

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE OS GENITORES DA POPULAÇÃO DE ARROZ IRRIGADO CNA-IRAT 4¹

ORLANDO PEIXOTO DE MORAIS², JOSÉ CARLOS SILVA³, COSME DAMIÃO CRUZ,
ADAIR JOSÉ REGAZZI⁴ e PÉRICLES DE CARVALHO FERREIRA NEVES⁵

RESUMO - Com o objetivo de avaliar a divergência genética entre as dez variedades genitoras da população de arroz irrigado CNA-IRAT 4, foram utilizados dados de dez características obtidas em experimento conduzido em Goianira, GO, em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Utilizando-se análises por variáveis canônicas e técnicas de agrupamentos por meio dos métodos de Tocher e do vizinho mais próximo, tendo como medida de dissimilaridade a distância generalizada D^2 de Mahalanobis, constatou-se a existência de considerável divergência genética entre os genitores, indicando que a população deve mostrar variabilidade em relação a vários caracteres de interesse. Observou-se que o método aglomerativo de Tocher fornece maior número de grupos que o método hierárquico do vizinho mais próximo e a análise por variáveis canônicas. A maior divergência é constatada entre a variedade Nanicão e a CNA4840, enquanto a CNA3848 e CNA3887 são as de maior similaridade. Constatou-se, ainda, que as características altura de planta, número de dias para a floração média e peso de 100 grãos respondem pela maior parte da divergência genética existente entre os genitores enquanto dimensão de grãos e número de grãos por panícula são as que menos contribuem para a referida divergência.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, variáveis canônicas, métodos de agrupamento, medidas de dissimilaridade.

GENETIC DIVERGENCY AMONG THE PARENTS OF THE IRRIGATED RICE POPULATION CNA-IRAT 4

ABSTRACT - Multivariate techniques were utilized to evaluate the genetic divergence among ten parents of the irrigated rice population CNA-IRAT 4. Ten selected characteristics were evaluated in a field experiment conducted in Goianira, GO, adopting a randomized block design with four replications. Canonical variate analysis and cluster analysis using Tocher's agglomerative method and hierarchical method (nearest neighbour) were applied. The dissimilarity measure used was generalized Mahalanobis distance (D^2). There is significant genetic divergence among parents, indicating variability in various useful characteristics of the population. The Tocher's method detects a higher number of groups compared to the nearest neighbour or canonical variate methods. The highest divergence is observed between Nanicão and CNA4840, whereas CNA3848 and CNA3887 show the highest similarity. Plant height, days to flowering and grain weight explain the majority of the genetic divergence among parents. By other hand, grain size and number of spikelets contribute least to divergence.

Index terms: *Oryza sativa*, canonical variables, cluster analysis, dissimilarity measures.

¹ Aceito para publicação em 13 de março de 1998.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO. E-mail: peixoto@cnpaf.embrapa.br

³ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Tit., Universidade Federal de Viçosa (UFV), CEP 36570-000 Viçosa, MG.

⁴ Eng. Agr., Dr., Prof. Tit., UFRV.

⁵ Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-CNPAF.

INTRODUÇÃO

Os ganhos genéticos de produtividade, em cada novo ciclo de seleção, são cada vez mais difíceis de serem obtidos. Tal fato tem motivado melhoristas envolvidos com arroz irrigado a enfatizar o melhoramento populacional como estratégia para aumentar a probabilidade de se selecionar linhagens de maior

potencial produtivo. A primeira iniciativa ocorreu em 1986, quando o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Embrapa-CNPAF) iniciou, em Goiânia, GO, a constituição, com auxílio da macho-esterilidade genética, da população de arroz irrigado CNA-IRAT 4, envolvendo dez genitores de origem genética distinta, para ser submetida, nos anos subsequentes, ao processo cíclico de seleção recorrente para maior produção de grãos.

Sabe-se que populações de base genética ampla, por apresentarem variância genética aditiva de maior magnitude, respondem mais efetivamente à seleção do que populações de base genética restrita ou já previamente melhoradas. Assim, na formação de uma população-base para fins de melhoramento, deve-se assegurar a presença de grande quantidade de variabilidade genética inicial mediante a escolha de paternos geneticamente divergentes, conforme Eberhart et al. (1967), citados por Paterniani & Miranda Filho (1987). Além de geneticamente variável, esta população-base deve ter uma média a mais próxima possível dos valores desejados, a fim de reduzir-se o tempo gasto para atingir os objetivos do melhoramento (Miranda Filho, 1974). Tanto as expressões de predição de médias de compostos (Vencovsky, 1987) quanto as de predição de médias de variedades sintéticas (Allard, 1971) mostram que se devem utilizar, na formação dessas populações, variedades ou linhagens de bom desempenho individual quanto às características em consideração. Nos casos em que a população desenvolvida, melhorada ou não, é utilizada como fonte para extração de linhagens, fato comum no melhoramento das autógamas, a utilização de genitores divergentes e de melhor comportamento *per se* possibilita maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas gerações segregantes (Cruz, 1990). Daí a grande importância que se tem atribuído aos estudos sobre divergência genética nos programas de melhoramento que envolvem hibridações.

