

CONTRIBUIÇÃO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO PARA RENDIMENTO DE GRÃOS, NO PERÍODO DE 1983/84 A 1994/95, NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO¹

AFRÂNIO FERREIRA DA SILVA²
ANTÔNIO ALVES SOARES³
AUGUSTO FERREIRA DE SOUZA³
SAMMY FERNANDES SOARES⁴

RESUMO - O presente trabalho objetivou estimar o ganho genético visando conhecer a eficiência do programa de melhoramento de arroz irrigado por inundação do Estado do Espírito Santo, conduzido pela EMCAPA. Os dados do caráter produtividade de grãos, obtidos em 38 Ensaios Comparativos Avançados, conduzidos em vários locais do Estado, no período de 1983/84 a 1994/95, foram usados para o cálculo das estimativas do ganho genético. Três procedimentos estatísticos foram utilizados: o Método de Vencovsky et al. (1988), o Método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP) e o Método da Regressão das Médias Ajustadas dos materiais elite, utilizando, neste último, a produtividade de grãos de cultivares comuns durante todo o período como covariável. Em média, os materiais elite não superaram estatisticamente as cultivares padrão durante todo o período de avaliação, sugerindo a necessidade de introdução de maior variabilidade genética no programa e melhoria da eficiência no processo seletivo. O ganho genético médio anual do arroz irrigado, no período de 1983/84 a 1994/95, para o Estado do

Espírito Santo, estimado pelo método de Vencovsky et al. (1988), foi de 137,17 kg/ha/ano (D.P. = 269,50) e pelo Método QMP foi de 137,06 kg/ha/ano (D.P. = 19,27), correspondendo a um ganho genético médio de 2,68% ao ano, em relação à média de referência. Embora esses valores não tenham diferido, este último método foi mais eficiente, uma vez que apresentou uma melhor precisão das estimativas. A regressão linear das médias ajustadas indicou um ganho genético de 50,06 kg/ha/ano, correspondendo, em termos percentuais, a 0,98% ao ano; entretanto, esta estimativa revelou-se não confiável ($R^2 = 0,23^{ns}$), em função das oscilações das médias de produtividade de grãos observadas no período. Os procedimentos estatísticos utilizados permitiram evidenciar que os ganhos genéticos foram positivos e de magnitudes consideráveis, indicando nitidamente que o programa de melhoramento do arroz irrigado para o Espírito Santo mostrou-se eficiente, contribuindo para a melhoria da cultura no Estado e justificando plenamente os recursos alocados para a pesquisa.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Arroz, *Oryza sativa* L., cultivares, ganho genético

CONTRIBUTION OF GENETICAL IMPROVEMENT OF THE FLOODING - IRRIGATED RICE FOR GRAIN YIELD, OVER THE PERIOD FROM 1983/84 TO 1994/95, IN THE STATE OF ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT - The present work was intended to assess the genetical gain aiming to know the efficiency of the program of flooded rice improvement of the state of Espírito Santo conducted by the EMCAPA. The data of the trait grain yield, obtained in 38 Advanced Comparative Trials, conducted in several sites in the state, over the period from 1983/84 to 1994/95, were

used to calculate the estimatives of genetical gain. Three statistical procedures were employed: the Method of Vencovsky et al. (1988), the Method of Weighted Least Squares (WLS) and the Method of Regression of Adjusted Averages of elite materials, by using in the latter, grain yield of common cultivars through the period as a covariate. On the average, the elite

1. Parte da tese apresentada à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA), pelo primeiro autor, para obtenção do título de "Doutor" em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia.

2. Eng. Agr., D.Sc., Professor do Centro Agropecuário/UFES - Caixa Postal 16 - Alegre - ES.

3. Eng. Agr., D.Sc., Professor do Departamento de Agricultura/UFLA - Caixa Postal 37 - Lavras - MG

4. Eng. Agr., D.Sc., Pesquisador EMCAPA/EEBN, CEP 29.323-000 - Cachoeiro de Itapemirim - ES.

materials did not outyielded statistically the standard cultivars throughout the grading period, suggesting the need for the introduction of increased genetical variability in the program and improved efficiency in the screening process. The genetical gain average annual of irrigated rice, over the period from 1983/84 to 1994/95 for the State of Espírito Santo, estimated by of Vencovsky et al. (1988) the method was of 137.17 kg/ha/year (S.D. = 269.50) and by the WLS method was of 137.06 kg/ha/year (S.D. = 19.27), corresponding to a genetical gain average of 2.68% per year, relative to the reference means. Although, these values have not differed, this latter method was more

effective, since it showed a better accuracy of the estimatives. The linear regression of the adjusted means indicated a genetical gain of 50.06 kg/ha/year; corresponding in percent terms to 0.98% per year, nevertheless, this estimative proved unreliable ($R^2 = 0.23^{ns}$), in terms of the drifts of the means of grain yields observed over the period. The statistical procedures employed allowed to stand out that genetical gains were positive and of striking magnitudes, indicating clearly that the program of irrigated rice improvement for Espírito Santo proved effective, contributing to the improvement of the crop in the State and fully justifying the resources allotted to research.

