EPEAL), por terem cedido os dados utilizados neste trabalho; ao Conselho Nacional de De-

envolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ABBUD, N.S. **Melhoramento genético do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) no Estado do Paraná de 1975 a 1989**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 141p. Tese de Doutorado.
- ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de 70 e 80 nas regiões Sul e Alto Paranaíba, em Minas Gerais. **Projeto Feijão: Relatório 88/92**, Viçosa, 1992. p.118-122.
- AKITA, S. Aspectos ecofisiológicos relacionados ao aumento do potencial de rendimento biológico e comercial da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). In: PINHEIRO, B.S.; GUIMARÃES, E.P. (Eds.). **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: Embrapa-CNPAF/APA, 1995. v.1, p.57-76. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 60).
- BRESEGHELLO, F. **Ganhos para produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil**. Goiânia: UFG, 1995. 93p. Tese de Mestrado.
- CUEVAS-PÉREZ, F.E.; GUIMARÃES, E.P.; BERRÍO, L.E.; GONZÁLEZ, D.I. Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean, 1971 to 1989. **Crop Science**, Madison, v.32, p.1054-1059, 1992.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Parentage of IRRI crosses IR1-IR50000**. Manila, 1985. 1v.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **IRRI 1989: planning for the 1990's**. Manila, 1989. 72p.
- LOPES, A.M. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 a 1990: Regiões Norte e Nordeste. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). **A pesquisa de arroz no**

- Brasil nos anos 80:** avaliação crítica dos principais resultados. Goiânia, 1994. p.287-307. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 40).
- MARTÍNEZ, C.P.; CUEVAS-PÉREZ, F.E. **Registro de cruzamientos de arroz:** P1-P5617 y CT5618-CT13800. Cali: CIAT, 1995. 313p.
- MORAIS, O.P. Tamanho efectivo de la población. In: GUIMARÃES, E.P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz.** Cali: CIAT, 1997. p.25-44. (Publicación CIAT, n.267).
- RANGEL, P.H.N.; GUIMARÃES, E.P.; NEVES, P.C.F. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.349-357, maio 1996.
- RANGEL, P.H.N.; NEVES, P.C.F. Selección recurrente aplicada al arroz de riego en Brasil. In: GUIMARÃES, E.P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz.** Cali: 1997. p.79-97. (Publicación CIAT, n.267).
- RANGEL, P.H.N.; ZIMMERMANN, F.J.P.; NEVES, P.C.F. El CNPAF investiga: decresce en Brasil el rendimiento del arroz de riego? **Arroz en las Américas**, Cali, v.13, n.1, p.2-4, 1992.
- RED INTERNACIONAL PARA LA EVALUACIÓN GENÉTICA DEL ARROZ. **Cruzamientos de arroz:** América Latina. Cali, 1991. v.1.
- RODRIGUES, J.A.S. **Progreso genético e potencial de risco da cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no Brasil.** Piracicaba: ESALQ, 1990. 171p. Tese de Doutorado.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS user's guide:** statistics. 5.ed. Cary, NC, 1985. 956p.
- SOARES, A.A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado da década de oitenta em Minas Gerais.** Lavras: ESAL, 1992. 188p. Tese de Doutorado.
- TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; MENOSSO, O.G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.89-94, jan. 1990.
- VENCOVSKY, R.; MORAIS, A.R.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M. Progreso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1988. p.300-306.