Entre os procedimentos mais utilizados para se avaliar a divergência genética, têm-se destacado, principalmente após o desenvolvimento da informática, as seguintes técnicas: a análise por componentes principais, a análise por variáveis canônicas e os métodos de agrupamento, cuja aplicação depende da utilização de uma medida de dissimilaridade

previamente estimada. A utilização dos componentes principais é mais apropriada quando se dispõe de informações sem repetições. Já as variáveis canônicas devem ser utilizadas se se têm informações de r observações de cada uma das p variáveis avaliadas em n populações, variedades, linhagens etc.

Os métodos de agrupamento têm por finalidade separar um grupo original de observações em vários subgrupos, de forma a se obter homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os subgrupos (Sneath & Sokal, 1973; Mardia et al., 1979; Johnson & Wichern, 1982). Envolvem, segundo Cruz (1990), basicamente duas etapas: a primeira, relaciona-se com a estimação de uma medida de dissimilaridade entre os indivíduos a serem agrupados; e a segunda, com a adoção de uma técnica de agrupamento para a formação dos grupos. Há vários métodos de agrupamento (Sneath & Sokal, 1973), sendo os hierárquicos e os de otimização os mais utilizados no melhoramento de plantas. Nos métodos hierárquicos, os indivíduos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, estabelecendo-se um dendrograma, sem preocupação com o número ótimo de grupos. Nos métodos de otimização, por sua vez, os grupos são estabelecidos otimizando-se determinado critério de agrupamento, e diferem dos métodos hierárquicos pelo fato de os grupos formados serem mutuamente exclusivos (Riboldi, 1986; Cruz, 1987). No método de otimização proposto por Tocher, adota-se o critério de manter a distância média intragrupo sempre inferior a qualquer distância intergrupos (Rao, 1952).

De acordo com Mardia et al. (1979), várias medidas de dissimilaridade já foram definidas, sendo a distância generalizada D^2 de Mahalanobis (Cruz, 1990) uma das mais utilizadas. Esta medida leva em consideração as correlações entre as características analisadas, por meio da matriz de covariâncias residuais, e constitui uma alternativa apropriada para o estudo de divergência genética (Arunachalam, 1981).

O presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de avaliar a divergência genética existente entre as variedades utilizadas na composição da população de arroz irrigado CNA-IRAT 4, bem como identificar os caracteres avaliados mais determinantes da divergência observada.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de dez características relativas a ciclo (número de dias para a floração média), altura da planta, número de panículas por planta, comprimento da panícula, número de grãos por panícula, peso de 100 grãos, produção de grãos por planta e dimensões de grãos (comprimento, largura e espessura), obtidos dos dez genitores da população, seguindo as recomendações do Manual de Métodos de Pesquisa em Arroz (Embrapa, 1977). Os genitores (Tabela 1) foram avaliados, em experimentos conduzidos com irrigação por inundação, durante o ano agrícola de 1989/90, em solo de várzea do Campo Experimental da Fazenda Palmital, localizada em Goianira, GO, utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais constaram de uma fileira de 2,5 m de comprimento, com plantas espaçadas por 10 cm na fileira e 30 cm entre fileiras (parcelas). O plantio foi feito por mudas, transplantando-se apenas uma muda por cova. De cada parcela, os dados foram obtidos em 12 plantas competitivas, ou seja, com ausência de falhas ao seu redor.

Os graus de divergência genética dos dez genitores da população foram avaliados conforme metodologia detalhada por Cruz (1990), pela análise por variáveis canônicas e por meio dos métodos de agrupamento de Tocher, reportado por Rao (1952), e do vizinho mais próximo, utilizando-se a distância generalizada D^2 de Mahalanobis, como medida de dissimilaridade. Seguindo orientação de Goodman (1968), utilizou-se como estimativa de matriz de covariância das variáveis originais, a matriz de dispersão residual da análise de variância multivariada, que foi feita conforme Demétrio (1985).

TABELA 1. Relação dos genitores da população CNA-IRAT 4, seus cruzamentos de origem e intensidade de participação.

Genitor	Origem (cruzamento)	Participação (%)
IR36	IR1561-228-1-2/IR1737/CR94-13	25,00
BG90-2	IR262/Remadja	8,33
CNA4840	T141/IR665-1-175-3	8,33
CNA3815	CICA4/BG90-2/SML5617	8,33
CNA3848	5461/IR36/CICA7	8,33
CNA3887	4440/BG90-2/Tetep	8,33
Colômbia 1	Napal/Takao Iku 18	8,33
Eloni	IR454/SML KAPURI/SML 66H10	8,33
Nanicão	Cultivar tradicional brasileira	8,33
UPR103-80-1-2	IR24/Cauvery	8,33

A importância relativa dos caracteres avaliados quanto à divergência genética observada entre os genitores foi feita pela análise dos coeficientes das transformações lineares para obtenção das variáveis canônicas, à semelhança de Jolliffe (1972, 1973), Pereira (1989) e Cruz (1990), e por meio da participação dos componentes de D^2 , relativos a cada característica, no total de divergência observada, conforme recomendação de Singh (1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância multivariada, considerando-se simultaneamente todas as características avaliadas nos genitores, revelaram a existência de considerável divergência entre os dez genitores. O teste de Roy (Pimentel-Gomes, 1985) rejeitou a hipótese de nulidade dos vetores de efeito de tratamento (variedade) a 1% de probabilidade.