INDEX TERMS - Rice, *Oryza sativa* L., cultivars, genetic gain

INTRODUÇÃO

No Espírito Santo, a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) está difundida por todo o Estado, cultivado, usualmente, com um maior percentual da área, nos sistemas de arroz irrigado por inundação e em várzea úmida e, de forma pouco expressiva, no sistema de arroz de sequeiro. No período de 1974 a 1993, o rendimento da cultura apresentou uma tendência nitidamente crescente, sendo que, os índices de crescimento registraram valores, nas últimas safras, superiores a duas vezes àquele registrado no início da década de setenta. A causa desse aumento é creditada à substituição das cultivares tradicionais pelas melhoradas, de porte baixo e da adoção de uma tecnologia de produção mais adequada por parte dos agricultores.

Nas várzeas do Estado, até meados da década de setenta, predominavam as cultivares atualmente denominadas de tradicionais ou "nativas", de porte alto, suscetíveis ao acamamento, como Paga - dívida, Skrivimankoti, Bico - roxo, De abril, Santa Catarina, entre outras. A partir de 1975, as cultivares tradicionais foram substituídas pelas cultivares modernas, com maior potencial produtivo e mais adequadas ao cultivo sob irrigação controlada. Além do mais, procuraram-se novas tecnologias visando a solucionar problemas limitantes da produção e a melhorar a eficiência do cultivo do arroz no Estado. Trabalhos na área de melhoramento genético, realizados pela pesquisa, de fundamental importância na evolução da orizicultura capixaba, permitiram recomendar ou lançar aos produtores diversas cultivares para os diferentes sistemas de cultivo, sendo que, mais recentemente, foram lançadas no Estado duas novas cultivares de arroz irrigado do tipo moderno, a Franciscano em 1988 e a Aliança em 1992, com níveis de produtividade superiores a 6.000 kg/ha, nas áreas sistematizadas, com melhor nível de tecnologia e emprego de melhor manejo da cultura (EMCAPA, 1988 e EMCAPA, 1992).

A contribuição do melhoramento genético para o aumento no rendimento de grãos e a influência de fatores ambientais sobre o desempenho das cultivares, durante as décadas passadas, frequentemente têm preocupado os melhoristas de plantas. É importante avaliar o ganho genético numa determinada espécie em que o melhorista está trabalhando, pois através dele podem-se identificar os fatores confiáveis que têm contribuído para o progresso na produtividade de grãos, melhorando a eficiência do seu trabalho, bem como planejar metodologias específicas para manter ou melhorar possíveis ganhos genéticos no futuro. Na avaliação dos programas de melhoramento de arroz, vários procedimentos têm sido utilizados para estimar ganhos genéticos médios (Abbud, 1991; Soares, 1992; Bressegello, 1995; Cuevas-Perez et al. 1995).

O presente trabalho objetivou quantificar o ganho em rendimento de grãos conseguido com o melhoramento genético da cultura do arroz, no sistema de cultivo de irrigação por inundação no Estado do Espírito Santo, no período de 1983/84 a 1994/95, no sentido de avaliar o retorno das atividades de pesquisa e fornecer subsídios para o programa estadual de melhoramento de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, utilizaram-se os dados do programa de pesquisa em melhoramento de arroz do Estado do Espírito Santo, executado pela Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA, com a participação do Centro Agropecuário da UFES - CAUFES, obtidos na rede de Ensaio Comparativos Avançados de arroz - ECA's, no sistema de irrigação por inundação, com controle da lâmina d'água, conduzidos em vários locais do Estado (Tabela 1), no período de 1983/84 a 1994/95.

TABELA 1 - Locais de condução no Estado do Espírito Santo, respectivas coordenadas geográficas, altitude e número de Ensaio Comparativos de Avaliação de genótipos de arroz, no período de 1983/84 a 1994/95.

Município	Região	Latitude	Longitude	Altitude(m)	Nº de ensaios
Linhares	Litoral Norte	19°25'S	40°03'W	30	09
Alegre	Sul	20°45'S	41°28'W	242	09
Cachoeiro de Itapemirim	Sul	20°51'S	41°07'W	37	09
Barra de São Francisco	Noroeste	18°45'S	40°53'W	192	07
Domingos Martins	Central	20°22'S	40°39'W	950	02
São Gabriel da Palha	Noroeste	19°01'S	40°34'W	120	01
Água Branca	Noroeste	18°59'S	40°45'W	180	01

A metodologia utilizada nos ECA's de arroz irrigado por inundação é a recomendada pela Comissão Técnica Regional de Arroz (CT-Arroz), Região II, que envolve as instituições de pesquisa da referida Região (PR, SP, RJ, ES, BA, MG, GO, TO, MT e MS), sob coordenação do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (EMBRAPA, 1994). Os dados de produtividade de grãos - critério principal de seleção - foram utilizados como fonte para avaliar o progresso genético advindo da utilização de materiais genéticos melhorados.

O progresso genético, referido aqui como ganho genético total (Ggt) durante o período analisado, bem como o Ganho genético médio anual (Ggm), foram estimados, no presente trabalho, através de três procedimentos estatísticos, quais sejam: o método proposto por Vencovsky et al. (1988), o método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP), que é uma adaptação do anterior, e o método da regressão das médias ajustadas.

