

EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)
EM VÁRZEA, COM E SEM IRRIGAÇÃO CONTROLADA

PAULO HIDEO NAKANO RANGEL
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof.Dr. Roland Vencovsky

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas

PIRACICABA

ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

MAIO - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

R196e Rangel, Paulo Hideo Nakano
Eficiência da seleção simultânea de arroz
(Oryza sativa L.) em várzea, com e sem irrigação
controlada. Piracicaba, 1990.
128p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Arroz - Genética - Ganho 2. Arroz - Melhora-
mento 3. Arroz - Seleção I. Escola Superior de Agri-
cultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDI 633.18

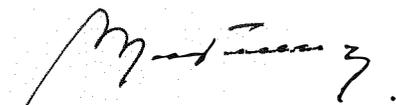
EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)
EM VÁRZEA, COM E SEM IRRIGAÇÃO CONTROLADA

PAULO HIDEO NAKANO RANGEL

Aprovado em 22.06.1990

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Roland Vencovsky	ESALQ/USP
Prof. Dr. Akihiko Ando	ESALQ/USP
Prof. Dr. José Dias Costa	ESALQ/USP
Dr. Emílio da Maia de Castro	CNPAF / EMBRAPA
Dr. Francisco José P. Zimmermann	CNPAF / EMBRAPA


Prof. Dr. Roland Vencovsky

- Orientador -

A todos aqueles, que fazem
da pesquisa o seu objetivo
de vida,

OFEREÇO

À minha esposa, *Lúcia*

Às minhas filhas, *Patrícia*

e *Priscila*,

Aos meus pais, *Elidio*

e *Ivana*,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, que possibilitaram a realização do curso.

Ao Professor Dr. Roland Vencovsky, pela orientação eficiente, pela amizade e pelos ensinamentos, fundamentais para a nossa formação profissional.

Aos Professores do Departamento de Genética, da ESALQ/USP, pela acolhida e pelos valiosos ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Dr. Emilio da Maia Castro, ex-Chefe do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF, pelo apoio e pelas facilidades concedidas durante a condução dos experimentos.

Ao colega Reinaldo de Paula Ferreira, pela amizade e companheirismo e pelo valioso auxílio na condução dos experimentos.

Ao Sr. Sebastião Augusto Ferreira e aos demais funcionários do Laboratório de Melhoramento e do Campo Experimental da Fazenda Palmital do CNPAF, pela inestimável colaboração na realização deste trabalho.

Ao Professor Cosme Damião Cruz (UFV), pela amizade e auxílio na realização das análises estatístico-genéticas.

Aos colegas do curso, pelo companheirismo.

Aos colegas Francisco Zimmermann e Emílio da Maia Castro, pelas sugestões e leitura do texto.

À Sra. Carmen M.S.F. Pilotto, Secretária do Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela presteza e eficiência com que sempre nos atendeu.

À Bibliotecária Elise Schag do CNPAF/EMBRAPA, pela presteza com que atendeu nossos pedidos de comutação bibliográfica.

As Sras. Terezinha J.L. Barrete e Elisa S. Peron, pela atenção e serviços de datilografia.

Ao Dr. Almiro Blumenschein, ex Chefe do CNPAF/EMBRAPA por ter acreditado no nosso desempenho técnico.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	<i>vii</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>xiii</i>
RESUMO	<i>xv</i>
SUMMARY	<i>xvii</i>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Características dos sistemas de cultivo	23
3.2. Obtenção do material experimental	24
3.3. Instalação e condução dos ensaios	31
3.4. Coleta de dados	32
3.5. Análises estatístico-genéticas	33
3.5.1. Análises de variância	34
3.5.2. Decomposição da interação tratamentos x am- bientes	40
3.5.3. Seleção e progresso esperado	42
3.5.4. Correlações intraclasses e entre ambientes	47
3.5.5. Coeficiente de concordância	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. Avaliação geral das linhagens	50
4.2. Análise de variância	65
4.3. Estimativas dos componentes de variância, dos coe- ficientes de variação genética e dos índices de variação	75

	Página
4.4. Decomposição da interação linhagens x ambientes	81
4.5. Progressos esperados por seleção,.....	83
4.6. Correlações intraclassas e entre ambientes, e coeficiente de concordância,.....	89
4.7. Outros caracteres,.....	97
4.8. Algumas sugestões para o Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado do CNPAF/EMBRAPA	105
5. CONCLUSÕES,.....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS,.....	111
APÊNDICES,.....	126

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Genealogia e numero de origem das linhagens F ₆ oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1	25
2	Genealogia e número de origem das linhagens F ₆ oriundas do cruzamento 17388//7153/5738	28
3	Esquema da análise individual de variância do látice triplo duplicado 9 x 9, com 40 linhagens de várzea, 39 linhagens de arroz irrigado e duas testemunhas	34
4	Esquemas das análises individuais de variâncias com as médias dos tratamentos ajustadas, mostrando o desdobramento das somas de quadrados de tratamentos para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738 por ambiente, com as respectivas esperanças dos quadrados médios	36
5	Esquema da análise de variância conjunta por cruzamento dos látices triplos 9 x 9, com as médias dos tratamentos ajustadas envolvendo os ambientes várzea úmida e irrigado, mostrando os desdobramentos das somas de quadrados de tratamentos e da interação tratamentos x ambientes, com as respectivas esperanças do quadrado médio	39

Tabela nº		Página
6	Médias ajustadas da produção de grãos das linhagens de várzea e irrigado, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1, nos ambientes várzea úmida e irrigado, corrigidas para umidade de 13%	51
7	Médias ajustadas da produção de grãos das linhagens de várzea e irrigado oriundas do cruzamento 17388//7153/5738, nos ambientes várzea úmida e irrigado, corrigidas para umidade de 13%	55
8	Médias ajustadas da produção de grãos das 40% melhores linhagens de arroz irrigado e de várzea, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1 selecionadas nos ambientes várzea úmida e irrigado, corrigidas para umidade de 13%	59
9	Médias ajustadas da produção de grãos das 40% melhores linhagens de arroz irrigado e de várzea, oriundas do cruzamento 17388//7153/5738, nos ambientes várzea úmida e irrigado, corrigidas para umidade de 13%	61
10	Médias ajustadas da produção de grãos das 40% melhores linhagens de arroz irrigado e de várzea, oriundas dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, selecionadas com base na média dos dois ambientes, corrigidas para umidade de 13%	63

Tabela nº

Página

11	Análises individuais de variância para o caráter produção de grãos em kg/3,6m ² de 40 linhagens de arroz de várzea e 39 linhagens de arroz irrigado, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1 e duas testemunhas, nos ambientes várzea úmida e irrigado	66
12	Análises individuais de variância para o caráter produção de grãos em kg/3,6m ² de 40 linhagens de arroz de várzea e 39 linhagens de arroz irrigado, oriundas do cruzamento 17388//7153/5738 e duas testemunhas, nos ambientes várzea úmida e irrigado	67
13	Análises individuais de variância feitas com as médias dos tratamentos ajustadas, mostrando o desdobramento dos quadrados médios de tratamentos com as respectivas esperanças, dos experimentos conduzidos em várzea úmida, para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738. Produção de grãos em kg/3,6m ²	69
14	Análises individuais de variância feitas com as médias dos tratamentos ajustadas, mostrando o desdobramento dos quadrados médios de tratamentos com as suas respectivas esperanças, dos experimentos conduzidos em irrigado, para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738. Produção de grãos em kg/3,6m ²	70

- 15 Análise de variância conjunta dos látices 9 x 9, feita com as médias dos tratamentos ajustadas, envolvendo os dois ambientes para o cruzamento Cica 8/Metica 1, com o desdobramento dos quadrados médios de tratamentos e da interação tratamentos x ambientes, com as suas respectivas esperanças. Produção de grãos em kg/3,6m² 72
- 16 Análise de variância conjunta dos látices 9 x 9, feita com as médias dos tratamentos ajustadas, envolvendo os dois ambientes para o cruzamento 17388//7153/5738, com os desdobramentos dos quadrados médios de tratamentos e da interação tratamentos x ambientes, com as suas respectivas esperanças. Produção de grãos em kg/3,6m² 73
- 17 Estimativas das variâncias genéticas para as linhagens de arroz irrigado ($\hat{\sigma}_{LI}^2$) e de várzea ($\hat{\sigma}_{LV}^2$) e do erro efetivo ($\hat{\sigma}_e^2$), e dos coeficientes de variação genética e índice de variação para as linhagens de arroz irrigado ($\hat{C}V_{gLI}\%$ e \hat{b}_{LI}) e de várzea ($\hat{C}V_{gLV}\%$ e \hat{b}_{LV}) por cruzamento e por ambiente para a produção de grãos em kg/3,6m² 76
- 18 Estimativas das variâncias genéticas das linhagens de várzea ($\hat{\sigma}_{LV}^2$) e de arroz irrigado ($\hat{\sigma}_{LI}^2$), das interações linhagens de várzea x ambientes ($\hat{\sigma}_{LVA}^2$) e linhagens de arroz irrigado x ambientes ($\hat{\sigma}_{LIA}^2$) e dos erros efetivos ($\hat{\sigma}^2$), e dos coeficientes de variação genética e índices de variação para as linhagens de arroz irrigado ($\hat{C}V_{gLI}\%$ e \hat{b}_{LI}) e várzea ($\hat{C}V_{gLV}\%$ e \hat{b}_{LV}), por cruzamento, envolvendo os dois ambientes. Produção de grãos em kg/3,6m² 80

19	Progressos esperados em $\text{kg}/3,6\text{m}^2$ e em porcentagem da média, origem das linhagens, avaliação final e seleção e resposta à seleção para as linhagens de arroz irrigado e de várzea oriundas dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738	84
20	Estimativas das correlações intraclasse para as linhagens de arroz em geral (r_{LL}), de várzea (r_{LVLV}) e de arroz irrigado (r_{LILLI}) nos ambientes várzea úmida (1) e irrigado (2), e correlações entre ambientes para as linhagens de arroz irrigado (r_{LILLI2}) e de várzea (r_{LVLLV2}), dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738. Produção de grãos em $\text{kg}/3,6\text{m}^2$	90
21	Médias e desvios da média das linhagens de arroz irrigado e de várzea e geral, nos ambientes várzea úmida e irrigado, para os caracteres número de panículas/ m^2 (PAN), número de espiguetas/panícula (ESP), porcentagem de grãos cheios/panícula (%GC) e peso de 1000 grãos (P1000). Cruzamento Cica 8/Metica 1	98
22	Médias e desvios da média das linhagens de arroz irrigado e de várzea e geral, nos ambientes várzea úmida e irrigado, para os caracteres número de panículas/ m^2 (PAN), número de espiguetas/panícula (ESP), porcentagem de grãos cheios/panícula (%GC) e peso de 1000 grãos (P1000). Cruzamento 17388//7153/5738	99

Tabela nº		Página
23	Médias e desvios da média das linhagens de arroz irrigado e de várzea e geral, nos ambientes várzea úmida e irrigado, para as doenças brusone na panícula (BP), mancha nos grãos (MG), mancha parda nas folhas (MP) e escaldadura das folhas (EF). Cruzamento Cica 8/Metica 1	102
24	Médias e desvios da média das linhagens de arroz irrigado e de várzea e geral, nos ambientes várzea úmida e irrigado, para as doenças brusone nas panículas (BP), mancha nos grãos (MG), mancha parda nas folhas (MP) e escaldadura das folhas (EF). Cruzamento 17388/7153/5738	103

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Produção de grãos em kg/3,6m ² e porcentagem de redução da produção de um ambiente em relação ao outro, para as linhagens em comum de várzea, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1, selecionadas no ambiente várzea úmida (LV = produções médias das linhagens de várzea; coeficiente de concordância = 62,5%)	93
2	Produção de grãos em kg/3,6m ² e porcentagem de redução da produção de um ambiente em relação ao outro, para as linhagens em comum de arroz irrigado, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1, selecionadas no ambiente irrigado (LI = produções médias das linhagens de arroz irrigado; coeficiente de concordância = 62,5%)	94
3	Produção de grãos em kg/3,6m ² e porcentagem de redução da produção de um ambiente em relação ao outro, para as linhagens em comum de várzea, oriundas do cruzamento 17388//7153/5738, selecionadas no ambiente várzea úmida (LV = produções médias das linhagens de várzea; coeficiente de concordância = 50,0%)	95
4	Produção de grãos em kg/3,6m ² e porcentagem de redução da produção de um ambiente em relação ao outro, para as linhagens em comum de arroz irrigado, oriundas do cruzamento 17388//7153/5738, selecionadas no ambiente irrigado (LI = produções médias das linhagens de arroz irrigado; coeficiente de concordância = 56,2%)	96

Figura nº		Página
5	Distribuição de linhagens de arroz irrigado do IRGA/CPATB e CNPAF em relação a brusone nas panículas em condições de várzea úmida - 1988/89	104
6	Proposta de esquema básico de melhoramento genético de arroz irrigado do CNPAF/EMBRAPA	106

EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)
EM VÁRZEA, COM E SEM IRRIGAÇÃO CONTROLADA

Autor: Paulo Hideo Nakano Rangel

Orientador: Prof.Dr. Roland Vencovsky

RESUMO

Estimaram-se os componentes da variância dos efeitos principais e das interações genótipos x ambientes, os progressos esperados por seleção direta e indireta, as correlações intraclasses e entre ambientes e, o coeficiente de concordância entre as linhagens selecionadas nos dois ambientes, da produção de grãos em kg/3,6m². Visou-se dar alguns subsídios que possibilitem ajudar no redirecionamento dos programas de melhoramento genético de arroz irrigado e de várzea úmida conduzidos pela EMBRAPA/CNPAF, e avaliar a possibilidade de selecionar linhagens adaptadas aos dois sistemas de cultivo.

Utilizaram-se linhagens de arroz irrigado e de várzea oriundas dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, obtidas independentemente em cada um dos sistemas de cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida, respectivamente, e avaliadas nos dois ambientes. Cada ensaio foi constituído de 39 linhagens de arroz irrigado e 40 de várzea, por cruzamento, mais duas testemunhas (Cica 8 e Metica 1). Os delineamentos experimentais utilizados foram quatro látices triplos 9 x 9, com parcelas de 3,6m² de área total.

As interações genótipos x ambientes, apesar de altamente significativas, foram de baixas magnitudes quando comparadas com as

variâncias genéticas entre linhagens.

Os ganhos genéticos (assumindo-se uma pressão de seleção de 40%) nas linhagens de várzea, com seleção e resposta no ambiente irrigado ($G_{SLV2/2} = 6,80\%$ e $8,00\%$) foram superiores aos ganhos genéticos nas linhagens de irrigado, com seleção e resposta no ambiente várzea úmida ($G_{SLI1/1} = 5,37\%$ e $6,90\%$), para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, respectivamente. Considerando-se a média dos dois cruzamentos, o ganho genético direto no ambiente várzea úmida ($G_{S1/1} = 7,14\%$) foi superior ao valor do $G_{SLI1/1} = 6,09\%$, enquanto que o ganho direto no ambiente irrigado ($G_{S2/2} = 6,17\%$) foi inferior ao valor do $G_{SLV2/2} = 7,36\%$.