Na Tabela 2, encontram-se as médias das características avaliadas, para cada genitor, em que se utilizou, conforme Morrison (1976) e Pimentel-Gomes (1985), o princípio de união-interseção de Roy para testar os contrastes entre duas médias quaisquer. Detectou-se maior número de diferenças significativas quanto a altura, peso de 100 grãos e número de grãos por panícula, enquanto as características mais invariantes foram comprimento de grãos, número de dias para floração média, número de panículas por planta, produção de grãos e espessura de grãos; com respeito às três últimas características, não se detectou nenhuma diferença significativa entre as variáveis, com o teste utilizado.

Considerando-se, por sua vez, a análise univariada, o teste F referente à produção de grãos, ao número de panículas por planta e à espessura do grão atingiu os valores de, respectivamente, 10,72, 15,09 e 54,68, revelando-se altamente significativos, em níveis inferiores a 1% de probabilidade. E qualquer um dos testes de comparação múltipla usuais detectaria diferenças significativas entre as médias dessas características. Com o teste de Scheffé (1953), o mais rigoroso, obter-se-iam 11 contrastes significativos no tocante ao número de panículas por planta.

Segundo Demétrio (1985), o modelo multivariado leva a um menor número de diferenças significati-

vas, por adotar um critério mais rigoroso de rejeição da hipótese de nulidade, qual seja o de considerar um nível de significância conjunto. No modelo univariado, o nível de significância é tomado isoladamente, por análise, desconsiderando o nível conjunto de probabilidades relativo a todas as análises, que será tanto maior quanto maior for o número de variáveis.

A produção média de todas as variedades genitoras é de 13,01 g de grãos por planta, que corresponde a aproximadamente 4.300 kg/ha, tendo em vista o espaçamento (30 cm entre fileiras) e a densidade de plantas (10 plantas/metro de fileira) utilizados. Trata-se de uma produção média razoável, e estima a produtividade média da população delas derivada por intercruzamento numa situação de completa endogamia ($F = 1,00$) e na ausência de seleção de qualquer natureza (Mather & Jinks, 1984).

A variedade Nanicão apresenta arquitetura de planta tradicional, ou seja, porte alto, folhas longas e decumbentes, com presença de considerável auto-sombreamento em condições de cultivo comercial. As outras variedades, notadamente a CNA3887, CNA3815, CNA3848, UPR103-80-1-2, BG90-2 e IR36, são de porte médio, folhas eretas e menos longas, o

que caracteriza as denominadas variedades modernas de arroz, e que, em condições de maior densidade populacional, permitem aumentos significativos de produção de grãos (Jennings et al., 1979). Assim, o melhor desempenho relativo da Nanicão, apresentado na Tabela 2, deve ser atribuído ao fato de se estar considerando a produção de grãos por planta e não por área, em condições de cultivo apropriadas a cada variedade.

Os escores das três primeiras variáveis canônicas, relativas a cada genitor, são mostrados na Tabela 3. Observa-se que apenas as duas primeiras variáveis canônicas explicam cerca de 81,03% da variação total (59,17% relativa à primeira, e 21,86% relativa à segunda). Assim, uma descrição razoável da divergência genética dos genitores pode ser feita utilizando-se apenas essas duas variáveis (Cruz, 1987). Não é, contudo, desprezível, a importância da terceira variável, que responde por 11,11% da dispersão total, ou por 58,56% da variação restante (excluída a porção explicada pelas duas primeiras variáveis canônicas).

A Fig. 1 representa a dispersão gráfica no espaço bidimensional dos dez genitores em estudo, utilizando-se a primeira e a segunda variáveis canônicas.

TABELA 2. Médias dos caracteres avaliados nos 10 genitores: altura da planta (Alt), número de panículas por planta (NPan), comprimento da panícula (CPan), número de grãos por panícula (NGPan), peso de 100 grãos (P100), produção de grãos por planta (Prod), comprimento dos grãos (CG), largura dos grãos (LG), espessura dos grãos (EG) e número de dias para a floração média (Flor)¹.