No primeiro método utiliza-se o processo estatístico que avalia o progresso genético, estimando a modificação genotípica média ocorrida num determinado ano, advinda dos novos materiais incluídos, em comparação ao ano anterior, eliminando-se os efeitos devido à variação do ambiente entre um ano e o seguinte, numa série de ensaios. Considerando o par de anos i e $i + 1$ e um determinado período envolvendo a anos, o ganho genético foi estimado pelo contraste seguinte:

$$Gg_{i,i+1} = \bar{Y}_{i+1} - \bar{Y}_i - (\bar{Y}c_{i+1,i} - \bar{Y}c_{i,i+1})$$

onde

$Gg_{i,i+1}$: ganho genético no par de anos i e $i + 1$;

\bar{Y}_{i+1} : média geral dos ensaios no ano $i + 1$;

\bar{Y}_i : média geral dos ensaios no ano i ;

$\bar{Y}c_{i+1,i}$: média, no ano $i + 1$, dos materiais genéticos comuns aos anos i e $i + 1$;

$\bar{Y}c_{i,i+1}$: média, no ano i , dos materiais genéticos comuns aos anos i e $i + 1$

O progresso genético acumulado ou ganho genético total (Ggt) que, por hipótese, corresponde ao melhoramento genético dos materiais, foi obtido pela expressão:

$$Ggt = \sum_{i=1}^{a-1} Gg_{i,i+1}$$

O ganho genético médio estimado (Ggm) no período de a anos, foi obtido pela seguinte relação:

$$\hat{G}gm = Ggt [1 / (a - 1)]$$

Na aplicação do método QMP, cada valor do ganho genético obtido pela expressão de Vencovsky et al. (1988), foi ponderado, dando-se peso maior às observações de menor variância, utilizando-se a fórmula das equações normais derivada pelo método dos mínimos quadrados generalizados (Hoffmann e Vieira, 1987), ou seja, $X'V^{-1}XB = X'V^{-1}Y$, de onde se obtêm:

$$\hat{B} = \left(\tilde{X}'V^{-1}\tilde{X} \right)^{-1} \left(\tilde{X}'V^{-1}\tilde{Y} \right) \text{ em que,}$$

B : vetor de dimensão 1×1 correspondente ao

$\hat{G}gm$ procurado;

X : vetor coluna de coeficientes (1's) com $a - 1$ linhas;

V : Matriz de covariância dos ganhos genéticos observados para pares de anos, de dimensão $a - 1$ por $a - 1$, conforme Moraes e Abbud (1993), com a seguinte estrutura.

$$\hat{C}\hat{O}\hat{V}(G_{g_i}, G_{g_{i+1}}) = \begin{bmatrix} \hat{V}(G_{g_{1,2}}) & \hat{C}\hat{O}\hat{V}(G_{g_{1,2}}, G_{g_{2,3}}) & 0 & \dots & 0 \\ \hat{C}\hat{O}\hat{V}(G_{g_{1,2}}, G_{g_{2,3}}) & \hat{V}(G_{g_{2,3}}) & \hat{C}\hat{O}\hat{V}(G_{g_{2,3}}, G_{g_{3,4}}) & \dots & 0 \\ 0 & \hat{C}\hat{O}\hat{V}(G_{g_{2,3}}, G_{g_{3,4}}) & \hat{V}(G_{g_{3,4}}) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \hat{V}(G_{g_{a-1,a}}) \end{bmatrix}$$

\tilde{y} : vetor coluna contendo os valores dos ganhos genéticos obtidos pelo método de Vencovsky et al. (1988).

Na obtenção da matriz V, as expressões utilizadas para estimar o valor da variância de $G_{g_{i,i+1}}$ e da covariância entre os ganhos dos pares de anos $i, i+1$ e $i+1, i+2$ são descritos a seguir:

$$\hat{V}(G_{g_{i,i+1}}) = \left(\frac{1}{n_{i,i+1}} - \frac{1}{n_i} \right) \sigma_{e_i}^2 + \left(\frac{1}{n_{i+1,i}} - \frac{1}{n_{i+1}} \right) \sigma_{e_{i+1}}^2,$$

onde:

$n_{i,i+1}$ = número de observações, no ano i , das linhagens comuns aos anos i e $i+1$. Número de observações comuns é igual ao número de linhagens comuns x número de repetições por ensaio x número de locais (ensaio);

n_i = número de observações para o ano i (número de linhagens avaliadas x número de repetições por ensaio x número de locais);

$n_{i+1,i}$ = número de observações, no ano $i+1$, das linhagens comuns aos anos i e $i+1$;

n_{i+1} = número de observações para o ano $i+1$;

$\sigma_{e_i}^2$ = Quadrado Médio do Resíduo da análise de variância conjunta dos ensaios, no ano i .

$\sigma_{e_{i+1}}^2$ = Quadrado Médio do Resíduo da análise de variância conjunta dos ensaios, no ano $i+1$.

$$\hat{C}\hat{O}\hat{V}(G_{g_{i,i+1}}, G_{g_{i+1,i+2}}) = \left(\frac{1}{n_{i+1}} - \frac{n_{i,i+1,i+2}}{n_{i+1,i} \cdot n_{i+1,i+2}} \right) \sigma_{e_{i+1}}^2$$

onde:

$n_{i,i+1,i+2}$ = número de observações, no ano intermediário $i+1$, das linhagens comuns aos três anos: $i, i+1$ e $i+2$.

$n_{i+1,i+2}$ = número de observações no ano $i+1$, das linhagens comuns ao par de anos $i+1$ e $i+2$.

Para se avaliar a precisão da estimativa de ganho genético, obteve-se a variância de \hat{G}_{gm} , dada pela expressão

$$\hat{V}(B) = (\underline{X}' V^{-1} \underline{X})^{-1}.$$

A raiz quadrada da variância de \hat{G}_{gm} fornece o desvio padrão do ganho genético médio estimado. O ganho genético total obtido no período foi obtido por $G_{gt} = (a-1)G_{gm}$.