As correlações entre ambientes bem como os coeficientes de concordância para as linhagens de várzea dos dois cruzamentos, foram de elevadas magnitudes (valores acima de 0,50).

A superioridade dos ganhos genéticos nas linhagens de várzea, juntamente com os altos valores para as correlações entre ambientes e coeficientes de concordância, indicam ser perfeitamente viável o desenvolvimento de um programa de melhoramento genético de arroz irrigado, com as seleções iniciais (até F_5) somente em várzea úmida, e as avaliações e seleções finais nos dois sistemas de cultivo, independentemente.

EFFICIENCY OF SIMULTANEOUS SELECTION IN RAINFED LOWLAND
RICE (*Oryza sativa* L.) WITH AND WITHOUT
CONTROLLED IRRIGATION

Author: Paulo Hideo Nakano Rangel

Adviser: Prof.Dr. Roland Vencovsky

SUMMARY

Main effects and genotype x environment interaction componentes of variance were estimated, as well as the expected gains for indirect and for direct selection, the intraclass and between environments correlations, the concordance coefficient for grain production in kg per 3.6m², aiming to help in the orientation of breeding programmes of irrigated and rainfed lowland rice which are conducted by EMBRAPA/CNPAP, and to evaluate the possibility of selecting lines adapted to both cultivation systems.

Irrigated and rainfed lowland rice lines from Cica 8/Metica 1 and 17388//7153/5738 crosses, were independently obtained in the corresponding cultivation system, and evaluated in both systems. Each experiment included 40 "lowland lines" and 39 "irrigated lines", per cross, plus two checks, Cica 8 and Metica 1. Four triple 9 x 9 square lattices were used, with 3,6m² plots.

The genotype x environment interactions, although highly significant, were low in size when compared with the genetic variances among lines.

The genetic gains (assuming a selection intensity of 40%) in rainfed lowland lines, with selection and response in irrigated environment ($G_{SLV2/2} = 6,80\%$ and $8,00\%$) were superior to the genetic gains in irrigated lines, with selection and response in rainfed lowland environment ($G_{SLI1/1} = 5,37\%$ and $6,90\%$), for the crosses Cica 8/Metica 1 and 17388//7153/5738, respectively. Considering the mean of the two crosses, the direct genetic gain in rainfed lowland environment ($G_{S1/1} = 7,14\%$) was superior to $G_{SLI1/1} = 6,09\%$, while the direct genetic gain in irrigated environment ($G_{S2/2} = 6,17\%$) was lower than $G_{SLV2/2} = 7,36\%$.

Genetic correlations between environments and the concordance coefficients for the rainfed lowland lines of the two crosses were of high magnitude (higher than 0.50).

The superiority of genetic gains in rainfed lowland lines, and high values of the correlations between environments and the concordance coefficients suggest that it is perfectly viable to develop a program of rice breeding with first selections (until F_5) being made in rainfed lowland and evaluations, and final selection in both environments, independently.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é atualmente uma das principais fontes de alimento do mundo. Existem duas espécies cultivadas de arroz: *Oryza sativa* L. ($2n = 24, AA$), que é o arroz asiático e *Oryza glaberrima* Stend. ($2n=24, A^8A^8$) que é o arroz africano. Quase todos os cultivares de arroz do mundo são oriundos de *Oryza sativa* L., que é também a espécie cultivada no Brasil. Esta espécie possui três raças ecogeográficas: a Indica que é a raça de clima tropical, a Japônica que é a raça de clima temperado e a Javânica que acredita-se ter se desenvolvido na Indonésia, e é intermediária entre o arroz Indica e Japônica (MCKENZIE *et alii*, 1987).

No Brasil, o arroz é cultivado em todo o território nacional e ocupa posição de destaque do ponto de vista econômico e social, dentre as culturas anuais. Atualmente o arroz é cultivado em uma área de cerca de seis milhões de hectares, com uma produção anual em torno de 11 milhões de toneladas. É um dos alimentos básicos da população brasileira, sendo sua principal fonte energética e de proteína, estando seu consumo "per capita" ao redor de 75 kg/habitante/ano do produto em casca (TEIXEIRA, 1987).

O melhoramento do arroz tem experimentado avanços pronunciados, nos anos recentes, principalmente após o descobrimento da importância e utilidade das variedades chinesas semi-anãs. Estas variedades são portadoras de um gene maior recessivo para porte baixo. A principal vantagem destas variedades é que o seu nanismo não afeta as panículas nem as espiguetas, além de estar ligado a características desejáveis, como: resistência ao acamamento, folhas eretas, alto perfilhamento, alta resposta aos fertilizantes nitrogenados e alta produção de grãos. Com o advento destas variedades modernas houve uma mudança radical não só na filosofia do melhoramento genético, como também a nível de agricultores, que passaram a utilizar alta tecnologia no cultivo do arroz. Segundo Carnahan *et alii*¹, citados por MCKENZIE *et alii* (1987), a adoção pelos agricultores da Califórnia dos cultivares semi-anões juntamente com melhores práticas culturais, ocasionaram substanciais aumentos na produção de grãos. A produção média de 1967 a 1969, antes da intensificação do programa de melhoramento genético era de 5880 kg/ha. De 1984 a 1986, a produção média passou para 8260 kg/ha, sendo que 60% deste aumento foram devidos ao uso de cultivares melhorados.

No Rio Grande do Sul, segundo CARMONA (1989), a substituição dos cultivares antigos pelos modernos de alta capacidade de produção, ocasionaram um acréscimo médio de 15% na produção. Em Santa Catarina, de acordo com ISHIY (1985), houve um aumento de 66% como consequência

¹ CARNAHAN, H.L.; JOHNSON, C.W.; TSENG, S.T.; OSTER, J.J. Objectives, methods and progress in developing improved California rice varieties. *In: RICE TECH. WRKG. GRP.*, 19., Arkansas, 1982. *Proceedings*. Texas, Texas Agr. Exp. Sta., 1982. p.19-20.

do uso dos cultivares de alta produção e melhores práticas culturais.

Um dos principais problemas no melhoramento de plantas, é fazer avaliações comparativas dos cultivares, uma vez que o comportamento dos mesmos oscila de ambiente para ambiente. O reconhecimento de indivíduos genotipicamente superiores, em ambientes de condições climáticas semelhantes, é relativamente fácil, muito embora encontra-se resultados significativos para a interação genótipos x locais, mesmo dentro de uma pequena região geográfica.

O conhecimento da magnitude da interação genótipos x ambientes, propicia ao melhorista escolher genótipos de ampla adaptação, ou de adaptação restrita a ambientes específicos. Entretanto, a escolha de genótipos específicos para ambientes especiais, acarretaria em subdividir extensas áreas e, conseqüentemente, a elaboração de programas de melhoramento para cada subdivisão, além de haver grande dispêndio de recursos humanos, genéticos e financeiros.

Por outro lado, é importante enfatizar segundo ALLARD & BRADSHAW (1964) que a estabilidade com que o melhorista geralmente está preocupado, não implica em constância geral do fenótipo em ambientes variáveis. A estabilidade implica em que alguns aspectos do fenótipo, especialmente a produção e a qualidade que são de importância econômica, permaneçam estáveis. Assim, uma baixa interação genótipos x ambientes para esses caracteres torna interessante ao melhorista, desde que haja um retorno econômico alto e estável, e que seja indiferente a ano ou local, tendo desta forma um certo grau de suporte às flutuações transitórias do ambiente.

No Brasil, o arroz é cultivado em quatro sistemas principais: a) sistema 1, arroz inundado com irrigação controlada (irrigado); b) sistema 2, arroz de várzea úmida sem irrigação controlada; c) sistema 3, arroz de sequeiro desfavorecido; d) sistema 4, arroz de sequeiro favorecido. Para cada um desses sistemas, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) através do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) desenvolve programas de melhoramento de arroz independentemente.

Os sistemas de cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida apesar de apresentarem particularidades próprias, possuem pontos de convergências, sendo que o principal deles é a quase inexistência de estresse hídrico. Isto tem concorrido para que linhagens selecionadas em um determinado sistema tenham um comportamento satisfatório no outro e vice-versa. Tanto para o arroz irrigado como para o de várzea úmida, os programas de melhoramento genético adotam o esquema de seleção e avaliação das linhagens promissoras, para as duas condições de cultivo, em separado, desde as gerações segregantes até os ensaios finais de competição, dos quais surgem os novos cultivares.

Assim, uma das possibilidades de reduzir os custos operacionais destes programas, seria através da seleção preliminar em apenas um dos sistemas de cultivo, de genótipos que sejam adaptados tanto para as condições de arroz irrigado quanto para várzea úmida.

Este trabalho teve como objetivos:

a) avaliar, através da resposta simultânea à seleção, a possibilidade de selecionar linhagens adaptadas aos dois sistemas de cultivo;

b) obter subsídios técnicos que possibilitassem ajudar no redirecionamento dos programas de melhoramento genético de arroz irrigado e de várzea úmida conduzidos pela EMBRAPA/CNPAF.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Há um consenso geral entre os melhoristas de plantas de que a interação genótipos x ambientes tem um papel de fundamental importância no melhoramento de genótipos de ampla adaptação. Tais interações têm como um dos efeitos reduzir a correspondência entre o fenótipo e o genótipo, fazendo com que as inferências sobre eles tornem-se complexas. Consequentemente, os melhoristas tentam estimar a magnitude das variâncias atribuíveis a estas interações, e utilizam tais estimativas no planejamento dos seus programas de melhoramento.

Segundo ALLARD & BRADSHAW (1964) e FEHR (1987) as variáveis ambientais podem ser classificadas em previsíveis e imprevisíveis. As variáveis previsíveis são aquelas que ocorrem de uma maneira sistemática, como características gerais do clima e tipo de solo, ou estão sob controle do homem, como data de plantio, densidade de semeadura, métodos de colheita e outras práticas agronômicas. As variáveis imprevisíveis são aquelas que flutuam inconsistentemente, tais como precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa.

O comportamento relativo dos genótipos entre os ambientes é que determina a importância da interação. A interação genótipos x ambientes pode ocorrer de duas maneiras: 1) quando as diferenças entre os genótipos alteram-se de um ambiente para outro, mas não há alteração na classificação dos mesmos nos dois ambientes, e 2) quando a classificação entre os genótipos varia de ambiente para ambiente. O segundo tipo de interação é o mais importante para o melhoramento de plantas (ALLARD & BRADSHAW, 1964; HILL, 1975 e FEHR, 1987).

COMSTOCK & MOLL (1963) afirmam que: por serem as inferências genéticas feitas através de observações do fenótipo, por ser a seleção baseada no fenótipo e por existir uma contribuição dos efeitos da interação genótipos x ambientes no fenótipo sobre todos caracteres quantitativos, a interação está de alguma maneira envolvida na maioria dos problemas da genética quantitativa e do melhoramento de plantas.

De acordo com COMSTOCK & MOLL (1963), dependendo do tipo de dados empregados, a interação genótipos x ambientes pode provocar estimativas tendenciosas da variância genética. Assim, uma superestimação da variância genética pode levar ao investimento de tempo e esforço não justificado pelo real potencial para o melhoramento do estoque genético utilizado. Programas de melhoramento seguros, podem também ser abandonados prematuramente devido a resultados relativamente desanimadores, por estarem baseados em estimativas erradas da variância genética. Portanto, progressos genéticos obtidos com estimativas tendenciosas da variância genética, podem levar inevitavelmente, à discrepância entre o ganho de seleção realizado e o esperado.

Algumas análises da interação genótipos x ambientes não são baseadas em experimentos especificamente delineados para avaliar a importância das interações com locais e anos. Em vez disto, os melhoristas utilizam dados experimentais de cultivares e linhagens, que são testadas em vários locais e anos como parte de um programa normal de avaliação. Tal procedimento pode levar à obtenção de estimativas tendenciosas da interação genótipos x ambientes, prejudicando o melhorista na sua tomada de decisão (FEHR, 1987).

De acordo com FEHR (1987), as interações genótipos x ambientes são de interesse para os melhoristas, por várias razões: 1) o desenvolvimento de cultivares para ambientes específicos é determinado pelo entendimento da interação dos genótipos com variáveis ambientais previsíveis; 2) a obtenção de cultivares de ampla adaptação requer o entendimento da interação genótipos x locais. A magnitude desta interação pode determinar a divisão de uma grande área geográfica em sub-áreas; 3) a alocação efetiva de recursos para avaliação de genótipos entre locais e anos, é baseada na importância relativa das interações genótipos x locais, genótipos x anos e genótipos x locais x anos; e 4) a resposta dos genótipos a níveis variáveis de produtividade entre ambientes proporciona o entendimento da estabilidade destes materiais.

A interação pode ser avaliada e testada, segundo VENCOSKY (1987), de três maneiras: 1) através de uma análise conjunta de vários ensaios; 2) fazendo-se um zoneamento agrícola. Este estudo requer ensaios em locais e anos representativos, e nele procura-se descobrir grupos de localidades dentro dos quais a interação é minimizada, mas maximizada entre agrupamentos; e 3) estudando-se a estabilidade dos cultivares.

A estratificação de ambientes tem sido proposta por EBERHART & RUSSELL (1966) como uma medida efetiva para reduzir a interação genótipos x ambientes. Desta maneira, a região para a qual o melhorista está desenvolvendo novas variedades é dividida em sub-regiões homogêneas. Entretanto, os autores consideram que mesmo com o refinamento da técnica, a interação de genótipos com locais dentro de uma sub-região em anos diferentes é imprevisível e, frequentemente, tende a ser significativa. Portanto, segundo ALLARD & BRADSHAW (1964), mesmo que o objetivo do melhoramento de plantas seja desenvolver variedades com adaptação a um ambiente especial previsível, ela terá que ser capaz também de resistir às variações ambientais transitórias imprevisíveis.

De acordo com ALLARD & BRADSHAW (1964), uma variedade pode mostrar estabilidade de duas maneiras. Primeira, a variedade pode ser constituída de vários genótipos, cada um adaptado a uma diferente faixa de ambiente, é a homeostase populacional. A segunda maneira é vista como uma consequência da reação estabilizadora dos indivíduos de per se, de modo que cada membro da população adapta-se a diversos ambientes, é a homeostase individual. Desta maneira, populações de base genética estreita são mais dependentes da homeostase individual para preservar seus caracteres, porém, em populações de ampla base genética ambos os tipos de homeostase estão presentes.

A estabilidade de produção, que pode ser definida como a capacidade que tem o genótipo de evitar substanciais flutuações na produção, em uma amplitude de ambientes, é um dos principais objetivos do melhoramento em várias culturas. Em arroz, GOUD *et alii* (1969) avaliaram 25 linhagens em três diferentes ambientes, visando estudar a capacidade

adaptativa, os componentes de variância e outros parâmetros genéticos influenciados pelo ambiente. Das linhagens avaliadas, algumas apresentaram altas produções com baixos desvios padrões indicando alta estabilidade a uma larga faixa de ambientes. Isto, segundo os autores, mostra que se pode conduzir programas de melhoramento enfatizando o desenvolvimento de variedades com ampla adaptação. Resultados semelhantes foram obtidos por MATSO & INNAMI (1979) e MAHAJAN *et alii* (1981), também com arroz.