Variedade	Alt (cm)	NPan (n ^o)	CPan (cm)	NGPan (n ^o)	P100 (g)	Prod (g)	CG (mm)	LG (mm)	EG (mm)	Flor (dias)
Nanicão	131,7a	5,5a	25,6a	130,8a	2,52bcd	17,9a	6,44b	2,54ab	1,79a	131,0a
CNA3887	82,5bc	7,9a	20,3bc	78,2bc	2,27cd	14,2a	6,59ab	2,15c	1,61a	126,5a
CNA3815	84,8bc	4,9a	23,6abc	121,2ab	2,31cd	13,9a	6,59ab	2,14c	1,68a	131,5a
CNA3848	76,9bc	6,7a	21,4abc	72,6c	2,15d	10,5a	6,27b	2,17bc	1,66a	125,0a
Eloni	86,0bc	4,5a	23,8abc	89,2abc	2,63abc	10,4a	7,12ab	2,24abc	1,68a	122,0ab
UPR103-80-1-2	82,6bc	6,2a	22,4abc	84,9bc	2,53abcd	13,0a	6,66ab	2,13c	1,75a	116,5ab
Colômbia 1	89,8bc	5,2a	23,1abc	94,8abc	2,93ab	14,6a	7,39a	2,17bc	1,85a	125,5a
BG90-2	88,6bc	5,4a	25,1ab	102,9abc	2,91ab	16,2a	6,64ab	2,60a	1,86a	125,7a
IR36	73,2c	8,4a	19,2c	63,3c	2,42cd	12,9a	6,62ab	2,16c	1,66a	118,0ab
CNA4840	93,9b	2,7a	22,3abc	78,8bc	3,00a	6,5a	6,94ab	2,48abc	1,81a	108,5b
CV (%)	3,09	14,90	3,06	6,96	2,64	15,27	2,02	3,84	2,26	1,92

¹ Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, em cada coluna, não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Roy.

Constata-se que a variedade Nanicão distancia-se nitidamente das demais, constituindo-se num grupo unitário bem característico. A classificação das nove variedades restantes em grupos distintos não parece ser imediata. Logicamente, a separação dessas variedades no gráfico é dependente da escala utilizada, o que evidencia um dos aspectos subjetivos desse tipo de análise da divergência genética, comentada por Cruz (1990).

O segundo maior grau de divergência, sugerido pela Fig. 1, é encontrado entre o grupo 2, 3, 4 e as variedades 7, 8 e 10, das quais a 7 e a 8 parecem ser as mais similares. Recorrendo-se, contudo, a uma análise tridimensional, percebe-se que, em relação à terceira variável canônica (Tabela 3), as variedades 5, 6 e 9 mostram-se semelhantes à 2 e à 4, enquanto a variedade 3 diverge delas de forma contrastante. Observa-se, também, que as variedades 8 e 10 distanciam-se da 7, em sentido oposto, reduzindo-se a similaridade dentro do grupo (7, 8 e 10).

A menor estimativa de D^2 (distância generalizada de Mahalanobis) envolvendo a Nanicão revelou-se superior à maior D^2 estimada entre os demais

genitores. Esse fato reforça os resultados obtidos pela análise por variáveis canônicas, quando se evidenciou que a Nanicão apresenta grande divergência em relação ao grupo restante. Ao efetuar o agrupamento pelos métodos de Tocher (Tabela 4) e do vizinho mais próximo (Fig. 2), dois grupos característicos foram obtidos: o primeiro, constituído apenas pela variedade Nanicão, e o segundo, pelas variedades restantes.

A Nanicão é variedade cultivada por pequenos agricultores de Minas Gerais e Espírito Santo, estando em que foi coletada, e apresenta arquitetura de variedade tradicional. Sua divergência genética em relação aos demais genitores, que são oriundos de programas de melhoramento relativamente recentes, é incontestável. Além disso, no método de agrupamento de Tocher, um indivíduo ainda não agrupado só é excluído de determinado grupo em formação, se sua distância média em relação a esse grupo não ultrapassar determinado valor preestabelecido, que geralmente é tomado como o maior elemento do conjunto das menores estimativas de distância envolvendo cada um dos indivíduos em agrupamento. Com a utilização desse critério, no presente estudo, a grande divergência da Nanicão em relação aos demais genitores não permite a separação desses últimos

TABELA 3. Escores dos genitores em relação às três primeiras variáveis canônicas obtidas na avaliação da divergência genética da população CNA-IRAT 4.

Genitor	Variável canônica		
	1ª	2ª	3ª
Nanicão	71,6	56,0	10,0
CNA3887	51,8	43,4	11,0
CNA3815	51,0	46,3	20,0
CNA3848	48,8	41,3	12,3
Eloni	43,8	51,9	13,3
UPR103-80-1-2	40,3	47,9	12,1
Colômbia 1	40,7	56,0	14,2
BG90-2	41,3	54,9	18,7
IR36	42,2	42,5	8,7
CNA4840	37,0	56,0	5,8
Variância	98,5	36,3	18,4
Variância (%) ¹	59,1	21,8	11,1
Var. acum. (%) ²	59,1	81,0	92,1

¹ Percentual em relação ao total de variação.

² Variância acumulada.