No método da regressão das médias ajustadas, considerou-se inicialmente o desempenho dos materiais elite não comuns incluídos nos ensaios de cada ano, normalmente linhagens desenvolvidas pelas instituições de pesquisas, e o desempenho médio das cultivares padrão ou testemunhas comuns Aliança, Franciscano e Inca, que participaram de todos os ensaios no período. Para efeito deste estudo, o ganho genético foi estimado a partir da obtenção do coeficiente de regressão linear, em que a produtividade média de grãos ajustada dos materiais elite nos locais foi utilizada como variável dependente e os doze anos agrícolas desde, 1983/84, como variável independente. Para proceder ao ajustamento das médias utilizou-se a análise de covariância, segundo os procedimentos de Steel e Torrie (1980), considerando a produtividade média dos materiais elite como caráter de maior interesse (variável Y) e o produtividade média das cultivares padrão como covariável (variável auxiliar X). Nesse caso, a covariável irá contribuir para aumentar a precisão do ajuste e auxiliar na estimação da variação ambiental, a qual é isolada da variação decorrente de alterações genéticas. Para estimar as médias ajustadas, utilizou-se o procedimento GLM (General Linear Models Procedure) do software estatístico "The SAS System" (SAS Institute Inc., 1985).

A regressão foi estimada para a média ajustada conforme a expressão seguinte:

$$\hat{b}_{me} = \frac{\sum_j [(Y_{e_j} - \bar{Y}e)(a_j - \bar{a})]}{\sum_j (a_j - \bar{a})^2}$$

para $j = 1, 2, 3, \dots, 12$

em que:

\hat{b}_{me} : a estimativa do coeficiente de regressão linear das médias ajustadas dos materiais elite, em função dos anos;

Y_{e_j} : valor da produtividade média de grãos dos materiais elite ajustada no ano j ;

$\bar{Y}e$: valor médio da produtividade de grãos dos materiais elite;

a_j : valor do ano j ;

\bar{a} : valor médio dos anos.

O ganho genético médio anual (Ggm) é fornecido pelo valor de \hat{b}_{mc} que reflete a estimativa da alteração genotípica. O progresso genético acumulado no período ou ganho genético total (Ggt) nos a anos é fornecido por $\hat{G}_{gt} = \hat{b}_{mc}(a - 1)$.

Para as metodologias utilizadas, estimou-se à semelhança de Abbud (1991), o ganho genético médio percentual em relação a uma média base ou de referência (\bar{Y}_r). Adotou-se este procedimento para que esta estimativa não fosse muito influenciada pelo efeito da média do ano inicial, da seguinte forma:

$$\text{Ggm}(\%) = \frac{\text{Ggm}}{\bar{Y}_r} \cdot 100, \text{ onde}$$

\bar{Y}_r : média aritmética das médias do período em estudo, considerando-se o "efeito do ano".

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias anuais de produtividade de grãos dos Ensaio Comparativos Avançados de arroz mostraram uma variação de 5.012 a 6.988 kg/ha

no período de 1983/84 a 1994/95, sendo que as oscilações podem ser observadas através dos anos (Figura 1). A precisão dos ensaios individuais foi relativamente boa, com estimativa do coeficiente de variação experimental variando de 6,00% a 28,63%, com uma média de 13,94%. Verificou-se uma regularidade no ingresso de materiais novos nos ensaios, obtendo-se uma taxa de substituição média de 40,6% ao ano.

A análise de variância conjunta envolvendo Tratamentos (cultivares padrão e materiais elite) e Anos, proveniente de totais de tratamentos, em que ensaios por ano foram considerados repetições, conforme procedimento de Cochran e Cox (1978), está apresentada na Tabela 2. A interação Tratamento \times Ano foi não significativa, indicando que as cultivares padrão e materiais elite comportaram-se semelhantemente nos 12 anos de avaliação frente às mudanças ambientais.

Em função da não significância dessa interação, o modelo linear simplificado foi adotado para o cálculo do ganho genético pelos métodos de Vencovsky et al. (1988) e do QMP, sem maiores conseqüências.