HEINRICH *et alii* (1983) avaliaram seis híbridos (três instáveis e três estáveis) de sorgo granífero, em 14 ambientes. Embora todos os seis híbridos tivessem potencial de produção comparáveis em ambientes bons, os tipos estáveis apresentaram altas produções em ambientes pobres. Assim, os genótipos estáveis mostraram que alto potencial de produção em ambiente favorável, e estabilidade de produção não são mutuamente exclusivos.

Utilizando dados de 40 anos (1932 a 1971) GOODCHILD & BOYD (1975) avaliaram a produção média anual de trigo das principais zonas produtoras da Austrália. Através dos resultados obtidos, os autores mostraram a necessidade de cultivares de ampla adaptação, e a seleção de materiais caracterizados por uma baixa interação genótipos x ambientes.

CAMPBELL & LAFEVER (1977) utilizaram dados de nove locais e três anos para avaliar a influência das interações na seleção e nos procedimentos das avaliações dos cultivares de trigo. Progressos no desenvolvimento de variedades estáveis de alta produção ficaram aparentes na comparação das novas variedades e linhagens experimentais com a "Trumbull" liberada em 1908. Os novos materiais tenderam a ser mais

produtivos, mais estáveis frente às mudanças ambientais e mais previsíveis em locais específicos. Um local dentro de uma vasta região mostrou ser o mais adequado para a seleção de cultivares de ampla adaptação.

Ainda em trigo, BOROJEVIC & WILLIAM (1982) afirmam que, atualmente, com o melhoramento voltado para a obtenção de cultivares de alta produção, juntamente com o uso de práticas culturais avançadas, tem-se obtido variedades de alto potencial de produção e ampla adaptação. Como exemplo, os autores citam os cultivares "Benzostaia" e "Sava", que mostraram alta estabilidade de produção.

PLAISTED & PETERSON (1959), através do estudo da interação variedades x locais avaliaram vários cultivares de batata quanto a sua adaptação. As variedades "Katahdin" e "Cobbler" mostraram ser os materiais mais indicados para cultivo, devido às suas baixas contribuições para a interação variedades x locais e, por isto, foram tidas como de ampla adaptação.

A introdução de tolerância a fatores ambientais adversos nas variedades, tem aumentado a estabilidade de produção em diversas culturas. Pesquisas em arroz desenvolvidas pelo IRRI (1977) indicam que quando períodos de seca são um problema, a tolerância e a capacidade de recuperação da seca dos cultivares são necessárias para a estabilidade de produção.

Segundo MAHADEVAPPA *et alii* (1979), o comportamento errático das modernas variedades de arroz em muitos países tem sido atribuído a estresses ambientais físicos, como a deficiência de fósforo e zinco e a toxidez de ferro em arroz irrigado bem como a deficiência de ferro em arroz de sequeiro. Para verificar a contribuição da tolerância varietal

na estabilidade de produção sob estes estresses minerais, o comportamento de genótipos tolerantes e sensíveis foi estudado em três níveis de estresse: sem, com moderado e com severo estresse. A tolerância variou amplamente com o nível de estresse e com os genótipos. As variedades tolerantes produziram economicamente sob estresses minerais, comuns em áreas de cultivo de arroz, e mantiveram consistentemente suas superioridades sobre as variedades sensíveis, em vários locais e épocas.

Uma das principais ênfases dos estudos da interação genótipos x ambientes, tem sido minimizar o número de combinações ótimas de ambientes de avaliação, que medem adequadamente o valor genético dos cultivares. O agrupamento de locais tem implicações nos programas de avaliação preliminar e avançado das linhagens do melhoramento. Na avaliação preliminar, quando um grande número de materiais está envolvido, os genótipos são testado em um número limitado de locais. Assim, o agrupamento de locais, de acordo com os efeitos da interação genótipos x locais, pode ajudar na seleção dos ambientes de teste, que mostram um alto grau de diversidade para a obtenção de genótipos de ampla adaptação (GHADERI *et alii*, 1980).

A estratificação ou agrupamento de ambientes para avaliação de cultivares, baseada na interação genótipos x ambientes, tem sido feita em várias culturas. Em sorgo, KAMBAL (1978) obteve estimativas das interações variedades x locais para produção de grãos de 16 variedades, avaliadas em três locais por três anos. A significância da interação variedades x locais encontrada no presente estudo, sugere que os programas de melhoramento devem ser conduzidos visando a seleção de variedades adaptadas a cada um dos ambientes.

JONES *et alii* (1960) estimaram os componentes da variância dos efeitos principais e das interações variedades x ambientes em sete cultivares de fumo avaliadas em cinco locais, em três anos, no Estado da Carolina do Norte, EUA. A pequena magnitude da interação variedades x locais, indicou não haver necessidade em dividir o Estado em áreas para avaliação de variedades. Os autores enfatizam que o melhoramento para ambientes específicos pode ser factível, na extensão em que os fatores ambientais de importância estejam sob algum grau de controle ou de predizibilidade. Resultados semelhantes foram obtidos por MILLER *et alii* (1959) e MILLER *et alii* (1962), com algodão.

HORNER & FREY (1957) verificaram que a divisão do Estado de Iowa em 2, 3, 4 e 5 sub-regiões resultou em um decréscimo de 11%, 21%, 30% e 40%, respectivamente, na componente variedades de trigo x locais dentro de cada sub-região, quando comparada com o Estado como um todo. Baseando-se nos resultados obtidos, os autores recomendaram dividir o Estado em quatro sub-áreas: sub-área A com três locais e sub-áreas B, C e D com dois locais cada uma.

LIANG *et alii* (1966) compararam várias variedades de trigo, cevada e aveia em diversos ambientes em três anos. Interações significativas de variedades x locais foram obtidas para o trigo e a cevada, indicando que a divisão da região em sub-regiões homogêneas constitui-se no melhor procedimento para a minimização desta interação, no desenvolvimento de um programa de avaliação de cultivares, mais eficientes para estas culturas.

BARKER *et alii* (1981), avaliaram a produção de forragem de 60 clones de "reed canarygrass" por vários anos, nos Estados de Minnesota, Iowa, Wisconsin, North Dakota, Missouri e South Dakota. Os resultados obtidos indicaram que dois locais (Ames no Estado de Iowa e Columbia no Estado do Missouri), representam o número mínimo de ambientes para avaliação da produção.

De grande importância para o melhoramento de plantas é o conhecimento de como as interações genótipos x ambientes afetam os progressos por seleção. Por exemplo, com qual extensão pode-se prever as consequências da seleção em um ambiente e a resposta em outro ambiente relacionado, e quais as modificações que devem ser feitas em um programa de melhoramento visando selecionar para ampla adaptação, adaptação restrita ou baseada no comportamento médio de vários ambientes? (PERKINS & JINKS, 1971 e JINKS & CONNOLLY, 1973).

A escolha do ambiente apropriado para discriminação dos genótipos, tem grande influência no sucesso de um esquema de seleção. FREEMAN (1973) sugere que, em um programa prático de melhoramento, é desejável capitalizar a interação genótipos x ambientes para encontrar os ambientes em que os efeitos genotípicos de interesse são maximizados.

Alguns autores têm sugerido que os ambientes de alta produção são mais apropriados para selecionar genótipos superiores por proporcionarem uma maior discriminação entre eles (ALANIS, 1966; JOHNSON & FREY, 1967; ALLEN *et alii*, 1978 e BRENNAN & BYTH, 1979). Por outro lado, tem sido argumentado que os ambientes favoráveis têm pouca semelhança com as condições comerciais, e que portanto, a seleção deve ser conduzida em ambientes inteiramente relacionados com as condições dos agricultores (HINSON & HANSON, 1962 e LIN & WU, 1974).

GOTOH & OSANAI (1959) mostraram que a correlação entre as produções de grãos das variedades de trigo, quando avaliadas em diferentes níveis de fertilidade, foi mais alta nas linhagens selecionadas em alta fertilidade do que naquelas selecionadas sob baixa fertilidade. Os autores encontraram também, que a herdabilidade da produção foi maior em alta fertilidade do que em condições de baixa fertilidade.

Dois grupos de linhagens de aveia, selecionadas sob condições de estresse e não-estresse, foram avaliados por FREY (1964) com o objetivo de estudar as reações de adaptação destes materiais. A herdabilidade média da produção de grãos nas condições de estresse e não-estresse foram de 32 e 45%, respectivamente. O quadrado médio da interação linhagens x ambientes foi altamente significativo nas linhagens selecionadas sob condições de estresse, enquanto que no outro grupo a interação foi não significativa. Baseado nestes resultados, o autor concluiu que as avaliações das linhagens devem ser feitas em ambientes de alta produção. Tais condições tendem a aumentar a herdabilidade do caráter produção de grãos, proporcionando maiores ganhos por seleção, além de permitirem uma melhor diferenciação das linhagens.

EL-ROUBY *et alii* (1972) estudaram a contribuição das datas de plantio para a interação genótipos x ambientes, na variedade de milho de polinização aberta "American Early". Neste estudo, o plantio antecipado foi considerado como ambiente de não-estresse, enquanto que o plantio tardio foi considerado como ambiente de estresse, especialmente para a produção de espigas, no qual as diferenças entre as duas datas de plantio foram grandes. A magnitude da variância aditiva foi maior no ensaio precoce do que no tardio. Também a variância do erro foi menor no ensaio

plantado antecipadamente. Consequentemente, as estimativas das herdabilidades foram maiores no ensaio precoce do que no tardio. Os diferentes genótipos se expressaram completamente sob condições de não-estresse, aumentando a variância aditiva, enquanto que em condições de estresse houve uma redução da variabilidade genética dentro da variedade. Baseando-se nos dados obtidos, os autores concluíram que o plantio antecipado é o que proporcioná melhores condições de seleção.

Ainda em milho, VENCOVSKY & SOUZA JUNIOR (1988) através das estimativas dos progressos esperados por seleção direta e indireta para peso de espigas, em três ambientes contrastantes, detectaram os melhores locais para avaliações dos genótipos.

FRANCIS *et alii* (1978a) estudaram as interações de genótipos de feijão arbustivo com sistemas de plantio e épocas de semeadura em três locais. O objetivo foi determinar se a seleção em monocultura poderia resultar em progresso genético para rendimento de grãos no complexo sistema de cultivo múltiplo. Correlações significativas na produção de grãos foram obtidas entre os genótipos cultivados em monocultura e em associação com milho. Além disto, a amplitude de produção foi 50% maior no sistema de monocultivo do que em associação. Também, os coeficientes de variação ambiental dos ensaios foram menores em monocultura (em média 13,1%) do que em associação (em média 17,1%). Todos estes dados permitiram aos autores concluir que a seleção inicial e o escrutínio é mais eficiente no sistema de monocultura, por proporcionar maiores ganhos genéticos em razão de o sistema permitir grandes expressões do potencial de produção dos genótipos, alta produção de sementes em cada ciclo e maior precisão na observação de linhagens individuais. Assim, uma

estratégia lógica de melhoramento segundo os autores, seria fazer seleções nas gerações iniciais em monocultura, e as seleções avançadas em gerações específicas (possivelmente F_5 ou F_8) em associação. A avaliação das linhagens avançadas, em associação, aumenta a probabilidade de liberação de materiais de ampla adaptação para combinações de cultivos associados que dão diferentes graus de competição ao feijão. Resultados semelhantes foram obtidos por FRANCIS *et alii* (1978b) no estudo das interações de genótipos de feijão de hábito indeterminado, com sistemas de cultivo e épocas de semeadura.

SOARES (1987) avaliou 42 linhagens de arroz (21 linhagens de várzea úmida e 21 de arroz irrigado) nas condições irrigado e de várzea úmida nos municípios de Goiânia (GO) e Leopoldina (MG). Utilizando a metodologia preconizada por FALCONER (1978) o autor fez comparações de ganho esperado por seleção direta e indireta. Quando a seleção indireta em linhagens de arroz de várzea úmida foi efetuada nos ensaios irrigados, constatou-se que a sua eficiência foi a mesma e igual à seleção direta, em ambas as localidades ($E = 1,00$), considerando-se a mesma intensidade de seleção de 30%. Quando a intensidade de seleção aplicada no ensaio irrigado diferiu da adotada no ensaio de várzea úmida, isto é, 30% e 50%, respectivamente, a eficiência da seleção indireta foi a mesma para as duas condições, porém, superior à seleção direta ($E = 1,45$), indicando vantagens para a seleção indireta. No caso em que a seleção indireta para linhagens de arroz irrigado foi realizada nos ensaios de várzea úmida, observou-se que a sua eficiência ($E = 1,00$) foi idêntica tanto em Goiânia como em Leopoldina, para uma mesma intensidade de seleção de 30%. Quando as intensidades de seleção assumiram valores diferenciados (50% e 30% nos

ensaios de várzea úmida e irrigado, respectivamente), a eficiência da seleção indireta ($E = 0,68$) foi também idêntica nos dois locais e inferior à seleção direta. Com os dados obtidos o autor concluiu que o mais indicado seria realizar seleção preliminar de genótipos de arroz de várzea úmida indiretamente, baseada nas produções de grãos obtidos, com os mesmos genótipos nos ensaios irrigados adotando-se uma intensidade de seleção maior nesses ensaios que nos de várzea úmida.

A decomposição do quadrado médio da interação genótipos x ambientes, em simples e complexa, tem sido utilizada por diversos autores. Goodman² citado por SCHUTZ & BERNARD (1967), mostrou que na decomposição da interação genótipos x ambientes, as diferenças nas variâncias genéticas dos materiais dentro dos ambientes resultam em uma superestimativa desta interação. Os dados obtidos no trabalho em pauta indicaram que substancial porção da interação linhagens x anos é devida às diferenças nas variâncias, na maioria dos caracteres avaliados. Portanto, segundo o autor, para propósitos de seleção a importância da interação linhagens x anos parece ser um tanto exagerada.

PATERNIANI *et alii* (1973), avaliaram os efeitos da radiação na variância genética utilizando sementes da variedade Centralmex, irradiadas com raios-gama. Cem famílias de meios-irmãos obtidas da população irradiada após uma geração de recombinação bem como 100 famílias da população controle foram testadas em lâminas 10 x 10, com duas repetições, por dois anos. A população irradiada exibiu mais variância genética aditiva do que a população não irradiada em cada ano. Entretanto, na população

² GOODMAN, M.M. A study of the genetic variability in divergent and closely interbred populations of maize. Raleigh, 1962. (M.S. Thesis - N.C. State University at Raleigh).

irradiada, a variância genética aditiva estimada com base na média dos dois anos, foi bem menor do que na população controle. Isto, segundo os autores, foi devido à grande quantidade de interação genótipos x ambientes, presente somente no material irradiado. O desdobramento da interação mostrou que a causa dela foi a falta de correlação ($r = 0,11$) entre médias de progênes nos dois anos, na população irradiada. Nenhuma interação com anos foi detectada no material não irradiado e um alto coeficiente de correlação ($r = 0,99$) foi observado. Baseando-se nestes dados, os autores concluíram que a variabilidade genética induzida por radiação, neste caso, pode não ser útil para a seleção de genótipos de ampla adaptação.