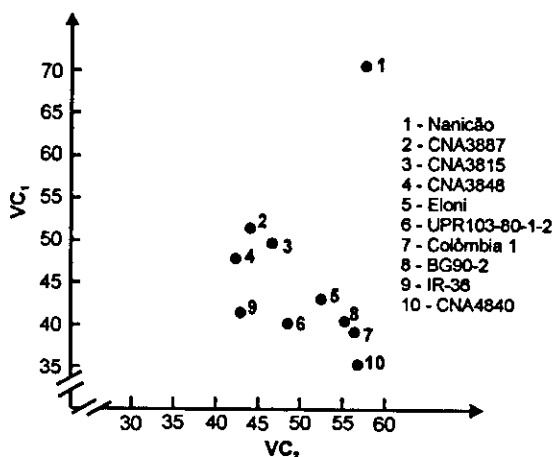


FIG. 1. Dispersão de escores das dez variedades parentais da população CNA-IRAT 4 em relação às duas primeiras variáveis canônicas (VC_1 e VC_2).

TABELA 4. Agrupamento dos genitores da população CNA-IRAT 4, utilizando-se a distância generalizada D^2 de Mahalanobis e o método de otimização de Tocher.

Grupo	Análise com a Nanicão
I	1. Nanicão
II	2. CNA3887, 3. CNA3815, 4. CNA3848, 5. Eloni, 6. UPR103-80-1-2, 7. Colômbia 1, 8. BG90-2, 9. IR36 e 10. CNA4840
Grupo	Análise sem a Nanicão
I	2. CNA3887, 4. CNA3848, 5. Eloni, 6. UPR103-80-1-2 e 9. IR36
II	3. CNA3815
III	7. Colômbia 1
IV	8. CNA4840
V	10. BG90-2

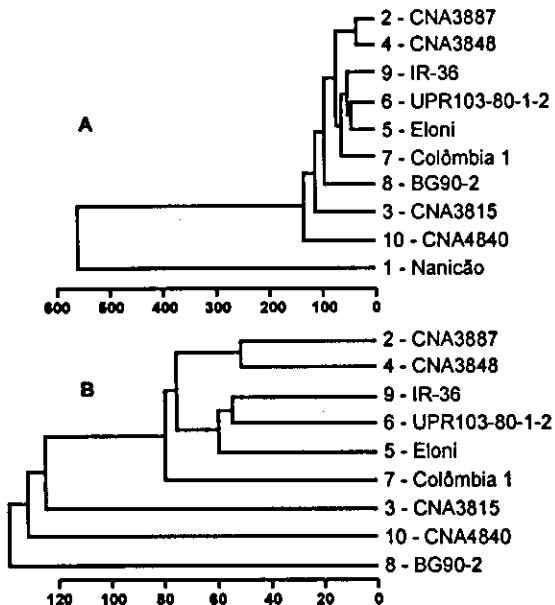


FIG. 2. Dendrograma representativo da divergência genética entre os genitores da população CNA-IRAT 4, obtida pela técnica do vizinho mais próximo, utilizando D^2 como medida de dissimilaridade.

em grupos distintos. Da mesma forma, métodos gráficos como o do vizinho mais próximo tornam-se ineficientes nesse caso, pois a capacidade de diferenciação do dendrograma depende da escala utilizada, que na Fig. 2 foi altamente reducionista, em função das grandes estimativas de D^2 envolvendo a Nanicão.

Diante do exposto, e para evitar a subjetividade da utilização de um valor limite arbitrário no método de Tocher, decidiu-se por refazer as análises, excluindo a variedade Nanicão. Tal providência permite ainda alterar, na estimação das medidas de dissimilaridade, as influências de características em relação às quais a Nanicão contrasta-se marcadamente do grupo restante, como é o caso de altura e número de grãos por panícula.

Excluída a Nanicão, os resultados dos agrupamentos obtidos pelos dois métodos adotados neste trabalho estão também apresentados na Tabela 4 e na Fig. 2. Nessas novas análises, o método de Tocher distinguiu cinco grupos entre os nove genitores: I - (2,4,5,6,9), II - (3), III - (7), IV - (8) e V - (10), o que confirma a tendência que se observou ao considerar a terceira variável canônica na discussão da dispersão da Fig. 1, qual seja, a de que as variedades 5, 6 e 9 aproximam-se da 2 e da 4, enquanto a variedade 3 distancia-se. Consta-se, ainda, que a variedade 7 diverge da 8 e torna-se ainda menos similar à variedade 10. Nova análise por variáveis canônicas foi também feita com a exclusão da Nanicão, mas, nesse caso, ocorreu redução da importância das duas primeiras variáveis canônicas, com conseqüente aumento da importância da terceira e quarta variáveis na explicação da diversidade dos genitores. Com isso, tornou-se menos efetiva a análise da divergência em apenas duas dimensões, razão pela qual nova dispersão dos escores das variedades em estudo, em relação às novas variáveis canônicas, não foi apresentada.