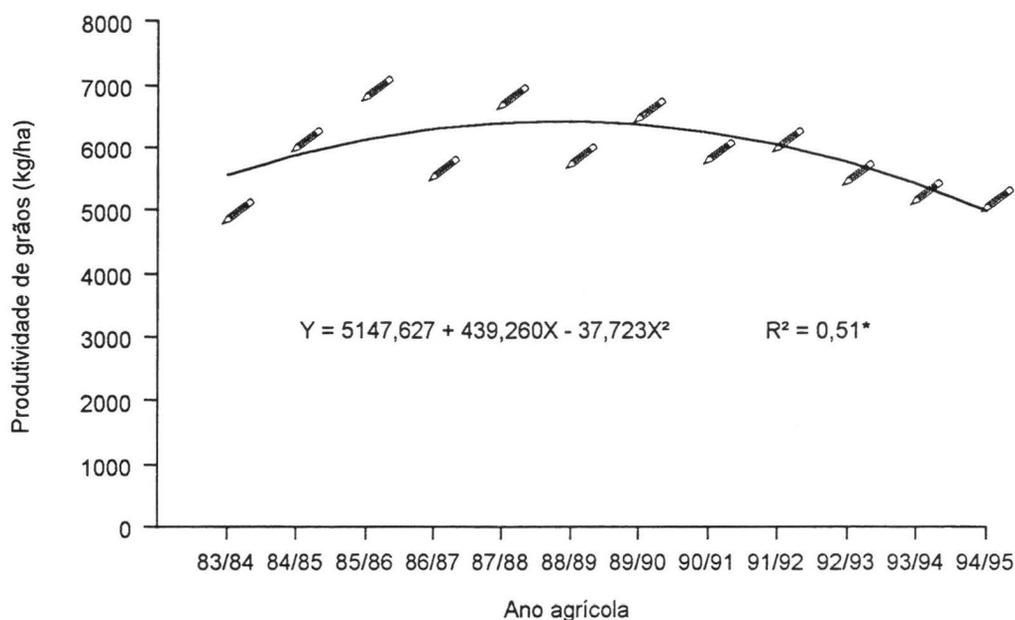


FIGURA 1 - Equação de regressão da produtividade média de grãos de materiais genéticos de arroz, obtida nos Ensaio Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

TABELA 2 - Análise de variância conjunta, envolvendo Tratamentos (cultivares padrão e materiais elite) e Anos, utilizando-se totais de tratamentos, obtidos nos Ensaios Comparativos Avançados, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

FV	GL	SQ	QM	F
Ano (A)	11	29.318.047,0	2.665.277,0	
Tratamento (T)	1	759.559,0	759.559,0	2,38 ^{1/} ns
T ~ A	11	3.373.544,0	306.685,8	1,99 ^{ns}
Erro médio	(26)	—	154.134,9	
Total	75	33.451.150,0		

^{1/} Após ajuste F'

ns = Teste F não significativo

Na avaliação da contribuição do melhoramento genético durante determinado período, nenhum método pode separar completamente os efeitos genéticos e de interação. A utilização de cultivares padrão, para explicar os efeitos ambientais, que confundem os resultados, na estimativa de ganho genético num longo período, depende da suposição de que a interação genótipo ~ ambiente, que envolve as testemunhas comuns e outras cultivares, seja não significativa (Cox et al., 1988). Neste trabalho, o uso de testemunhas foi apropriado para estimar o ganho genético no melhoramento do arroz, pois as cultivares padrão e materiais elite, ambos os germoplasmas que são de porte baixo tipo moderno, reagiram de maneira semelhante às mudanças ambientais, durante os anos de avaliação.

As estimativas de parâmetros genéticos obtidas pelos métodos de Vencovsky et al. (1988) e Quadrados Mínimos Ponderados (QMP) são apresentadas na Tabela 3. O ganho genético médio anual pelo método de Vencovsky et al. (1988), não ponderado, indicou uma estimativa de 137,17 kg/ha/ano, enquanto que, pelo método QMP, este ganho foi de 137,06 kg/ha/ano, correspondendo a um ganho genético médio percentual no período de 2,68% ao ano, em relação à média de referência para o Estado do Espírito Santo. Os valores estimados foram praticamente similares; no entanto, o método QMP resultou numa melhor precisão, evidenciada pelo baixo Desvio Padrão do ganho (D.P. = 19,27), enquanto que no primeiro método este valor foi muito superior (D.P. = 269,50).

As médias de produtividade de grãos das cultivares padrão e dos materiais elite nos ambientes, no período de condução dos ensaios estão ordenadas na Tabela 4. Com o ajuste das médias dos materiais elite pela análise de covariância, a variação na produção

das cultivares padrão, tomada como uma medida das alterações ambientais no período, é quantificada e eficientemente separada da variação decorrente de alterações genéticas. Valores observados e equação de regressão linear para as médias ajustadas são mostrados na Figura 2. Com o ajustamento das médias, a estimativa da inclinação para o modelo de regressão linear aplicada mostrou uma tendência de aumento na produtividade média no decorrer do período. A contribuição genética estimada para a produtividade dos materiais testados no período, fornecido pelo coeficiente de regressão, indicou um ganho de 50,06 kg/ha/ano ($R^2 = 0,23^{ns}$). Este ganho genético médio anual corresponde a 0,98% da média de referência.

Há certa dificuldade quando se deseja comparar estimativas de ganho genético médio anual na literatura, em função dos diferentes métodos empregados para sua estimação. Vários procedimentos têm sido utilizados para estimar ganhos genéticos médios em arroz, em geral, baseados em dados do comportamento relativo de linhagens avançadas em ensaios regionais de recomendação de cultivares, num determinado período (Abbud, 1991; Soares, 1992; Breseghello, 1995); comparando-se cultivares antigas com novas, em grupo de ensaio no mesmo ano (Abbud, 1991); ou a avaliação de cultivares de diferentes épocas, por ano de lançamento no programa de melhoramento, em ambientes comuns (Cuevas-Perez et al., 1995). Apesar das diferenças, esses procedimentos são bastante informativos, no sentido de se conhecer o ganho genético obtido nos programas estaduais e, em consequência, mostrar a contribuição do melhoramento genético na melhoria do rendimento de uma determinada cultura, em determinado período.

TABELA 3 - Estimativas dos parâmetros genéticos obtidos pelos métodos de Vencovsky et al. (1988) e dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP), no período de 1983/84 a 1994/95 para o Estado do Espírito Santo.