SANTOS (1977), avaliou em Piracicaba (SP) e em Petrolina (PE) 104 híbridos crípticos de milho $S_1 \times S_1$ obtidos em Piracicaba. A interação híbridos x locais, altamente significativa, evidenciou o comportamento diferencial dos genótipos nos dois ambientes. A decomposição do quadrado médio da interação tratamentos x locais mostrou que 3,1% desta interação foi do tipo simples, enquanto que 96% é do tipo complexa. Baseando-se nestas informações, o autor sugere o desenvolvimento de programas de melhoramento específicos para cada região, sendo que para o Nordeste deve ser dada ênfase à obtenção de materiais de base genética ampla (variedades sintéticas) devido às irregularidades de clima, solo e, essencialmente, de chuvas.

O principal objetivo dos melhoristas de plantas é efetuar mudanças desejáveis na frequência gênica produzindo o máximo de ganho genético médio dentro do material em teste. Assim, através do conhecimento das magnitudes relativas das interações genótipos x ambientes pode-se

obter indicações do número ótimo de repetições, locais e anos para os ensaios de competição, que maximizem os ganhos genéticos por seleção. SPRAGUE & FEDERER (1951) obtiveram estimativas dos componentes das variâncias dos efeitos de variedades e das interações anos x variedades e locais x variedades, de uma série de "top crosses", híbridos simples e duplos de milho cultivados em vários locais durante os anos de 1940 a 1947. Os dados mostraram que os ganhos genéticos médios esperados aumentavam mais rapidamente com o aumento do número de locais ou anos do que com o aumento do número de repetições. Resultados semelhantes foram obtidos por RAO (1970) e por OBILANA & EL-ROUBY (1980), com sorgo.

RASMUSSEN & LAMBERT (1961), estimaram as variâncias das interações utilizando dados de quatro anos, oito locais e seis variedades de cevada visando determinar o número ótimo de repetições, anos e locais para testes desta natureza. Os resultados obtidos indicaram que o melhor esquema, para avaliação da produção em cevada, seria o uso de ensaios com três repetições, em seis locais e repetidos por um espaço de tempo de três anos.

O ambiente pode ser representado por importantes fatores climáticos, principalmente precipitação pluviométrica e temperatura, que são imprevisíveis. Variação nestes fatores climáticos, nos vários estágios de desenvolvimento da planta, pode afetar a resposta diferencial dos genótipos aos ambientes. A identificação das variáveis climáticas, associadas com a interação genótipos x ambientes, é de grande importância no entendimento da natureza e padrão desta interação. BOYD *et alii* (1976) examinaram a influência de diversas variáveis climáticas sobre o rendimento de trigo em vários locais e anos na Austrália e verificaram a

ausência de interações genótipos x ambientes de grandes magnitudes. Baseando-se nos resultados obtidos, os autores sugeriram que num programa de melhoramento de trigo na Austrália, deve-se enfatizar como objetivo principal a adaptabilidade geral dos cultivares às variações climáticas entre épocas de cultivo. Posteriormente, os materiais selecionados nesta fase inicial seriam avaliados para adaptação específica dentro de cada época de cultivo.

SAEED & FRANCIS (1984) avaliaram vários genótipos de sorgo, com o objetivo de determinar a contribuição relativa de vários fatores climáticos para a interação genótipos x ambientes. O estudo indicou que variáveis climáticas como temperatura e precipitação são importantes na determinação da produção relativa em genótipos de sorgo. Entretanto, sua importância variou entre os grupos de maturação e os estágios de desenvolvimento da planta. Informações dos fatores ambientais, que contribuem para a interação genótipos x ambientes, ajudam os melhoristas de plantas no desenvolvimento de programas de melhoramento, para obtenção de cultivares estáveis que possam tolerar melhor as variações climáticas.

GORMAN *et alii* (1989), testaram vários genótipos de sorgo em quatro locais durante os anos de 1986 a 1988, visando estimar a contribuição do índice ambiental, da precipitação pluviométrica, das temperaturas máximas e mínimas e da umidade relativa, para a interação genótipos x ambientes. Pelos resultados obtidos, os autores concluíram que as diferenças em fertilidade e/ou práticas culturais, bem como a precipitação pluviométrica foram os principais responsáveis pela magnitude da soma de quadrado da interação genótipos x ambientes.

É do conhecimento dos melhoristas de plantas que a resposta diferencial dos genótipos quando avaliados em vários ambientes, é devida a interação genótipos x ambientes. Uma das maneiras de avaliar esta interação é através do estudo da estabilidade dos cultivares, utilizando-se da análise de regressão. Este método foi originalmente proposto por YATES & COCHRAN (1938) e, posteriormente, modificado por FINLAY & WILKINSON (1963) e EBERHART & RUSSELL (1966). Vários trabalhos têm sido conduzidos em diferentes culturas por diversos autores, como SAINI *et alii* (1974), TANG & TAI (1975), MAURYA & SINGH (1977), RAM *et alii* (1978), SUZUKI *et alii* (1980), RAO & MAHAJAN (1981) e MAHAJAN & RAO (1982), em arroz; HILL & PERKINS (1969) em fumo; ROWE & ANDREW (1964) em milho; BREESE (1969), BREESE & HILL (1973) e NGUYEN *et alii* (1980) em gramíneas forrageiras; PARODA *et alii* (1973), SAXENA & MURTY (1974) e KOFOID *et alii* (1978) em sorgo; SMITH *et alii* (1967) e WILCOX *et alii* (1979) em soja; EASTON & CLEMENTS (1973) em trigo; e EAGLES *et alii* (1977) em aveia.

Utiliza-se a análise de regressão no estudo da estabilidade e adaptabilidade quando se dispõe de vários ambientes e pretende-se fazer avaliação detalhada do comportamento de cada genótipo nestes ambientes. No trabalho em pauta, tal estudo não foi levado à efeito, uma vez que considerou-se apenas dois ambientes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Campo Experimental da Fazenda Palmital, base física da EMBRAPA/CNPAP, no município de Goiânia, Estado de Goiás, no ano agrícola de 1988/89.

3.1. Características dos sistemas de cultivo

Os ensaios foram conduzidos em dois ambientes representados pelos sistemas de cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida.

O sistema de cultivo de arroz de várzea úmida caracteriza-se pelo plantio de arroz em áreas de baixadas, parcialmente sistematizadas e/ou drenadas ou sem sistematização. O solo permanece saturado de água durante o ciclo da cultura, inclusive podendo haver ocorrência de lâmina de água sem controle em alguma fase do cultivo, devido ao afloramento do lençol freático ou inundações naturais dos córregos e rios que margeiam as várzeas (RANGEL *et alii*, 1987b). No sistema de cultivo de arroz irrigado a cultura é irrigada por inundação contínua e controlada, com a formação e manutenção de lâmina de água até a fase de maturação do arroz.

3.2. Obtenção do material experimental

Utilizaram-se, nos ensaios, linhagens F_6 oriundas de dois cruzamentos: 17388//7153/5738 e Cica 8/Metica 1. As linhagens foram obtidas a partir das mesmas populações F_2 , conduzidas independentemente nos sistemas de cultivo irrigado e de várzea úmida, adotando-se a mesma metodologia preconizada pela EMBRAPA/CNPAF para os programas de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado e de Várzea Úmida, respectivamente (RANGEL *et alii*, 1984; FERREIRA *et alii*, 1988 e RANGEL *et alii*, 1987b). A obtenção das linhagens foi iniciada no ano agrícola de 1985/86. Utilizou-se de cada cruzamento cerca de 1000 plantas F_2 , que foram plantadas em sulcos de 5,0m de comprimento, espaçados de 0,30m com 25 plantas/sulco. Destas colheram-se 150 plantas, que constituíram as progênes F_3 . Este número de progênes foi mantido até a geração F_6 . As progênes F_3 foram conduzidas em bulk. Em F_4 colheram-se plantas individuais dentro de progênes, cujo objetivo era obter famílias F_5 mais uniformes. As famílias F_5 foram também conduzidas em bulk. Para a composição de cada ensaio escolheram-se, aleatoriamente, 40 linhagens oriundas do ambiente várzea úmida e 39 do ambiente irrigado, por cruzamento, mais duas testemunhas (Cica 8 e Metica 1). Cica 8 é o cultivar de arroz mais plantado em condições irrigado e várzea úmida nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste do Brasil. Metica 1 é cultivada somente em condições irrigado em vários Estados brasileiros (RANGEL *et alii*, 1987a). As Tabelas 1 e 2 mostram a genealogia e o número de origem das linhagens oriundas dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, respectivamente, utilizadas nos ensaios. Cada experimento foi conduzido nos dois ambientes.

Tabela 1. Genealogia e número de origem das linhagens F₆ oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1

Linhagens	Genealogia	Nº de origem
Várzea		
1	CNA x 1839-1-B-1-B-B	25303 (200)
2	CNA x 1839-1-B-3-B-B	25305 (202)
3	CNA x 1839-5-B-2-B-B	25309 (206)
4	CNA x 1839-5-B-5-B-B	25313 (210)
5	CNA x 1839-6-B-3-B-B	25316 (213)
6	CNA x 1839-6-B-4-B-B	25317 (214)
7	CNA x 1839-7-B-2-B-B	25321 (216)
8	CNA x 1839-8-B-5-B-B	25329 (219)
9	CNA x 1839-27-B-2-B-B	25334 (221)
10	CNA x 1839-30-B-3-B-B	25338 (224)
11	CNA x 1839-31-B-2-B-B	25341 (226)
12	CNA x 1839-31-B-3-B-B	25342 (227)
13	CNA x 1839-42-B-2-B-B	25344 (228)
14	CNA x 1839-48-B-1-B-B	25348 (232)
15	CNA x 1839-48-B-2-B-B	25349 (233)
16	CNA x 1839-48-B-3-B-B	25351 (235)
17	CNA x 1839-49-B-2-B-B	25353 (237)
18	CNA x 1839-49-B-3-B-B	25354 (238)
19	CNA x 1839-51-B-1-B-B	25356 (340)
20	CNA x 1839-51-B-2-B-B	25357 (241)
21	CNA x 1839-51-B-4-B-B	25359 (243)
22	CNA x 1839-52-B-1-B-B	25362 (246)
23	CNA x 1839-52-B-3-B-B	25364 (248)
24	CNA x 1839-53-B-1-B-B	25365 (249)
25	CNA x 1839-53-B-4-B-B	25368 (252)
26	CNA x 1839-54-B-1-B-B	25371 (254)
27	CNA x 1839-54-B-2-B-B	25372 (255)
28	CNA x 1839-54-B-3-B-B	25373 (256)
29	CNA x 1839-54-B-5-B-B	25375 (258)

Tabela 1. Continuação

Linhagens	Genealogia	Nº de origem
Várzea		
30	CNA x 1839-59-B-3-B-B	25378 (259)
31	CNA x 1839-66-B-1-B-B	25382 (260)
32	CNA x 1839-75-B-3-B-B	25389 (262)
33	CNA x 1839-75-B-5-B-B	25392 (264)
34	CNA x 1839-76-B-2-B-B	25394 (266)
35	CNA x 1839-76-B-5-B-B	25397 (269)
36	CNA x 1839-78-B-2-B-B	25399 (271)
37	CNA x 1839-86-B-3-B-B	25404 (275)
38	CNA x 1839-91-B-2-B-B	25408 (278)
39	CNA x 1839-91-B-4-B-B	25411 (280)
40	CNA x 1839-91-B-5-B-B	25412 (281)
Irrigado		
41	CNA x 1839-5-B-1-B-B	24875 (173)
42	CNA x 1839-5-B-4-B-B	24878 (175)
43	CNA x 1839-8-B-1-B-B	24881 (177)
44	CNA x 1839-8-B-3-B-B	24883 (179)
45	CNA x 1839-8-B-5-B-B	24885 (181)
46	CNA x 1839-17-B-3-B-B	24888 (184)
47	CNA x 1839-18-B-2-B-B	24893 (187)
48	CNA x 1839-22-B-3-B-B	24899 (190)
49	CNA x 1839-22-B-5-B-B	24902 (191)
50	CNA x 1839-25-B-2-B-B	24904 (193)
51	CNA x 1839-25-B-4-B-B	24906 (195)
52	CNA x 1839-26-B-1-B-B	24908 (197)
53	CNA x 1839-26-B-3-B-B	24911 (200)
54	CNA x 1839-32-B-4-B-B	24917 (203)
55	CNA x 1839-32-B-5-B-B	24918 (204)
56	CNA x 1839-35-B-3-B-B	24922 (207)
57	CNA x 1839-35-B-5-B-B	24924 (209)
58	CNA x 1839-42-B-1-B-B	24925 (210)

Tabela 1. Continuação

Linhagens	Genealogia	Nº de origem
Irrigado		
59	CNA x 1839-42-B-5-B-B	24929 (212)
60	CNA x 1839-44-B-1-B-B	24931 (213)
61	CNA x 1839-44-B-3-B-B	24933 (215)
62	CNA x 1839-45-B-5-B-B	24941 (218)
63	CNA x 1839-51-B-3-B-B	24944 (221)
64	CNA x 1839-51-B-4-B-B	24945 (222)
65	CNA x 1839-55-B-4-B-B	24951 (226)
66	CNA x 1839-56-B-2-B-B	24954 (220)
67	CNA x 1839-56-B-4-B-B	24956 (231)
68	CNA x 1839-58-B-1-B-B	24958 (233)
69	CNA x 1839-58-B-4-B-B	24962 (237)
70	CNA x 1839-58-B-5-B-B	24963 (238)
71	CNA x 1839-59-B-2-B-B	24965 (240)
72	CNA x 1839-59-B-4-B-B	24967 (242)
73	CNA x 1839-60-B-1-B-B	24969 (244)
74	CNA x 1839-60-B-2-B-B	24971 (245)
75	CNA x 1839-61-B-1-B-B	24975 (249)
76	CNA x 1839-61-B-5-B-B	24979 (252)
77	CNA x 1839-63-B-2-B-B	24982 (254)
78	CNA x 1839-63-B-3-B-B	24983 (255)
79	CNA x 1839-63-B-5-B-B	24985 (257)
Testemunha		
80	Cica 8	-
81	Metica 1	-

Tabela 2. Genealogia e número de origem das linhagens F_6 oriundas do cruzamento 17388//7153/5738

Linhagens	Genealogia	Nº de origem
Várzea		
1	CNA x 1877-1-B-1-B-B	25074 (54)
2	CNA x 1877-1-B-3-B-B	25076 (56)
3	CNA x 1877-18-B-1-B-B	25078 (58)
4	CNA x 1877-19-B-2-B-B	25085 (65)
5	CNA x 1877-20-B-1-B-B	25092 (69)
6	CNA x 1877-20-B-4-B-B	25095 (70)
7	CNA x 1877-21-B-3-B-B	25098 (73)
8	CNA x 1877-22-B-1-B-B	25099 (74)
9	CNA x 1877-22-B-2-B-B	25101 (75)
10	CNA x 1877-23-B-1-B-B	25103 (77)
11	CNA x 1877-23-B-2-B-B	25104 (78)
12	CNA x 1877-26-B-3-B-B	25108 (81)
13	CNA x 1877-27-B-2-B-B	25113 (85)
14	CNA x 1877-27-B-4-B-B	25115 (87)
15	CNA x 1877-28-B-2-B-B	25118 (90)
16	CNA x 1877-29-B-1-B-B	25112 (93)
17	CNA x 1877-29-B-2-B-B	25123 (94)
18	CNA x 1877-36-B-2-B-B	25132 (96)
19	CNA x 1877-38-B-4-B-B	25139 (100)
20	CNA x 1877-38-B-5-B-B	25141 (101)
21	CNA x 1877-39-B-3-B-B	25144 (102)
22	CNA x 1877-43-B-1-B-B	25147 (104)
23	CNA x 1877-45-B-2-B-B	25152 (108)
24	CNA x 1877-45-B-3-B-B	25153 (109)
25	CNA x 1877-45-B-5-B-B	25155 (111)
26	CNA x 1877-47-B-2-B-B	25157 (113)
27	CNA x 1877-48-B-1-B-B	25162 (118)
28	CNA x 1877-48-B-2-B-B	25163 (119)
29	CNA x 1877-48-B-3-B-B	25164 (120)