A Fig. 2, relativa ao método de agrupamento do vizinho mais próximo, mostra que, com a exclusão da variedade Nanicão, o maior acréscimo na distância intragrupo ocorreu quando se incluiu a variedade 3 no grupo 2, 4, 5, 6, 7, 9, o que indica que nesse ponto deve-se encerrar o processo de formação deste grupo, obtendo-se os grupos distintos de similaridades. Nesse caso, seriam formados quatro grupos: (2,

4, 5, 6, 7, 9), (3), (8) e (10), diferenciando-se dos resultados obtidos com o método de Tocher, que distinguiu a variedade 7 do grupo constituído por 2, 4, 5, 6 e 9.

A identificação dos caracteres que menos contribuíram para a divergência genética observada entre os genitores, por intermédio dos maiores coeficientes, em valor absoluto, a eles associados nas últimas variáveis canônicas, pode ser realizada na Tabela 5. Esse procedimento utiliza o princípio de que um caráter pode ser descartável se for mais importante para uma variável canônica, que não contribui ou que pouco contribui para a variação total. É discutível, no entanto, a validade de se descartar uma variável que pode ser também relevante para as primeiras variáveis canônicas, apenas porque o coeficiente de ponderação a ela associado na transformação das variáveis originais nas últimas variáveis canônicas classifica-se entre os maiores. É o caso, por exemplo, da produção de grãos e do número de panículas, que seriam, pela análise da Tabela 5, as duas primeiras características descartáveis. Na Tabela 6, vê-se que estão correlacionadas com o peso de 100 grãos ou com o número de dias para floração, duas variáveis consideradas não-descartáveis. Segundo Cruz (1990), Pan e Prod seriam variáveis redundantes, pois podem ser representadas por outras variáveis. Redun-

dantes, contudo, poderiam ser também classificadas as características comprimento (CGr), largura (LGr) e espessura de grãos (EGr), por estarem correlacionadas com peso de 100 grãos (não-descartável), mas CGr e LGr não seriam descartáveis, pelo procedimento em apreço, e parecem, por outro lado, não ser relevantes para as primeiras variáveis canônicas.

Na Tabela 7 está apresentada a forma de se identificar as contribuições relativas de cada caráter para a divergência observada. Consiste basicamente em fazer a partição do total de $D^2_{ii'}$ (considerando todos os possíveis pares entre indivíduos) nas partes devidas a cada caráter. Observa-se que relativamente aos 10 genitores, os caracteres altura de planta, floração, número de panículas por planta e peso de 100 grãos contribuem com quase 80% da distância total. Desses quatro caracteres, o número de panículas/planta e o peso de 100 grãos são fortemente interdependentes ou redundantes, e o primeiro mostrou-se mais invariante (Tabela 2), talvez por ser de avaliação menos precisa (maior coeficiente de variação experimental). Os três caracteres relativos à dimensão de grãos (comprimento, largura e espessura) apresentaram pequenas estimativas de S_v em relação ao total de $D^2_{ii'}$, não se revelando, por conseguinte, importante para a avaliação da divergência geral entre os genitores. Considerando os nove

TABELA 5. Coeficientes de ponderação das variáveis originais padronizadas para obtenção das variáveis canônicas (VC), variâncias acumuladas (Var. Ac., em percentual) explicadas pelas VC e indicação das variáveis descartáveis (Var. desc.). Análise com a Nanicão¹.

VC	Alt	NPan	CPan	NGPan	P100	Prod	CG	LG	EG	Flor	Var.Ac.
1*	1,45	1,46	-0,12	0,42	-0,56	-1,31	-0,21	0,08	-0,57	0,98	59,17
2*	0,37	-1,56	0,31	-0,64	0,46	1,52	0,40	0,10	-0,02	-0,03	81,03
3*	-0,85	-1,15	0,57	0,33	-0,04	1,54	-0,15	0,03	-0,02	0,45	92,14
4*	-0,29	-0,22	0,16	0,34	-0,37	-0,28	-0,67	0,79	0,48	-0,51	96,46
5*	0,04	0,08	0,07	-0,79	-0,01	0,65	-0,18	0,12	0,63	0,33	98,44
6*	-0,01	-0,54	-0,79	0,41	0,05	0,44	-0,32	-0,38	0,47	-0,09	99,19
7*	-0,09	1,64	-0,31	1,05	0,55	-1,64	0,02	0,46	-0,44	0,14	99,72
8*	0,02	-0,04	-0,28	-0,04	-0,02	-0,61	0,01	0,12	0,33	0,44	99,94
9*	-0,01	2,52	0,29	1,00	0,25	-2,75	0,14	0,00	0,36	0,09	100,00
10*	-0,08	-0,71	-0,19	-0,14	-0,65	0,87	0,52	0,56	0,33	-0,24	100,00
Var.desc.	-	2*	3*	4*	-	1*	-	5*	-	-	

¹ Alt: altura da planta; Npan: número de panículas por planta; Cpan: comprimento da panícula; NGPan: número de grãos por panícula; P100: peso de 100 grãos; Prod: produção de grãos por planta; CG: comprimento dos grãos; LG: largura dos grãos; EG: espessura dos grãos; Flor: número de dias para a floração média.

TABELA 6. Correlações genotípicas¹ entre os 10 caracteres dos genitores da população de arroz CNA-IRAT 4.