Método de Vencovsky et al. (1988) (Método Direto)	
Ganho genético médio ($\hat{G}gm$) (kg/ha/ano)	137,17
Soma de quadrados dos desvios (SQD)	726319,90
Desvio padrão do $\hat{G}gm$	269,50
Ganho genético total (Ggt) no período (kg/ha)	1508,87
Número médio de tratamentos comuns	09
Ggm percentual no período (%)	2,68
Método do QMP	
Média geral dos ensaios (kg/ha)	5959,45
Número de ensaios	38
Número total de observações	1840
Número médio de genótipos por ano	15
Média das maiores produtividades anuais (kg/ha)	6910,65
Média das menores produtividades anuais (kg/ha)	4760,78
Ganho genético médio ($\hat{G}gm$) (kg/ha/ano)	137,06
Soma de quadrados dos desvios (SQD)	98,17
Variância do Ggm	371,30
Desvio padrão do Ggm	19,27
Ganho genético total (Ggt) no período (kg/ha)	1507,66
Média de referência (kg/ha)	5113,95
Ggm percentual no período (%)	2,68

A metodologia de regressão linear de mínimos quadrados foi utilizada por Soares (1992) e Breseghello (1995), para estimar o ganho genético em arroz irrigado, utilizando-se testemunhas comuns para quantificar a variação ambiental ao longo dos anos e a média de rendimento de grãos dos genótipos não comuns ou transitórios em função dos anos, para quantificar a alteração fenotípica (genotípica + ambiente). O ganho genético médio anual foi fornecido pela estimativa do coeficiente de regressão linear do desvio entre as médias dos dois grupos de materiais, em função do ano. No presente trabalho, o ganho genético foi obtido pela estimativa do coeficiente de regressão linear das médias ajustadas dos materiais elite (genótipos transitórios), em

função dos anos agrícolas, utilizando a produtividade dos cultivares padrão, comuns no período, como covariável. Aqui, diferente dos autores anteriormente citados, foi considerado o desempenho relativo desses dois grupos de materiais nos vários locais, dentro de cada ano, permitindo uma estimativa mais apropriada do ganho genético durante o período. O ajustamento permite estimar as alterações no comportamento médio dos materiais elite durante o período, num ambiente hipotético comum fornecido pela covariável. Por este método, fica claro que o valor do ganho genético estimado de 50,06 kg/ha/ano no período foi positivo, refletindo a contribuição do melhoramento; todavia esta estimativa não se mostrou estatisticamente confiável ($R^2 = 0,23^{ns}$).

TABELA 4 - Médias de produtividade de grãos das cultivares padrão (CP) e dos materiais elite (ME) em cada ambiente, obtidas nos Ensaio Comparativos Avançados, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

Ano Agrícola	Ambiente								Média anual	
	1		2		3		4		CP	ME
	CP	ME	CP	ME	CP	ME	CP	ME	CP	ME
	----- kg/ha -----									
1983/84	4359,5	4171,1	6555,5	5704,9					5457,5	4938,0
1984/85	4395,7	4445,6	7858,0	7044,2	6214,7	5127,8	8666,0	7430,4	6783,6	6012,0
1985/86	4880,0	4617,5	9599,0	8692,3	8411,7	7270,3			7630,2	6860,0
1986/87	5393,0	5335,8	5597,7	5841,2	7549,3	6564,7	5236,3	4847,2	5944,1	5647,2
1987/88	6666,7	6807,9	6933,3	6475,4	6882,0	6342,6	8040,3	7538,7	7130,6	6791,2
1988/89	4633,7	4415,8	7990,3	8764,6	5057,3	4513,6			5893,8	5898,0
1989/90	5866,7	6412,1	6224,0	6979,8	7003,0	6717,6			6364,6	6703,2
1990/91	6950,7	6570,9	3767,0	4602,5	7204,3	6735,5			5974,0	5969,6
1991/92	5720,0	5494,9	6705,0	6733,2	8053,3	7781,1	4390,3	4562,0	6217,3	6142,8
1992/93	6377,7	5505,7	5783,3	5344,6	5159,7	5808,8			5773,6	5553,0
1993/94	5947,0	5881,4	5319,3	6576,6	2947,3	4057,4			4737,9	5505,1
1994/95	4927,3	4713,0	6211,3	5452,0					5569,3	5082,5