Tabela 2. Continuação

Linhagens	Genealogia	Nº de origem
Várzea		
30	CNA x 1877-51-B-3-B-B	25167 (123)
31	CNA x 1877-55-B-3-B-B	25171 (125)
32	CNA x 1877-56-B-2-B-B	25173 (126)
33	CNA x 1877-58-B-2-B-B	25176 (129)
34	CNA x 1877-59-B-4-B-B	25182 (132)
35	CNA x 1877-62-B-1-B-B	25183 (133)
36	CNA x 1877-69-B-2-B-B	25187 (136)
37	CNA x 1877-72-B-3-B-B	25191 (140)
38	CNA x 1877-96-B-1-B-B	25192 (141)
39	CNA x 1877-96-B-2-B-B	25193 (142)
40	CNA x 1877-96-B-4-B-B	25195 (144)
Irrigado		
41	CNA x 1877-2-B-3-B-B	24647 (63)
42	CNA x 1877-2-B-5-B-B	24649 (65)
43	CNA x 1877-4-B-1-B-B	24651 (66)
44	CNA x 1877-4-B-5-B-B	24655 (68)
45	CNA x 1877-6-B-2-B-B	24657 (69)
46	CNA x 1877-6-B-3-B-B	24658 (70)
47	CNA x 1877-6-B-4-B-B	24659 (71)
48	CNA x 1877-15-B-4-B-B	24665 (73)
49	CNA x 1877-16-B-2-B-B	24668 (76)
50	CNA x 1877-21-B-1-B-B	24673 (78)
51	CNA x 1877-21-B-3-B-B	24675 (80)
52	CNA x 1877-21-B-5-B-B	24677 (82)
53	CNA x 1877-24-B-1-B-B	24678 (83)
54	CNA x 1877-24-B-3-B-B	24681 (84)
55	CNA x 1877-26-B-1-B-B	24684 (85)
56	CNA x 1877-26-B-2-B-B	24685 (86)
57	CNA x 1877-26-B-5-B-B	24688 (88)
58	CNA x 1877-31-B-2-B-B	24691 (90)

Tabela 2. Continuação

Linhagens	Genealogia	Nº de origem
Irrigado		
59	CNA x 1877-31-B-4-B-B	24693 (92)
60	CNA x 1877-31-B-5-B-B	24694 (93)
61	CNA x 1877-32-B-2-B-B	24696 (95)
62	CNA x 1877-32-B-4-B-B	24698 (97)
63	CNA x 1877-32-B-5-B-B	24699 (98)
64	CNA x 1877-35-B-1-B-B	24701 (99)
65	CNA x 1877-35-B-3-B-B	24703 (101)
66	CNA x 1877-35-B-4-B-B	24704 (102)
67	CNA x 1877-38-B-1-B-B	24705 (104)
68	CNA x 1877-38-B-3-B-B	24708 (105)
69	CNA x 1877-42-B-2-B-B	24713 (108)
70	CNA x 1877-43-B-1-B-B	24717 (109)
71	CNA x 1877-45-B-4-B-B	24726 (113)
72	CNA x 1877-48-B-1-B-B	24729 (116)
73	CNA x 1877-48-B-4-B-B	24732 (118)
74	CNA x 1877-51-B-4-B-B	24737 (121)
75	CNA x 1877-54-B-3-B-B	24742 (123)
76	CNA x 1877-54-B-5-B-B	24744 (125)
77	CNA x 1877-66-B-2-B-B	24752 (126)
78	CNA x 1877-67-B-1-B-B	24756 (127)
79	CNA x 1877-67-B-4-B-B	24759 (129)
Testemunha		
80	Cica 8	-
81	Metica 1	-

3.3. Instalação e condução dos ensaios

Os delineamentos experimentais empregados nos ensaios para avaliação das linhagens, foram quatro lâtes triplos 9 x 9. Cada parcela com 3,6m² de área total, era constituída de três sulcos de 4,0m de comprimento, espaçados de 0,30m. Devido à relativa homogeneidade do material experimental no tocante ao ciclo e altura da planta, adotou-se como bordadura, duas fileiras do cultivar Cica 8 em volta de cada repetição. Assim, a área útil da parcela para coleta de dados foi representada pela parcela total.

A semeadura foi feita diretamente no sulco, na densidade de 100 sementes por metro linear, nos quatro ensaios. Os experimentos de várzea úmida e de irrigado foram instalados nos dias 26/10/88 e 28/10/88, respectivamente. A adubação dos ensaios foi baseada na análise química do solo. Adubaram-se os experimentos de modo que os nutrientes nos dois sistemas ficassem equilibrados. Os Apêndices 1 e 2 mostram os resultados da análise química e a adubação utilizada.

Nos ensaios irrigados, iniciou-se a formação de lâminas de água cerca de 20 dias após a germinação, que foram mantidas até a maturação das linhagens. Em várzea úmida manteve-se o solo sempre saturado de água, durante todo o ciclo da cultura, por meio de sub-irrigação (elevação do lençol freático). As ervas daninhas foram controladas através do uso de herbicidas pré e pós-emergentes. Não se efetuou nenhum controle de doenças nos ensaios, para se poder avaliar o nível de resistência das linhagens utilizadas.

3.4. Coleta de dados

A coleta de dados nos ensaios foi feita de acordo com as metodologias preconizadas pelo CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO (1977) e pelo CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1975). Foram avaliados os seguintes caracteres:

a) Número de panículas/m²

Por ocasião da colheita procedeu-se a contagem das panículas em uma amostra de 0,5m linear de fileira tomada ao acaso na parcela. O dado obtido foi convertido para número de panículas/m².

b) Número de espiguetas/panículas

Em uma amostra de 10 panículas, tomadas ao acaso na parcela, fez-se a contagem do número de grãos cheios e vazios. O total de espiguetas dividido por 10 forneceu o número de espiguetas/panícula.

c) Porcentagem de grãos cheios/panícula

Obteve-se este dado pela divisão do número de grãos cheios pelo total de espiguetas e multiplicado por 100. Esta avaliação foi feita também na amostra de 10 panículas.

d) Peso de 1000 grãos

Na amostra de 10 panículas, fez-se a contagem de 1000 grãos cheios pesados em balança de precisão.

e) Incidência de doenças

Em todos os ensaios foram avaliadas as incidências das seguintes doenças: brusone nas panículas (*Pyricularia oryzae* Cav.); mancha

parda nas folhas (*Drechslera oryzae*, sin: *Bipolaris oryzae*); escaldadura das folhas (*Rhynchosporium oryzae* Haschiata & Yokogi) e mancha dos grãos, causada por um complexo de fungos e bactérias.

f) Produção de grãos/parcela

A produção de grãos foi corrigida para 13% de umidade. Após a colheita das parcelas, fez-se a trilhagem e secagem dos grãos. Simultaneamente com a pesagem, determinou-se o teor de umidade e corrigiu-se o peso para 13% de umidade pela seguinte fórmula:

$$\text{Peso corrigido} = \frac{(100 - U) \times P}{87}$$

sendo:

U = % de umidade dos grãos

P = peso dos grãos

3.5. Análises estatístico-genéticas

As análises de variância, a decomposição da interação tratamentos x ambientes, as estimativas dos progressos esperados por seleção e das correlações intraclasses e entre ambientes, e o coeficiente de concordância foram obtidos somente para o caráter produção de grãos/parcela. Para os outros caracteres obteve-se apenas a média e o desvio da média.

3.5.1. Análises de variância

Na execução das análises de variâncias consideraram-se os efeitos dos tratamentos como sendo aleatórios e fixos os efeitos dos ambientes.

Inicialmente, os dados de produção de grãos corrigidos para umidade de 13%, dos quatro ensaios, foram submetidos à análise de variância de acordo com o delineamento experimental de látice triplo 9×9 , conforme método apresentado por COCHRAN & COX (1980). Cada experimento foi analisado individualmente para o ambiente 1 (várzea úmida), para o ambiente 2 (irrigado) e por cruzamento (Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738). A Tabela 3 mostra o esquema da análise de variância.

Tabela 3. Esquema da análise individual de variância do látice triplo duplicado 9×9 , com 40 linhagens de várzea, 39 linhagens de arroz irrigado e duas testemunhas

FV	GL	QM
Repetições	$r-1 = 2$	Q_1
Tratamentos (ajustado)	$k^2-1 = 80$	Q_2
Blocos/repetições (ajustado)	$r(k-1) = 24$	Q_3
Erro efetivo	$(k-1)(rk-k-1) = 136$	Q_4

Sequenciando o processo de análise, com base nas médias ajustadas dos tratamentos, foi feito o desdobramento da soma de quadrados de tratamentos para cada cruzamento e para cada ambiente. A Tabela 4 mostra

os esquemas das análises individuais de variâncias com a respectiva esperança dos quadrados médios. A partir destas análises foram obtidas as seguintes estimativas:

- Variância do erro efetivo médio:

$$\hat{\sigma}_e^2 = 3.\overline{EF}$$

- Variância genética entre linhagens de arroz irrigado por ambiente e por cruzamento:

$$\hat{\sigma}_{LI}^2 = Q_3 - \overline{EF}$$

- Variância genética entre linhagens de várzea por ambiente e por cruzamento:

$$\hat{\sigma}_{LV}^2 = Q_2 - \overline{EF}$$

- Coeficientes de variação genética para as linhagens de arroz irrigado ($\hat{CV}_{gLI}\%$) e de várzea ($\hat{CV}_{gLV}\%$), por ambiente e por cruzamento:

$$\hat{CV}_{gLV}\% = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{LV}^2}}{\bar{Y}_{LV}} \cdot 100 \quad \hat{CV}_{gLI}\% = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{LI}^2}}{\bar{Y}_{LI}} \cdot 100$$

sendo:

\bar{Y}_{LV} = média das linhagens de várzea por ambiente e por cruzamento;

\bar{Y}_{LI} = média das linhagens de arroz irrigado por ambiente e por cruzamento.

- Índices de variação \hat{b} para as linhagens de várzea (\hat{b}_{LV}) e de arroz irrigado (\hat{b}_{LI}) por cruzamento e por ambiente:

$$\hat{b}_{LV} = \hat{CV}_{gLV}\% / \hat{CV}_e\% ; \hat{b}_{LI} = \hat{CV}_{gLI}\% / \hat{CV}_e\%$$

sendo:

$CV_e\%$ = coeficientes de variação experimental.

Tabela 4. Esquemas das análises individuais de variâncias com as médias dos tratamentos ajustadas, mostrando o desdobramento das somas de quadrados de tratamentos para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738 por ambiente, com as respectivas esperanças dos quadrados médios

FV	GL	<u>Cica 8/Metica 1</u> QM	<u>17388//7153/5738</u> QM	E(QM)
Tratamentos	80	Q ₁	Q ₄	$(1/3)\sigma_e^2 + \sigma_T^2$
.Linhagens Várzea (LV)	39	Q ₂	Q ₅	$(1/3)\sigma_e^2 + \sigma_{LV}^2$
.Linhagens Irrigado (LI)	38	Q ₃	Q ₆	$(1/3)\sigma_e^2 + \sigma_{LI}^2$
.Testemunhas	1			
.Grupos	2			
Erro Efetivo Médio	136	\overline{EF}	$\overline{EF'}$	$(1/3)\sigma_e^2$

Na etapa seguinte, realizaram-se as análises conjuntas por cruzamento envolvendo os dois ambientes, utilizando-se das médias dos tratamentos ajustadas. Para que os experimentos fossem reunidos, testou-se a homogeneidade das variâncias dos erros experimentais. Segundo GOMES (1987), quando se dispõem de grupos de experimentos similares, em que os tratamentos tenham o mesmo número de repetições, a análise conjunta poderá ser feita se o quociente entre o maior e o menor quadrado médio residual for menor ou igual a 7. O esquema da análise de variância conjunta mostrando o desdobramento da soma de quadrados de tratamentos e da interação tratamentos x ambientes, com as respectivas esperanças do quadrado médio, é apresentado na Tabela 5 (MIRANDA FILHO, 1987 e COCHRAN & COX, 1980). Destas análises obtiveram-se as seguintes estimativas:

- Variância do erro efetivo médio:

$$\hat{\sigma}^2 = 3.EF$$

- Variância genética entre linhagens de várzea por cruzamento nos ambientes 1 e 2:

$$\hat{\sigma}_{LV}^2 = \frac{Q_5 - EF}{K}$$

- Variância correspondente a interação LV x A, por cruzamento:

$$\hat{\sigma}_{LVA}^2 = \frac{Q_9 - EF}{K}$$

- Variância correspondente a interação LI x A, por cruzamento:

$$\hat{\sigma}_{LIA}^2 = \frac{Q_{10} - EF}{K}$$

- Variância genética entre linhagens de arroz irrigado por cruzamento nos ambientes 1 e 2:

$$\hat{\sigma}_{LI}^2 = \frac{Q_5 - EF}{K}$$

- Coeficientes de variação genética para as linhagens de arroz irrigado ($\hat{C}V_{gLI}\%$) e de várzea ($\hat{C}V_{gLV}\%$), por cruzamento nos ambientes 1 e 2:

$$\hat{C}V_{gLV}\% = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{LV}^2}}{\bar{Y}_{LV}} \cdot 100 ; \quad \hat{C}V_{gLI}\% = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{LI}^2}}{\bar{Y}_{LI}} \cdot 100$$

sendo:

\bar{Y}_{LV} = média das linhagens de várzea por cruzamento nos dois ambientes;

\bar{Y}_{LI} = média das linhagens de arroz irrigado por cruzamento nos dois ambientes.