Caráter ²	Alt	Npan	CPan	NGPan	P100	Prod	CG	LG	EG	Flor
Alt		-0,40	0,70	0,74	0,25	0,45	-0,06	0,68	0,48	0,32
NPan	-0,92		-0,65	-0,41	-0,68	0,35	-0,48	-0,51	-0,61	0,29
CPan	0,70	-0,72		0,87	0,44	0,42	0,13	0,68	0,66	0,42
NGPan	0,50	-0,49	0,81		0,11	0,63	-0,07	0,45	0,40	0,68
P100	0,82	-0,69	0,55	0,20		-0,24	0,72	0,59	0,89	-0,43
Prod	0,23	0,47	0,19	0,43	-0,13		-0,24	0,18	0,21	0,83
CG	0,66	-0,52	0,36	0,19	0,74	-0,08		-0,08	0,43	-0,29
LG	0,63	-0,56	0,56	0,17	0,72	-0,15	0,09		0,71	-0,05
EG	0,73	-0,61	0,64	0,34	0,92	0,10	0,54	0,69		-0,13
Flor	-0,18	0,34	0,27	0,60	0,20	0,79	-0,19	-0,32	-0,25	

¹ Com a Nanicão acima da diagonal e sem a Nanicão abaixo da diagonal.

² Alt: altura da planta; Npan: número de panículas por planta; CPan: comprimento da panícula; NGPan: número de grãos por panícula; P100: peso de 100 grãos; Prod: produção de grãos por planta; CG: comprimento dos grãos; LG: largura dos grãos; EG: espessura dos grãos; Flor: número de dias para a floração média.

genitores restantes, após a exclusão da Nanicão, observa-se que pela Tabela 7 o caráter número de panículas por planta (Npan) mostra-se importante para a diferenciação entre os genitores. As estimativas de correlação genotípica da Tabela 6, contudo, sugerem que esse caráter pode ser razoavelmente representado por peso de 100 grãos, que, por sua vez, se revelou ainda mais importante para a avaliação da diversidade em estudo. Finalmente, pode-se considerar os caracteres altura, floração e peso de 100 grãos como os que respondem pela maior parte da divergência observada entre os dez genitores sob avaliação, e os demais caracteres podem ser representados por pelo menos um destes.

Embora existam alguns grupos de genitores bastante similares, principalmente (CNA3848, CNA3887), (IR36, UPR103-80-1-2) ou (IR36, UPR103-80-1-2, Eloni), observa-se, quando se considera o conjunto de todos os genitores, relativa abundância de diversidade genética entre eles, o que evidencia que a população deles derivada deve mostrar-se variável em relação a diversos caracteres. Em virtude da alta similaridade entre alguns genitores, já comentada, depreende-se que a população CNA-IRAT 4 não deveria ser significativamente diferente da que po-

TABELA 7. Contribuição relativa de cada caráter (S_v) para a divergência genética entre os progenitores da população de arroz CNA-IRAT 4.

Caráter ¹	Com a Nanicão		Sem a Nanicão	
	S _v	%	S _v	%
Alt	6565,4	43,2	265,1	3,7
NPan	1843,6	12,1	990,8	14,1
CPan	620,8	4,0	721,4	10,3
NGPan	548,4	3,6	530,3	7,5
P100	1371,0	9,0	1217,1	17,4
Prod	410,8	2,7	757,4	10,8
CG	837,8	5,5	430,5	6,1
LG	390,5	2,5	375,3	5,3
EG	332,8	2,1	399,2	5,7
Flor	2262,5	14,9	1307,9	18,7

¹ Alt: altura da planta; Npan: número de panículas por planta; CPan: comprimento da panícula; NGPan: número de grãos por panícula; P100: peso de 100 grãos; Prod: produção de grãos por planta; CG: comprimento dos grãos; LG: largura dos grãos; EG: espessura dos grãos; Flor: número de dias para a floração média.

deria ser obtida se se omitisse um dos genitores componentes de pares altamente similares. A exclusão

desses genitores não deveria provocar redução do potencial da população para fins de melhoramento. Ao contrário, tal exclusão poderia ser até benéfica, por reduzir a maior participação na população de um conjunto gênico similar e por permitir uma conseqüente ampliação da freqüência de genes oriundos das outras variedades componentes que se mostraram mais divergentes. Após a Nanicão, a BG90-2 e a CNA4840 se classificaram entre as mais divergentes. A BG90-2 é altamente produtiva e de reconhecida estabilidade de comportamento (Moraes et al., 1981), e só não foi recomendada para o plantio em vários estados brasileiros por ser deficiente quanto à aparência dos grãos beneficiados, que se apresentam com intensidade de manchas brancas em níveis superiores aos aceitos pelo mercado consumidor.