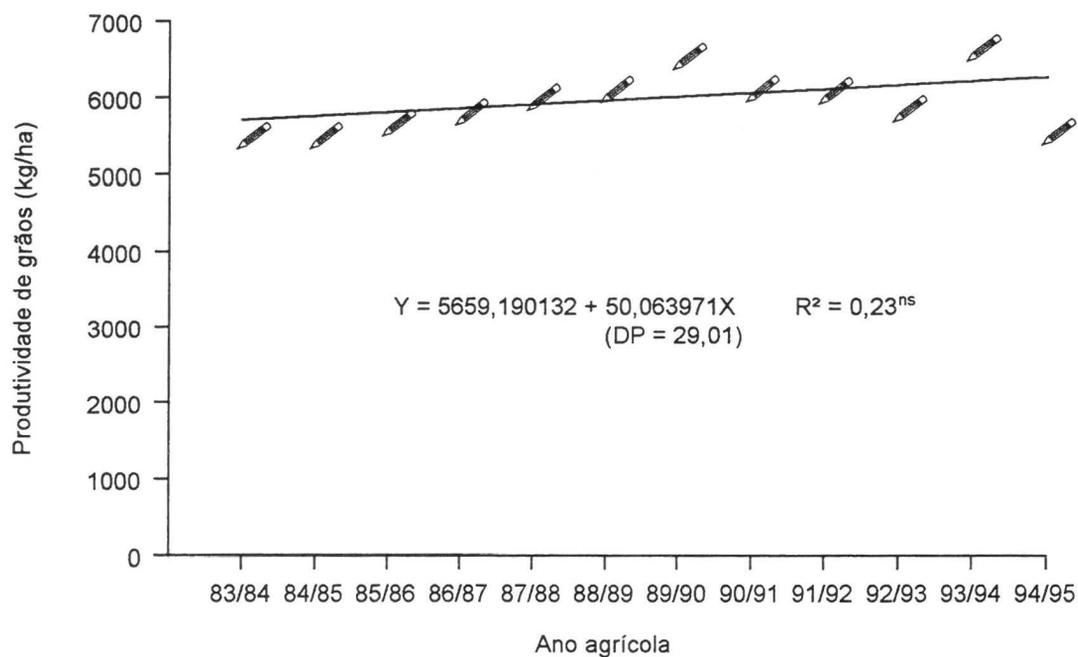


FIGURA 2 - Equação de regressão da produtividade média de grãos de arroz ajustada dos materiais elite, considerando a produtividade média das cultivares padrão como covariável, obtida nos Ensaio Comparativos Avançados, em função dos anos agrícolas, para o período de 1983/84 a 1994/95, no Estado do Espírito Santo.

Os valores do ganho genético médio estimados pelos métodos de Vencovsky et. al. (1988) e pelo método QMP praticamente não diferiram. Um fator, dentre outros, que pode ter contribuído para essa similaridade pode ter sido a pequena diferença entre os valores dos quadrados médios dos resíduos anuais, cujo quociente entre o maior e menor foi inferior a 4, refletindo uma relativa homogeneidade de variância. Além disso, os valores dos coeficientes de variação, média de 13,94%, foram relativamente baixos para ensaios realizados em condições de campo, evidenciando uma boa precisão. Cabe salientar, todavia, que o menor Desvio Padrão do ganho obtido pelo método do QMP indica que esse método foi mais preciso na estimação do ganho genético. No presente trabalho, em função de uma maior precisão nos valores obtidos, pelo método do QMP em relação ao método de Vencovsky et al. (1988) e de uma não apresentação de tendência consistente de progressão linear no valor do ganho genético, através do método da regressão das médias ajustadas, em virtude do baixo valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,23^{ms}$), assumiu-se um ganho genético médio anual de 137,06 kg/ha/ano, no período de 1983/84 a 1994/95, estimado pela metodologia do QMP, correspondendo a um ganho genético de 2,68% ao ano, em relação à média de referência.

A contribuição do melhoramento genético, em geral, assume maior importância quando os níveis de produtividade da cultura já estão altos, numa determinada região. Nos Estados Unidos, por exemplo, para o milho, trigo e aveia, culturas com alto potencial produtivo, tem-se obtido aumento médio anual em torno de 0,5 a 1,0%, no potencial de rendimento (Evans, 1980). O ganho de 2,68%, no Espírito Santo, foi um pouco superior ao ganho médio anual obtido para a cultura do arroz irrigado que foi de 1,6% em Minas Gerais (Soares, 1992), de 0,77% na região nordeste do Brasil (Bresseghele, 1995) e para o arroz de sequeiro no Paraná que foi de 1,35% (Abbud, 1991). Valores similares têm sido também obtidos para outras culturas, tais como o milho no Brasil (Vencovsky et al., 1988), a soja no Paraná (Toledo et al., 1990), sorgo granífero no Brasil (Rodrigues, 1990), feijão nas regiões Sul e Alto Paranaíba, em Minas Gerais (Abreu et al., 1994).

Tomando por base a produtividade média, os resultados mostraram que as linhagens elite em avaliação final nos Ensaios Comparativos Avançados durante os doze anos, em média, não superaram a média das cultivares padrão Inca, Franciscano e Aliança, comuns no período, nas condições do Estado. Essa dificuldade em se obter materiais com alto potencial genético já foi mostrada anteriormente por Rangel, Zimmermann e Neves (1992) e Rangel (1994), quando compararam o

rendimento médio de progênie elite de arroz em experimentos, com as melhores testemunhas locais ('BR-IRGA 409' no Rio Grande do Sul e 'Cica 8' nos Estados de Santa Catarina, Minas Gerais, Tocantins e Alagoas). Segundo esses autores, apesar do intenso trabalho de melhoramento, não se conseguiu selecionar, durante toda a década de 80, uma linhagem sequer cuja produtividade fosse significativamente superior à apresentada pelas melhores testemunhas locais.

O programa de melhoramento genético do arroz irrigado no Espírito Santo conduzido pela EMCAPA, tem contribuído decisivamente para o aumento da produtividade de grãos de arroz no Estado, dando prioridade também a outras características como resistência a enfermidades e melhoria na qualidade de grãos. Esse programa deve ser intensificado, visando a oferecer aos agricultores melhores opções, de cultivares modernas com grãos de melhor qualidade, mais adaptadas às condições edafoclimáticas do Estado. Isso se justifica, em função do aproveitamento das várzeas drenadas e sistematizadas atualmente subexploradas e mesmo porque, na produção do arroz, deve-se levar em conta sua expressão como alimento básico da população.