- Índices de variação \hat{b} , para as linhagens de várzea (\hat{b}_{LV}) e de arroz irrigado (\hat{b}_{LI}) nos dois ambientes por cruzamento:

$$\hat{b}_{LV} = \hat{C}V_{gLV}\% / \hat{C}V_e\% ; \quad \hat{b}_{LI} = \hat{C}V_{gLI}\% / \hat{C}V_e\%$$

Tabela 5. Esquema da análise de variância conjunta por cruzamento dos látices triplos 9 x 9, com as médias dos tratamentos ajustadas envolvendo os ambientes várzea úmida e irrigado, mostrando os desdobramentos das somas de quadrados de tratamentos e da interação tratamentos x ambientes, com as respectivas esperanças do quadrado médio

FV	GL	QM	F	E(QM)
Repetição/Ambiente	4	Q_1		
Ambientes (A)	1	Q_2		
Tratamentos (T)	80	Q_3	Q_3/EF	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_T^2$
.Linhagens várzea (LV)	39	Q_4	Q_4/EF	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LV}^2$
.Linhagens Irrigado (LI)	38	Q_5	Q_5/EF	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LI}^2$
.Testemunhas (Test.)	1	Q_6		
.Grupos (G)	2	Q_7		
T x A	80	Q_8	Q_8/EF	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{TA}^2$
.LV x A	39	Q_9	Q_9/EF	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LVA}^2$
.LI x A	38	Q_{10}	Q_{10}/EF	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LIA}^2$
.Test. x A	1	Q_{11}		
.Entre G x A	2	Q_{12}		
Erro Efetivo Médio	272	\overline{EF}		$(1/3)\sigma^2$

$$2 = \frac{A}{A-1} = 2$$

3.5.2. Decomposição da interação tratamentos x ambientes

Segundo VENCovsky (1987), o desdobramento da interação, mostra que ela é composta de duas partes: uma devida à diferença na variância genética do material dentro dos ambientes e a segunda, advinda da falta de correlação entre o material de um ambiente para o outro. Essa segunda parte é a componente complexa da interação, pois uma baixa correlação pode significar que o material superior em um ambiente pode não sê-lo no outro. Também, a interação pode existir mesmo com alta correlação. No trabalho em pauta, foram feitos dois desdobramentos por cruzamento da interação tratamentos x ambientes; um, para o caso em que as linhagens são selecionadas em várzea úmida e avaliadas nos ambientes 1 e 2 e, o outro, quando as linhagens são selecionadas no ambiente irrigado e avaliadas também nos dois ambientes. As expressões da interação utilizadas, segundo COCKERHAM (1963) e VENCovsky (1987), considerando-se o caso particular de dois ambientes fixos, foram as seguintes:

$$a) 2\hat{\sigma}_{LVA}^2 = 1/2(\hat{\sigma}_{LV1} - \hat{\sigma}_{LV2})^2 + (\hat{\sigma}_{LV1} \cdot \hat{\sigma}_{LV2})(1 - r_{LV})$$

sendo:

$\hat{\sigma}_{LVA}^2$ = variância da interação linhagens de várzea x ambientes;

$\hat{\sigma}_{LV1}$ = raiz quadrada da variância genética entre linhagens de várzea no ambiente várzea úmida

$\hat{\sigma}_{LV2}$ = raiz quadrada da variância genética entre linhagens de várzea no ambiente irrigado

r_{LV} = correlação genética entre as linhagens de várzea nos ambientes várzea úmida e irrigado

$$b) 2\hat{\sigma}_{LIA}^2 = 1/2(\hat{\sigma}_{LI1} - \hat{\sigma}_{LI2})^2 + (\hat{\sigma}_{LI1} \cdot \hat{\sigma}_{LI2})(1 - r_{LI})$$

sendo:

$\hat{\sigma}_{LIA}^2$ = variância da interação linhagens de arroz irrigado x ambientes;
tes;

$\hat{\sigma}_{LI1}$ = raiz quadrada da variância genética entre linhagens de arroz irrigado no ambiente várzea úmida

$\hat{\sigma}_{LI2}$ = raiz quadrada da variância genética entre linhagens de arroz irrigado no ambiente irrigado

r_{LI} = correlação genética entre as linhagens de arroz irrigado nos ambientes várzea úmida e irrigado.

As correlações genéticas por cruzamento entre os ambientes várzea úmida e irrigado, nas linhagens de arroz irrigado (r_{LI}) e de várzea (r_{LV}) foram calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$r_{LV} = \frac{\hat{\sigma}_{LV}^2 - \hat{\sigma}_{LVA}^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_{LV1}^2 \cdot \hat{\sigma}_{LV2}^2}} ; \quad r_{LI} = \frac{\hat{\sigma}_{LI}^2 - \hat{\sigma}_{LIA}^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_{LI1}^2 \cdot \hat{\sigma}_{LI2}^2}}$$

sendo:

$\hat{\sigma}_{LV}^2$ = variância genética entre as linhagens de várzea nos ambientes várzea úmida e irrigado;

$\hat{\sigma}_{LI}^2$ = variância genética entre as linhagens de arroz irrigado nos ambientes várzea úmida e irrigado;

$\hat{\sigma}_{LV1}^2$ e $\hat{\sigma}_{LV2}^2$ = variância genética entre as linhagens de várzea no ambiente várzea úmida e irrigado, respectivamente;

$\hat{\sigma}_{LI1}^2$ e $\hat{\sigma}_{LI2}^2$ = variância genética entre as linhagens de arroz irrigado no ambiente várzea úmida e irrigado respectivamente.

3.5.3. Seleção e progresso esperado

Foi simulada uma porcentagem branda de seleção (40%) sobre as 78 e 79 linhagens de arroz irrigado e de várzea, respectivamente. SOARES (1987) utilizou em seu trabalho com arroz, porcentagens de 30% e 50%. HALLAUER (1967) em milho, recomenda como baixa intensidade de seleção, a escolha de 30% a 50% de indivíduos superiores.

As estimativas dos progressos esperados por seleção em $\text{kg}/3,6\text{m}^2$ (G_S) e em porcentagem da média ($G_S\%$), foram obtidas por cruzamento, utilizando-se de fórmulas amplamente apresentadas na literatura (ALLARD, 1971; FALCONER, 1978; FEHR, 1987 e VENCOSKY, 1987). Estimaram-se os seguintes progressos por seleção;

- a) Progresso esperado em várzea úmida com seleção em várzea úmida para as linhagens de várzea

$$G_{S1/1} = ds_{LV1} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{LV1}^2}{\sigma_{LV1}^2} \quad G_{S1/1}\% = \frac{G_{S1/1}}{\bar{Y}_{LV1}} \cdot 100$$

$$ds_{LV1} = \bar{Y}_{LVSI} - \bar{Y}_{LV1}$$

sendo:

ds_{LV1} = diferencial de seleção para as linhagens de várzea no ambiente várzea úmida;

\bar{Y}_{LVSI} = média das linhagens de várzea selecionadas no ambiente várzea úmida;

\bar{Y}_{LV1} = média das linhagens de várzea no ambiente várzea úmida;

$\hat{\sigma}_{LV1}^2$ = variância genética entre as linhagens de várzea no ambiente várzea úmida;

Q_{LV1} = quadrado médio das linhagens de várzea no ambiente várzea úmida.

b) Progresso esperado no ambiente irrigado com seleção no ambiente irrigado, para as linhagens de arroz irrigado

$$G_{S2/2} = ds_{LI2} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{LI2}^2}{Q_{LI2}} \quad G_{S2/2}\% = \frac{G_{S2/2}}{\bar{Y}_{LI2}} \cdot 100$$

$$ds_{LI2} = \bar{Y}_{LIS2} - \bar{Y}_{LI2}$$

sendo:

ds_{LI2} = diferencial de seleção para as linhagens de arroz irrigado no ambiente irrigado;

\bar{Y}_{LIS2} = média das linhagens de arroz irrigado selecionadas no ambiente irrigado;

\bar{Y}_{LI2} = média das linhagens de arroz irrigado no ambiente irrigado;

$\hat{\sigma}_{LI2}^2$ = variância genética entre as linhagens de arroz irrigado no ambiente irrigado;

Q_{LI2} = quadrado médio das linhagens de arroz irrigado no ambiente irrigado.

c) Progresso esperado no ambiente irrigado com base na seleção realizada em várzea úmida, para as linhagens de arroz de várzea

$$G_{S2/1} = ds_{LV1} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{LV}^2 - \hat{\sigma}_{LVA}^2}{Q_{LV1}} \quad G_{S2/1}\% = \frac{G_{S2/1}}{\bar{Y}_{LV1}} \cdot 100$$

$$ds_{LV1} = \bar{Y}_{LVS1} - \bar{Y}_{LV1}$$

sendo:

$\hat{\sigma}_{LV}^2$ = variância genética entre as linhagens de várzea nos dois ambientes;

$\hat{\sigma}_{LVA}^2$ = variância da interação linhagens de várzea x ambientes

d) Progresso esperado em várzea úmida com base na seleção realizada no ambiente irrigado, para as linhagens de arroz irrigado

$$G_{S1/2} = ds_{LI2} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{LI}^2 - \hat{\sigma}_{LIA}^2}{Q_{LI2}} \quad G_{S1/2}\% = \frac{G_{S1/2}}{\bar{Y}_{LI2}} \cdot 100$$

$$ds_{LI2} = \bar{Y}_{LIS2} - \bar{Y}_{LI2}$$

sendo:

$\hat{\sigma}_{LI}^2$ = variância genética entre as linhagens de arroz irrigado nos dois ambientes;

$\hat{\sigma}_{LIA}^2$ = variância da interação linhagens de arroz irrigado x ambientes

d) Progresso esperado no ambiente irrigado com seleção no ambiente irrigado para as linhagens de várzea

$$G_{SLV2/2} = ds_{LV2} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{LV2}^2}{Q_{LV2}} \quad G_{SLV2/2}\% = \frac{G_{SLV2/2}}{\bar{Y}_{LV2}} \cdot 100$$

$$ds_{LV2} = \bar{Y}_{LVS2} - \bar{Y}_{LV2}$$

sendo:

ds_{LV2} = diferencial de seleção para as linhagens de várzea no ambiente irrigado;

\bar{Y}_{LVS2} = média das linhagens de várzea selecionadas no ambiente irrigado;

\bar{Y}_{LV2} = média das linhagens de várzea no ambiente irrigado;

$\hat{\sigma}_{LV2}^2$ = variância genética entre as linhagens de várzea no ambiente irrigado;

Q_{LV2} = quadrado médio das linhagens de várzea no ambiente irrigado.

f) Progresso esperado em várzea úmida com seleção em várzea úmida para as linhagens de arroz irrigado

$$G_{SLI1/1} = ds_{LI1} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{LI1}^2}{Q_{LI1}} \quad G_{SLI1/1} \% = \frac{G_{SLI1}}{\bar{Y}_{LI1}} \cdot 100$$

$$ds_{LI1} = \bar{Y}_{LIS1} - \bar{Y}_{LI1}$$

sendo:

ds_{LI1} = diferencial de seleção para as linhagens de arroz irrigado no ambiente várzea úmida;

\bar{Y}_{LIS1} = média das linhagens de arroz irrigado selecionadas no ambiente várzea úmida;

\bar{Y}_{LI1} = média das linhagens de arroz irrigado no ambiente várzea úmida;

$\hat{\sigma}_{LI1}^2$ = variância genética entre as linhagens de arroz irrigado no ambiente várzea úmida;

Q_{LI1} = quadrado médio das linhagens de arroz irrigado no ambiente várzea úmida.

g) Progresso esperado com base na média dos dois ambientes para as linhagens de várzea

$$G_{SLV\bar{1}2} = ds_{LV} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{LV}^2}{(1/2)Q_{LV}} \quad G_{SLV\bar{1}2}\% = \frac{G_{SLV}}{\bar{Y}_{LV}} \cdot 100$$

$$ds_{LV} = \bar{Y}_{LVS} - \bar{Y}_{LV}$$

sendo:

ds_{LV} = diferencial de seleção baseado na média dos dois ambientes para as linhagens de várzea;

\bar{Y}_{LVS} = média das linhagens de várzea selecionadas com base na média dos dois ambientes;

\bar{Y}_{LV} = média das linhagens de várzea nos dois ambientes;

Q_{LV} = quadrado médio para as linhagens de várzea nos dois ambientes.

h) Progresso esperado com base na média dos dois ambientes para as linhagens de arroz irrigado

$$G_{SLI\bar{1}2} = ds_{LI} \cdot \frac{\hat{\sigma}_{LI}^2}{(1/2)Q_{LI}} \quad G_{SLI\bar{1}2}\% = \frac{G_{SLI}}{\bar{Y}_{LI}} \cdot 100$$

$$ds_{LI} = \bar{Y}_{LIS} - \bar{Y}_{LI}$$

sendo:

ds_{LI} = diferencial de seleção baseado na média dos dois ambientes para as linhagens de arroz irrigado;

\bar{Y}_{LIS} = média das linhagens de arroz irrigado selecionadas com base na média dos dois ambientes;

\bar{Y}_{LI} = média das linhagens de arroz irrigado nos dois ambientes;

Q_{LI} = quadrado médio para as linhagens de arroz irrigado nos dois ambientes.

3.5.4. Correlações intraclases e entre ambientes

Foram obtidas as correlações intraclases por cruzamento e por ambiente para as linhagens de arroz em geral, de várzea e de irrigado, utilizando-se das seguintes fórmulas (STEEL & TORRIE, 1980):

$$r_{L1L1} = \frac{\hat{\sigma}_{L1}^2}{\hat{\sigma}_{L1}^2 + (1/3)\hat{\sigma}_e^2} \quad r_{L2L2} = \frac{\hat{\sigma}_{L2}^2}{\hat{\sigma}_{L2}^2 + (1/3)\hat{\sigma}_e^2}$$

$$r_{LV1LV1} = \frac{\hat{\sigma}_{LV1}^2}{\hat{\sigma}_{LV1}^2 + (1/3)\hat{\sigma}_e^2} \quad r_{LV2LV2} = \frac{\hat{\sigma}_{LV2}^2}{\hat{\sigma}_{LV2}^2 + (1/3)\hat{\sigma}_e^2}$$

$$r_{LI1LI1} = \frac{\hat{\sigma}_{LI1}^2}{\hat{\sigma}_{LI1}^2 + (1/3)\hat{\sigma}_e^2} \quad r_{LI2LI2} = \frac{\hat{\sigma}_{LI2}^2}{\hat{\sigma}_{LI2}^2 + (1/3)\hat{\sigma}_e^2}$$

sendo:

r_{L1L1} e r_{L2L2} = correlações intraclasse para as linhagens nos ambientes várzea úmida e irrigado, respectivamente;

r_{LV1LV1} e r_{LV2LV2} = correlações intraclasse para as linhagens de várzea nos ambientes várzea úmida e irrigado, respectivamente;

r_{LI1LI1} e r_{LI2LI2} = correlações intraclasse para as linhagens de arroz irrigado nos ambientes várzea úmida e irrigado, respectivamente;

$\hat{\sigma}_{L1}^2$ e $\hat{\sigma}_{L2}^2$ = variância genética entre as linhagens nos ambientes várzea úmida e irrigado, respectivamente;

$\hat{\sigma}_e^2$ = variância do erro efetivo médio.