A CNA4840, embora seja a mais precoce, característica geralmente desejada pelos agricultores, é pouco produtiva, com baixa capacidade de perfilhamento. Talvez a escolha dessa variedade como uma possível fonte de precocidade não tenha sido conveniente. Existem variedades mais precoces (ou de ciclo semelhante) e mais produtivas do que a CNA 4840, como a BR-IRGA 409 e Lebonnett, que poderiam se comportar como bastante divergentes em relação aos demais genitores. A divergência de genitores deve ser conseguida sempre que possível entre variedades ou linhagens produtivas, pois, conforme Paterniani & Miranda Filho (1987), a média da população original constitui um parâmetro digno de atenção por ocasião da seleção dos parentais. Com esse cuidado, pode-se iniciar um programa de seleção em uma população que apresenta a média já relativamente mais elevada.

Em razão das consideráveis diferenças entre os genitores, no conjunto das dez características avaliadas, esses genitores deverão ser contrastantes em relação a vários loci (Mather & Jinks, 1984). Pelo intercruzamento e pelo posterior manejo da população, de forma a ensejar a operação dos processos que ampliam a variabilidade, entre os quais sobressai a recombinação genética (Stebbins, 1970; Ramalho et al., 1990), numerosos genótipos recombinantes surgirão. Esses genótipos poderão ser identificados, avaliados e utilizados como fontes de novas variedades ou como parentais dentro do processo contínuo de melhoramento.

CONCLUSÕES

1. Há considerável divergência genética entre os genitores da população CNA-IRAT 4, o que é indicativo da presença de variabilidade quanto às diversas características dessa população.

2. O método aglomerativo de Tocher fornece maior número de grupos de genitores, e evidencia, em relação à análise por variáveis canônicas e ao método hierárquico do vizinho mais próximo, maior grau de diversidade entre esses grupos.

3. As variedades genitoras da CNA-IRAT 4 mais divergentes são a Nanicão (maior porte) e a CNA4840 (menos produtiva, mais precoce e menos perfilhadora).

4. As características altura da planta, número de dias para a floração média e peso de 100 grãos respondem pela maior parte da divergência genética observada entre os dez genitores.

5. As dimensões dos grãos e número de grãos por panícula são as que menos contribuem para essa divergência.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.
- ARUNACHALAM, V. Genetic distance in plant breeding. **The Indian Journal of Genetics & Plant Breeding**, New Delhi, v.41, p.226-234, 1981.
- CRUZ, C.D. **Algumas técnicas de análise multivariada no melhoramento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 75p.
- CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 188p. Tese de Doutorado.
- DEMÉTRIO, C.G.B. **Análise multidimensional para dados de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 144p. Tese de Doutorado.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia, GO). **Manual de métodos de pesquisa em arroz**. Goiânia, 1977. 106p.
- GOODMAN, M.M. The races of maize. II. Use of multivariate analysis of variance to measure

- morphological similarity. *Crop Science*, Madison, v.8, p.693-698, 1968.
- JENNINGS, P.R.; COFFMAN, W.R.; KAUFFMAN, H.E. *Rice improvement*. Los Baños: International Rice Research Institute, 1979. 186p.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. *Applied multivariate statistical analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982. 594p.
- JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I. Artificial data. *Applied Statistics*, London, v.21, p.160-173, 1972.
- JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. II. Real data. *Applied Statistics*, London, v.22, p.21-31, 1973.
- MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. *Multivariate analysis*. London: Academic Press, 1979. 512p.
- MATHER, K.; JINKS, J.L. *Introdução à genética biométrica*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242p.
- MIRANDA FILHO, J.B. *Cruzamentos dialélicos e síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.), com ênfase na produtividade e no porte da planta*. Piracicaba: ESALQ, 1974. 116p. Tese de Doutorado.
- MORAIS, O.P.; SILVA, J.C.; VIEIRA, C.; SOARES, P.C.; GALVÃO, J.D. Adaptabilidade e estabilidade de comportamento de variedades e linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado em Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.28, p.150-158, 1981.
- MORRISON, D.F. *Multivariate statistical methods*. Tokio: McGraw-Hill, 1976. 415p.
- PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Melhoria de populações. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.217-274.
- PEREIRA, A.V. *Utilização de análise multivariada na caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)*. Piracicaba: ESALQ, 1989. 180p. Tese de Doutorado.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 11.ed. Piracicaba: Nobel, 1985. 466p.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; PINTO, C.A.B.P. *Genética na agropecuária*. São Paulo: Globo, 1990. 359p.
- RAO, R.C. *Advanced statistical methods in biometric research*. New York: John Wiley, 1952. 390p.
- RIBOLDI, J. *Análise de agrupamento "cluster analysis" e suas aplicações*. Piracicaba: ESALQ, 1986. 33p.
- SCHEFFÉ, H. A method for judging all contrasts in the analysis of variance. *Biometrika*, v.40, p.87-104, 1953.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetics & Plant Breeding*, New Delhi, v.41, p.237-245, 1981.
- SNEATH, P.H.; SOKAL, R.R. *Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification*. San Francisco: W.H. Freeman, 1973. 513p.
- STEBBINS, G.L. *Processos de evolução orgânica*. São Paulo: Polígono/Universidade de São Paulo, 1970. 255p.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.135-214.