Para que o programa atenda às necessidades e continue tendo ganhos genéticos no futuro é imprescindível o manejo de um maior número de populações segregantes, com ampla variabilidade genética e proceder à seleção de materiais com um maior potencial para produção, direcionada para as condições específicas regionais, através dos três tipos de ensaios sucessivos que compõem a Rede Nacional de Avaliação de Arroz Irrigado, em um maior número de locais no Estado, permitindo uma análise mais apurada e confiável dos dados. Para tanto, a pesquisa não deve ser desativada, através do escasseamento de recursos financeiros e humanos, como vem ocorrendo atualmente nas instituições públicas do país, não se devendo incorrer no erro de julgar desnecessária sua continuidade. Com as tecnologias desenvolvidas pelo melhoramento genético, hoje disponíveis, é possível reverter o quadro atual no qual a produtividade está estável ou evoluindo lentamente, com a liberação de cultivares superiores, para que essa cultura se torne competitiva e de boa rentabilidade no mercado.

CONCLUSÕES

a) A taxa de substituição média de 40,65% ao ano de materiais genéticos novos nos ensaios, no período analisado, indica razoável dinamismo do programa de melhoramento de arroz irrigado, conduzido no Estado do Espírito Santo.

b) Em média, os materiais elite, linhagens fixadas em estágio final de avaliação, não superaram estatisticamente as cultivares padrão (testemunhas) Inca,

Franciscano e Aliança, comuns durante todo o período de avaliação, sugerindo a necessidade de introdução de maior variabilidade genética no programa e melhoria da eficiência na seleção. Outra alternativa seria a de selecionar materiais segregantes no próprio ambiente de cultivo, ou seja, nas condições edafoclimáticas do Estado.

c) O método dos Quadrados Mínimos Ponderados (QMP) mostrou-se mais eficiente do que os métodos de Vencovsky et al. (1988) e o da Regressão Linear das médias ajustadas dos materiais elite, na estimativa do ganho genético, uma vez que ele apresentou estimativas de maior confiabilidade, com valor de 137,05 kg/ha/ano (D.P. = 19,27), correspondendo a um ganho genético de 2,68% ao ano, contra 137,17 kg/ha/ano (D.P. = 269,50) e 50,06 kg/ha/ano ($R^2 = 0,23^{ns}$) dos outros dois métodos, respectivamente.

d) O programa de melhoramento do arroz irrigado para o Espírito Santo, desenvolvido pela EMCAPA, no período de 1983/84 a 1994/95 mostrou-se eficiente, contribuindo para a melhoria da cultura no Estado e justificando plenamente os recursos alocados para a pesquisa.

AGRADECIMENTO

À Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA e seus pesquisadores, pelas condições técnicas oferecidas para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- ABREU, A. de F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. **Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas Regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.105-112, jan. 1994.
- BRESEGHELLO, F. **Ganhos para produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil.** Goiânia: UFG, 1995. 93p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Diseños experimentales.** México: Trillas, 1978. 661p.
- COX, T.S.; SHROYER, J.P.; BEN-HUI, L.; SEARS, R.G.; MARTIN, T.J. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. **Crop Science**, Madison, v.28, n.5, p.756-760, Sept./Oct. 1988.
- CUEVAS-PEREZ, F.E.; BERRIO, L.E.; GONZALEZ, D.I.; CORREA-VICTORIA, F.; TULANDE, E. Genetic improvement in yield of semidwarf rice cultivars in Colombia. **Crop Science**, Madison, v.35, n.3, p.725-729, May/June 1995.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa nacional de avaliação de linhagens de arroz.** Goiânia; 1994. 19p. (Documentos, 41).
- EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **'Aliança', cultivar de arroz irrigado para o Espírito Santo.** Vitória; 1992. (Folder).
- EMPRESA CAPIXABA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **'Franciscano', cultivar de arroz irrigado para o Espírito Santo.** Vitória; 1988. (Folder).
- EVANS, L.T. The natural history of crop yield. **American Scientist**, New Haven, v.68, n.4, p.388-397, July/Aug. 1980.
- HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria.** 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1987. 379p.
- MORAIS, O.P.; ABBUD, N.S. **Subsídios para avaliação do progresso genético dos programas estaduais de melhoramento de arroz no Brasil.** Goiânia: EMBRAPA - CNPAF. 1993. (Apostila).
- RANGEL, P.H.N. Avaliação crítica dos projetos do PNP - Arroz na área de Melhoramento Genético, no período de 1980 a 1990: Região Sudeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4, Goiânia, 1990. **Anais ...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1994. p.277-285.
- RANGEL, P.H.N.; ZIMMERMANN, F.J.P.; NEVES, P.C.F. El CNPAF investiga: decrece en Brasil el rendimiento del arroz de riego ? **Arroz en las Américas**, Cali, v.13, n.1, p.1-4, abr. 1992.
- RODRIGUES, J.A.S. **Progresso genético e potencial de risco da cultura do sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] no Brasil.** Piracicaba: ESALQ, 1990. 171p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- SAS INSTITUTE INC. **SAS user's guide: Statistics, Version 5 Edition.** Cary, NC : SAS Institute, 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 - Doutorado em Fitotecnia).
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed. Singapore: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- TOLEDO, J.F.F. de; ALMEIDA, L.A. de; KIIHL, R.A. de 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.; MORAES, A.R.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M. Progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16, Belo Horizonte, 1986. **Anais ... Sete Lagoas: EMBRAPA - CNPMS**, 1988. p.300-307.