De maneira análoga, foram estimadas as correlações entre ambientes por cruzamento, para as linhagens de arroz irrigado e de várzea, através das seguintes fórmulas:

$$r_{LV1LV2} = \frac{\hat{\sigma}_{LV}^2 - \hat{\sigma}_{LVA}^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_{FLV1}^2 \cdot \hat{\sigma}_{FLV2}^2}} \quad r_{LI1LI2} = \frac{\hat{\sigma}_{LI}^2 - \hat{\sigma}_{LIA}^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_{FLI1}^2 \cdot \hat{\sigma}_{FLI2}^2}}$$

sendo:

r_{LV1LV2} = correlação entre ambientes para as linhagens de várzea

$\hat{\sigma}_{FLV1}^2$ e $\hat{\sigma}_{FLV2}^2$ = variâncias fenotípicas entre as linhagens de várzea nos ambientes várzea úmida e irrigado, respectivamente.

r_{LI1LI2} = correlação entre ambientes para as linhagens de arroz irrigado

$\hat{\sigma}_{FLI1}^2$ e $\hat{\sigma}_{FLI2}^2$ = variâncias fenotípicas entre as linhagens de arroz irrigado nos ambientes várzea úmida e irrigado, respectivamente.

3.5.5. Coeficiente de concordância

A determinação do coeficiente de concordância foi feita por cruzamento, de acordo com a sugestão de HAMBLIN & ZIMMERMANN (1986). Para tanto, as linhagens foram classificadas pela produção de grãos em cada ambiente. Em seguida, selecionou-se as 40% melhores linhagens de várzea no ambiente várzea úmida, e verificou-se a frequência destas linhagens que ocupam as primeiras posições no ambiente irrigado, expressando o resultado em porcentagem.

O mesmo procedimento foi adotado para as linhagens de arroz irrigado selecionadas no ambiente irrigado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação geral das linhagens

As médias ajustadas das linhagens de arroz irrigado e de várzea oriundas dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, nos dois ambientes, são mostradas nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

É interessante notar que para o cruzamento Cica 8/Metica 1, as médias das produções em $\text{kg}/3,6\text{m}^2$ das linhagens de várzea, por ambiente e na média dos dois ambientes foram similares aos das linhagens de arroz irrigado. Tanto para as linhagens de arroz irrigado como para as de várzea as médias de produção do ambiente irrigado foram superiores aos de várzea úmida. As amplitudes de variação das linhagens de várzea nos ambientes várzea úmida e irrigado foram de 1,83 a $3,31\text{kg}/3,6\text{m}^2$ e de 2,22 a $3,50\text{kg}/3,6\text{m}^2$, respectivamente, enquanto que para as linhagens de arroz irrigado as produções oscilaram de 1,99 a $3,46\text{kg}/3,6\text{m}^2$ no ambiente várzea úmida e de 2,50 a $3,49\text{kg}/3,6\text{m}^2$ no ambiente irrigado. Apesar de não terem sido feitos testes para comparações das médias, das linhagens de várzea, 19 e 12 linhagens apresentaram produções superiores à média das testemunhas, nos sistemas de cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida, respectivamente, enquanto que, 18 e 7 linhagens de irrigado suplantaram as mesmas testemunhas, também em várzea úmida e em irrigado (Tabela 6).

Tabela 6. Médias ajustadas da produção de grãos das linhagens de várzea e irrigado, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1, nos ambientes várzea úmida e irrigado, corrigidas para umidade de 13%

Nº das linhagens	Ambientes		
	Várzea úmida	Irrigado	Média
Várzea			
1	2,29	2,90	2,59
2	2,62 ⁺	2,99	2,80
3	2,49	2,77	2,63
4	2,59	2,60	2,59
5	2,58	2,90	2,74
6	2,72 ⁺	2,76	2,74
7	2,54	2,79	2,66
8	2,89 ⁺	3,02	2,95 ⁺
9	2,45	2,99	2,72
10	2,67 ⁺	2,82	2,74
11	3,05 ⁺	3,29 ⁺	3,17 ⁺
12	3,21 ⁺	3,11 ⁺	3,16 ⁺
13	2,63 ⁺	2,90	2,76
14	2,83 ⁺	3,12 ⁺	2,97 ⁺
15	3,31 ⁺	3,17 ⁺	3,24 ⁺
16	3,00 ⁺	3,33 ⁺	3,16 ⁺
17	2,92 ⁺	2,64	2,78
18	2,70 ⁺	3,07 ⁺	2,88 ⁺
19	2,32	2,58	2,45
20	2,40	2,77	2,58
21	2,24	2,88	2,56
22	2,71 ⁺	2,85	2,78
23	2,29	2,85	2,57
24	2,70 ⁺	2,81	2,75
25	2,89 ⁺	2,80	2,84 ⁺
26	2,84 ⁺	3,33 ⁺	3,08 ⁺
27	2,55	3,16 ⁺	2,85 ⁺
28	2,78 ⁺	2,95	2,86 ⁺

Tabela 6. Continuação

Nº das linhagens	Ambientes		
	Várzea úmida	Irrigado	Média
Várzea			
29	2,56	3,50 ⁺	3,03 ⁺
30	2,25	2,78	2,51
31	2,55	3,27 ⁺	2,91 ⁺
32	2,03	2,54	2,28
33	2,26	2,32	2,29
34	2,42	2,91	2,66
35	2,67 ⁺	2,65	2,66
36	2,72 ⁺	3,10 ⁺	2,91 ⁺
37	2,56	2,90	2,73
38	1,83	2,22	2,02
39	2,47	3,05 ⁺	2,76
40	2,40	2,76	2,58
Média	2,60	2,90	2,75
Irrigado			
41	2,60 ⁺	3,19 ⁺	2,89 ⁺
42	2,94 ⁺	3,49 ⁺	3,21 ⁺
43	2,69 ⁺	2,94	2,81
44	2,49	3,10 ⁺	2,79
45	2,53	3,06 ⁺	2,79
46	2,29	2,67	2,48
47	2,59	2,67	2,63
48	2,49	2,87	2,68
49	3,46 ⁺	2,80	3,13 ⁺
50	2,39	2,96	2,67
51	2,83 ⁺	3,24 ⁺	3,03 ⁺
52	2,61 ⁺	2,74	2,67
53	2,87 ⁺	3,02	2,94 ⁺
54	2,36	2,90	2,63
55	2,53	2,82	2,67
56	2,62 ⁺	2,80	2,71
57	2,69 ⁺	3,23 ⁺	2,96 ⁺

Tabela 6. Continuação

Nº das linhagens	Ambientes		Média
	Várzea úmida	Irrigado	
Irrigado			
58	2,37	2,81	2,59
59	2,31	2,68	2,49
60	2,87 ⁺	2,95	2,91 ⁺
61	1,99	2,81	2,40
62	2,83 ⁺	3,18 ⁺	3,00 ⁺
63	2,61 ⁺	2,98	2,79
64	2,61 ⁺	2,92	2,76
65	2,55	2,93	2,74
66	2,28	2,87	2,57
67	2,59	2,96	2,77
68	2,75 ⁺	2,94	2,84 ⁺
69	2,61 ⁺	2,51	2,56
70	2,57	2,68	2,62
71	2,55	2,76	2,65
72	2,63 ⁺	3,00	2,81
73	2,82 ⁺	2,79	2,80
74	2,48	2,65	2,56
75	2,42	2,82	2,62
76	2,48	2,50	2,49
77	2,47	2,67	2,57
78	2,64 ⁺	2,74	2,69
79	2,56	2,85	2,70
Média	2,59	2,88	2,73
Testemunhas			
Cica 8	2,42	2,96	2,69
Metica 1	2,77	3,13	2,95
Média	2,59	3,04	2,82

\bar{Y}_{L1} = 2,59 (média geral das linhagens no ambiente várzea úmida)

\bar{Y}_{L2} = 2,89 (média geral das linhagens no ambiente irrigado)

\bar{Y}_{L12} = 2,74 (média geral das linhagens nos dois ambientes)

+ : Linhagens com produção de grãos superior à média das testemunhas.

As linhagens deste cruzamento apresentaram um alto potencial de produção o que, teoricamente, seria de se esperar, já que os dois progenitores, Cica 8 e Metica 1, são variedades de elevadas produtividades, utilizadas em plantios comerciais nos sistemas de cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida no caso da primeira, e em irrigado, no caso da última. É sabido que a probabilidade de obtenção de linhagens superiores é função da frequência gênica da população, o que significa que melhores linhagens são mais facilmente obtidas em populações base formadas através da recombinação de materiais elite (FEHR, 1987).

Para o cruzamento 17388//7153/5738 (Tabela 7), as médias de produção por ambiente e na média dos dois ambientes, das linhagens de várzea, foram semelhantes. O mesmo ocorreu para as linhagens de arroz irrigado. As faixas de variação da produção de grãos nos ambientes várzea úmida e irrigado foram, respectivamente, de 1,83 a 2,95kg/3,6m² e 1,76 a 2,81kg/3,6m² para as linhagens de várzea de 1,78 a 3,00kg/m² e 1,71 a 2,77 kg/m² para as linhagens de arroz irrigado.

Tomando-se por base a produção média das testemunhas em cada ambiente, na Tabela 7, verifica-se que apenas duas e quatro linhagens de várzea, e uma e quatro linhagens de arroz irrigado tiveram produções superiores, correspondentes respectivamente, aos ambientes várzea úmida e irrigado. Isto, juntamente com as menores produções médias, evidenciam o baixo potencial produtivo destas linhagens, quando comparadas com aquelas oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1. Cabe ressaltar que neste caso também, não foram feitos testes para comparações das médias de produção.

Tabela 7. Médias ajustadas da produção grãos das linhagens de várzea e irrigado oriundas do cruzamento 17388//7153/5738, nos ambientes várzea úmida e irrigado, corrigidas para umidade de 13%

Nº das linhagens	Ambientes		Média
	Várzea úmida	Irrigado	
Várzea			
1	2,69	1,83	2,26
2	2,94 ⁺	2,55	2,74
3	2,21	1,67	1,94
4	2,47	2,09	2,28
5	2,07	2,31	2,19
6	2,53	2,60	2,56
7	2,18	2,15	2,16
8	2,95 ⁺	2,50	2,72
9	2,23	2,35	2,29
10	2,39	2,81 ⁺	2,60
11	2,41	2,53	2,47
12	2,43	2,26	2,34
13	2,57	2,30	2,43
14	2,76	2,61	2,68
15	1,83	1,76	1,79
16	2,46	2,48	2,47
17	2,09	2,18	2,13
18	2,59	2,38	2,48
19	2,49	2,45	2,47
20	2,09	2,11	2,10
21	2,53	2,46	2,49
22	2,47	2,65	2,56
23	2,53	2,20	2,36
24	2,43	2,72 ⁺	2,57
25	2,38	2,51	2,44
26	2,56	2,63	2,59
27	2,34	2,37	2,35
28	2,42	2,64	2,53
29	2,36	2,21	2,28

Tabela 7. Continuação

Nº das linhagens	Ambientes		
	Várzea úmida	Irrigado	Média
Várzea			
30	2,50	2,29	2,39
31	2,43	2,35	2,39
32	2,69	2,30	2,49
33	2,35	2,59	2,47
34	2,25	2,36	2,30
35	2,06	1,88	1,97
36	2,49	2,42	2,45
37	2,49	2,41	2,45
38	2,55	2,68 ⁺	2,61
39	2,69	2,60	2,64
40	2,75	2,78 ⁺	2,76
Média	2,44	2,37	2,40
Irrigado			
41	2,24	2,37	2,30
42	2,30	2,19	2,24
43	2,30	1,87	2,08
44	1,83	1,49	1,66
45	2,37	2,22	2,29
46	2,55	2,33	2,44
47	2,62	2,21	2,41
48	1,86	1,96	1,91
49	1,90	1,77	1,83
50	2,24	2,35	2,29
51	2,20	2,20	2,20
52	2,31	2,20	2,25
53	2,21	2,13	2,17
54	2,33	2,37	2,35
55	2,48	2,41	2,44
56	2,20	2,77 ⁺	2,48
57	2,31	2,21	2,26
58	2,42	2,73 ⁺	2,57
59	2,49	2,20	2,34

Tabela 7. Continuação

Nº das linhagens	Ambientes		Média
	Várzea úmida	Irrigado	
Irrigado			
60	2,49	2,63	2,56
61	2,44	2,47	2,45
62	2,65	2,30	2,47
63	2,39	2,65	2,52
64	1,97	2,23	2,10
65	2,11	2,18	2,14
66	2,20	2,39	2,29
67	1,95	2,02	1,98
68	2,16	2,42	2,29
69	1,78	2,13	1,95
70	2,19	2,40	2,29
71	2,01	2,21	2,11
72	3,00 ⁺	2,72 ⁺	2,86 ⁺
73	2,51	2,69 ⁺	2,60
74	2,25	1,71	1,98
75	2,38	2,40	2,39
76	2,08	2,49	2,28
77	2,24	2,12	2,18
78	2,26	2,38	2,32
79	2,12	2,09	2,10
Média	2,26	2,27	2,27
Testemunhas			
Cica 8	2,64	2,60	2,62
Metica 1	3,11	2,74	2,92
Média	2,87	2,67	2,77

$\bar{Y}_{L'1}$ = 2,35 (média geral das linhagens no ambiente várzea úmida)

$\bar{Y}_{L'2}$ = 2,32 (média geral das linhagens no ambiente irrigado)

$\bar{Y}_{L'12}$ = 2,33 (média geral das linhagens nos dois ambientes)

+ : Linhagens com produção de grãos superior à média das testemunhas.

As Tabelas 8 e 9 mostram as 40% melhores linhagens de arroz irrigado e de várzea originárias dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, respectivamente, selecionadas nos dois ambientes. Comparando-se as médias de produção, verifica-se que tanto as linhagens de arroz irrigado como as de várzea do cruzamento Cica 8/Metica 1, tiveram produções superiores às do outro cruzamento nos dois sistemas de cultivo, o que demonstra o maior potencial produtivo destas linhagens.

As produções médias das 40% melhores linhagens de várzea e irrigado selecionadas com base na média dos dois ambientes por cruzamentos, são mostrados na Tabela 10. Também neste caso, as linhagens obtidas do cruzamento Cica 8/Metica 1 apresentaram produtividades médias superiores às do cruzamento 17388//7153/5738.

Tabela 8. Médias ajustadas da produção de grãos das 40% melhores linhagens de arroz irrigado e de várzea, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1 selecionadas nos ambientes várzea úmida e irrigado, corrigidas para umidade de 13%

Várzea úmida		
Nº de ordem	Nº das linhagens	Médias ajustadas
Várzea		
1	15	3,31
2	12	3,21
3	11	3,05
4	16	3,00
5	17	2,92
6	8	2,89
7	25	2,89
8	26	2,84
9	14	2,83
10	28	2,78
11	36	2,72
12	6	2,72
13	22	2,71
14	18	2,70
15	24	2,70
16	10	2,67
Média	-	2,87
Irrigado		
1	49	3,46
2	42	2,94
3	53	2,87
4	60	2,87
5	51	2,83
6	62	2,83
7	73	2,82
8	68	2,75
9	43	2,69
10	57	2,69
11	78	2,64
12	72	2,63
13	56	2,62
14	52	2,61
15	63	2,61
16	64	2,61
Média	-	2,78

Tabela 8. Continuação

Irrigado		
Nº de ordem	Nº das linhagens	Médias ajustadas
Várzea		
1	29	3,50
2	16	3,33
3	26	3,33
4	11	3,29
5	31	3,27
6	15	3,17
7	27	3,16
8	14	3,12
9	12	3,11
10	36	3,10
11	18	3,07
12	39	3,05
13	8	3,02
14	2	2,99
15	9	2,99
16	28	2,95
Média	-	3,15
Irrigado		
1	42	3,49
2	51	3,24
3	57	3,23
4	41	3,19
5	62	3,18
6	44	3,10
7	45	3,06
8	53	3,02
9	72	3,00
10	63	2,98
11	50	2,96
12	67	2,96
13	60	2,95
14	68	2,94
15	65	2,93
16	64	2,92
Média	-	3,07

Tabela 9. Médias ajustadas da produção de grãos das 40% melhores linhas de arroz irrigado e de várzea, oriundas do cruzamento 17388//7153/5738, nos ambientes várzea úmida e irrigado, corrigidas para umidade de 13%

Várzea úmida		
Nº de ordem	Nº das linhagens	Médias ajustadas
Várzea		
1	8	2,95
2	2	2,94
3	14	2,76
4	40	2,75
5	1	2,69
6	32	2,69
7	39	2,69
8	18	2,59
9	13	2,57
10	26	2,56
11	38	2,55
12	6	2,53
13	21	2,53
14	23	2,53
15	30	2,50
16	19	2,49
Média	-	2,64
Irrigado		
1	72	3,00
2	62	2,65
3	47	2,62
4	46	2,55
5	73	2,51
6	59	2,49
7	60	2,49
8	55	2,48
9	61	2,44
10	58	2,42
11	63	2,39
12	75	2,38
13	45	2,37
14	54	2,33
15	52	2,31
16	57	2,31
Média	-	2,48

Tabela 9. Continuação

Irrigado		
Nº de ordem	Nº das linhagens	Médias ajustadas
Várzea úmida		
1	10	2,81
2	40	2,78
3	24	2,72
4	38	2,68
5	22	2,65
6	28	2,64
7	26	2,63
8	14	2,61
9	6	2,60
10	39	2,60
11	33	2,59
12	2	2,55
13	11	2,53
14	25	2,51
15	8	2,50
16	16	2,48
Média	-	2,62
Irrigado		
1	56	2,77
2	58	2,73
3	72	2,72
4	73	2,69
5	63	2,65
6	60	2,63
7	76	2,49
8	61	2,47
9	68	2,42
10	55	2,41
11	70	2,40
12	75	2,40
13	66	2,39
14	78	2,38
15	54	2,37
16	41	2,37
Média	-	2,52

Tabela 10. Médias ajustadas da produção de grãos das 40% melhores linhagens de arroz irrigado e de várzea, oriundas dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, selecionadas com base na média dos dois ambientes, corrigidas para umidade de 13%

Cica 8/Metica 1		
Nº de ordem	Nº das linhagens	Médias ajustadas
Várzea		
1	15	3,24
2	11	3,17
3	12	3,16
4	16	3,16
5	26	3,08
6	29	3,03
7	14	2,97
8	8	2,95
9	36	2,91
10	31	2,91
11	18	2,88
12	28	2,86
13	27	2,85
14	25	2,84
15	2	2,80
16	17	2,78
Média	-	2,97
Irrigado		
1	42	3,21
2	49	3,13
3	51	3,03
4	62	3,00
5	57	2,96
6	53	2,94
7	60	2,91
8	41	2,89
9	68	2,84
10	43	2,81
11	72	2,81
12	73	2,80
13	44	2,79
14	45	2,79
15	63	2,79
16	67	2,77
Média	-	2,90

Tabela 10. Continuação

17388//7153/5738		
Nº de ordem	Nº das linhagens	Médias ajustadas
Várzea úmida		
1	40	2,76
2	2	2,74
3	8	2,72
4	14	2,68
5	39	2,64
6	38	2,61
7	10	2,60
8	26	2,59
9	24	2,57
10	22	2,56
11	6	2,56
12	28	2,53
13	21	2,49
14	32	2,49
15	18	2,48
16	11	2,47
Média	-	2,59
Irrigado		
1	72	2,86
2	73	2,60
3	58	2,57
4	60	2,56
5	63	2,52
6	56	2,48
7	62	2,47
8	61	2,45
9	46	2,44
10	55	2,44
11	47	2,41
12	75	2,39
13	54	2,35
14	59	2,34
15	78	2,32
16	41	2,30
Média	-	2,47

4.2. Análise de variância

As análises individuais de variância dos látices 9 x 9 por ambiente para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, encontram-se nas Tabelas 11 e 12, respectivamente. Os delineamentos em látice apresentaram eficiência em relação aos de bloco casualizado, equivalentes a 115,30% a 153,51%. Segundo MIRANDA FILHO (1987), com valores entre 100% e 115%, considera-se de um modo geral a não eficiência do látice e o experimento pode ser analisado como blocos casualizados. As eficiências relativamente altas dos látices para três ensaios (135,59%, 141,27% e 153,51%), podem ser atribuídas em parte ao elevado número de materiais avaliados e ao solo do tipo hidromórfico, das áreas experimentais. Neste solo é comum a ocorrência de manchas por ser o mesmo formado pela deposição de sedimentos de origem fluvial.

Os coeficientes de variação ambiental foram, em geral, relativamente baixos em todos os quatro experimentos, variando de 7,44% a 10,42%. Detectaram-se valores de F altamente significativos ($P < 0,01$) para os quadrados médios de tratamentos ajustados em todos os ensaios (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11. Análises individuais de variância para o caráter produção de grãos em kg/3,6m² de 40 linhagens de arroz de várzea e 39 linhagens de arroz irrigado, oriundas do cruzamento Cica 8/Mética 1 e duas testemunhas, nos ambientes várzea úmida e irrigado

FV	Várzea úmida		Irrigado	
	GL	QM	GL	QM
Repetições	2		2	
Blocos/Repetições (ajustados)	24		24	
Tratamentos (ajustados)	80	0,1836**	80	0,1511**
Erro efetivo	136	0,0371	136	0,0517
Eficiência	135,59		141,27	
Média	2,587		2,899	
CV _e (%)	7,44		7,84	

** : Significativo ao nível de 1% pelo teste F

CV_e % : Coeficiente de variação ambiental.

Tabela 12. Análises individuais de variância para o caráter produção de grãos em kg/3,6m² de 40 linhagens de arroz de várzea e 39 linhagens de arroz irrigado, oriundas do cruzamento 17388//7153/5738 e duas testemunhas, nos ambientes várzea úmia e irrigado

FV	Várzea úmia		Irigado	
	GL	QM	GL	QM
Repetições	2		2	
Blocos/Repetições (ajustados)	24		24	
Tratamentos (ajustados)	80	0,1928**	80	0,2143**
Erro efetivo	136	0,0609	136	0,0450
Eficiência	115,30		153,51	
Média	2,368		2,333	
CV _e (%)	10,42		9,10	

** : Significativo ao nível de 1% pelo teste F

CV_e % : Coeficiente de variação ambiental.

Os erros efetivos, por cruzamento (Tabelas 11 e 12), são bastante homogêneos. Portanto, optou-se pela utilização nas outras análises de variância, de um erro efetivo médio por cruzamento a saber: de 0,0148 para Cica 8/Metica 1 e 0,0176 para 17388//7153/5738. Isto possibilita uma comparação mais consistente dos vários componentes de variância, de um mesmo cruzamento, já que eles são estimados com o mesmo erro.

As Tabelas 13 e 14 evidenciam as análises individuais de variâncias feitas com as médias ajustadas dos tratamentos, mostrando o desdobramento dos quadrados médios de tratamentos para os dois cruzamentos, nos ambientes várzea úmida e irrigado, respectivamente. Houve significância de F ($P < 0,01$) para os quadrados médios de linhagens de arroz irrigado e de várzea dos dois cruzamentos, nos dois ambientes. Estes resultados mostram a considerável variação existente nas linhagens utilizadas.

Em várzea úmida (Tabela 13), as testemunhas apresentaram rendimentos de grãos diferenciados, evidenciados pela significância ($P < 0,05$) associada aos quadrados médios, enquanto que no ambiente irrigado (Tabela 14) elas tiveram produtividades similares, mostradas pela não significância dos respectivos valores F.

Tabela 13. Análises individuais de variância feitas com as médias dos tratamentos ajustadas, mostrando o desdobramento dos quadrados médios de tratamentos com as respectivas esperanças, dos experimentos conduzidos em várzea úmida, para os cruzamentos Cica 8/Metlica 1 e 17388//7153/5738. Produção de grãos em kg/3,6m²

FV	GL	Cica 8/Metlica 1 QM	17388//7153/5738 QM	E(QM)
Tratamentos	80	0,0701**	0,0710**	$(1/3)\sigma_{e1}^2 + \sigma_{LI}^2$
Linhagens Várzea (LV)	39	0,0882**	0,0544**	$(1/3)\sigma_{e1}^2 + \sigma_{LV1}^2$
Linhagens Irrigado (LI)	38	0,0554**	0,0604**	$(1/3)\sigma_{e1}^2 + \sigma_{LI1}^2$
Testemunhas	1	0,0619*	0,1139*	
Grupos	2	0,0004 ^{ns}	0,5754**	
Erro efetivo médio	136	0,0148	0,0176	$(1/3)\sigma_{e1}^2$

**; * - Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F

ns = Não significativo

Tabela 14. Análises individuais de variância feitas com as médias dos tratamentos ajustadas, mostrando o desdobramento dos quadrados médios de tratamentos com as suas respectivas esperanças, dos experimentos conduzidos em irrigado, para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738. Produção de grãos em kg/3,6m²

FV	GL	Cica 8/Metica 1	17388//7153/5738	E(QM)
		QM	QM	
Tratamentos	80	0,0551**	0,0783**	$(1/3)\sigma_{e2}^2 + \sigma_{L2}^2$
Linhagens Várzea (LV)	39	0,0702**	0,0730**	$(1/3)\sigma_{e2}^2 + \sigma_{LV2}^2$
Linhagens Irrigado (LI)	38	0,0422**	0,0781**	$(1/3)\sigma_{e2}^2 + \sigma_{LI2}^2$
Testemunhas	1	0,0154ns	0,0101ns	
Grupos	2	0,0255ns	0,2216**	
Erro efetivo médio	136	0,0148	0,0176	$(1/3)\sigma_{e2}^2$

** = Significativo ao nível de 1% pelo teste F

ns = Não significativo

As análises conjuntas, envolvendo os dois ambientes para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, são mostradas nas Tabelas 15 e 16, respectivamente. Os coeficientes de variação de 7,69% (Tabela 15) e de 9,78% (Tabela 16) foram também relativamente baixos, o que evidencia uma boa precisão experimental.

Interações altamente significativas ($P < 0,01$) foram obtidas para as linhagens de arroz irrigado e de várzea com ambientes, para os dois cruzamentos. Isto significa que as linhagens tiveram comportamentos diferenciados nos dois ambientes. SILVEIRA (1980) obteve interação altamente significativa para cultivares x locais em diversas variedades de arroz de sequeiro avaliadas em vários locais no Estado de São Paulo. A análise desta interação permitiu identificar a sub-região homogênea formada por quatro locais onde a interação era reduzida em um quinto, quando comparada com a região tomada como um todo. O autor sugere também, o desenvolvimento de programa de melhoramento de arroz de sequeiro visando obter variedades de ampla adaptação para a sub-região heterogênea.

A implicação prática da significância estatística da interação linhagens x ambientes depende da causa da interação. Interação que envolve mudanças na classificação das linhagens de um ambiente para o outro, como ocorreu neste estudo, pode se constituir em problema para o melhoramento. Assim, o melhorista deve considerar a extensão de tais mudanças e seu impacto potencial no melhoramento genético. Isto será feito no decorrer do trabalho em pauta.

Tabela 15. Análise de variância conjunta dos látices 9 x 9, feita com as médias dos tratamentos ajustadas, envolvendo os dois ambientes para o cruzamento Cica 8/Metica 1, com o desdobramento dos quadrados médios de tratamentos e da interação tratamentos x ambientes, com as suas respectivas esperanças. Produção de grãos em kg/3,6m²

FV	GL	QM	E(QM)
Repetições/Ambientes	4		
Ambientes (A)	1	0,0401	
Tratamentos (T)	80	0,0940**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_T^2$
Linhagens Várzea (LV)	39	0,1270**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LV}^2$
Linhagens Irrigado (LI)	38	0,0648**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LI}^2$
Testemunhas (Test.)	1	0,0694*	
Grupos (G)	2	0,0171 ^{ns}	
T x A	80	0,0314**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{TA}^2$
LV x A	39	0,0314**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LVA}^2$
LI x A	38	0,0328**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LIA}^2$
Test. x A	1	0,0078 ^{ns}	
Entre G x A	2	0,0154 ^{ns}	
Erro efetivo médio	272	0,0148	$(1/3)\sigma^2$

$$CV_{e12}(\%) = 7,69$$

$$\bar{Y}_{L12} = 2,74 \text{ (média geral dos dois ambientes)}$$

$$\bar{Y}_{LV12} = 2,75 \text{ (média das linhagens de várzea nos dois ambientes)}$$

$$\bar{Y}_{LI12} = 2,73 \text{ (média das linhagens de arroz irrigado nos dois ambientes)}$$

$$\bar{Y}_{T12} = 2,82 \text{ (média das testemunhas nos dois ambientes)}$$

** , * = Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F

^{ns} = Não significativo

Tabela 16. Análise de variância conjunta dos látices 9 x 9, feita com as médias dos tratamentos ajustadas, envolvendo os dois ambientes para o cruzamento 17388//7153/5738, com os desdobramentos dos quadrados médios de tratamentos e da interação tratamentos x ambientes, com as suas respectivas esperanças. Produção de grãos em kg/3,6m²

FV	GL	QM	E(QM)
Repetições/Ambientes	4		
Ambientes (A)	1	0,0984	
Tratamentos (T')	80	0,0997**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{T'}^2$
Linhagens Várzea (LV')	39	0,0960**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LV'}^2$
Linhagens Irrigado (LI')	38	0,1077**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LI'}^2$
Testemunhas (Test.)	1	0,0959*	
Grupos (G)	2	0,0217 ^{ns}	
T' x A	80	0,0347**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{T'A}^2$
LV' x A	39	0,0314**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LV'A}^2$
LI' x A	38	0,0308**	$(1/3)\sigma^2 + 2\sigma_{LI'A}^2$
Test. x A	1	0,0281 ^{ns}	
Entre G x A	2	0,1754**	
Erro efetivo médio	272	0,0176	$(1/3)\sigma^2$

$$CV_{e'12}(\%) = 9,78$$

$$\bar{Y}_{L'12} = 2,35 \text{ (média geral dos dois ambientes)}$$

$$\bar{Y}_{LV'12} = 2,40 \text{ (média das linhagens de várzea nos dois ambientes)}$$

$$\bar{Y}_{LI'12} = 2,26 \text{ (média das linhagens de arroz irrigado nos dois ambientes)}$$

$$\bar{Y}_{T'12} = 2,77 \text{ (média das testemunhas nos dois ambientes)}$$

**; * = Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F

^{ns} = Não significativo

Os coeficientes de variação ambiental tanto das análises individuais como das conjuntas (Tabelas 11, 12, 15 e 16) foram, em geral, relativamente baixos para experimentos realizados em condições de campo. Estes, foram inferiores quando comparados com os coeficientes de variação normalmente obtidos dos ensaios em látices, de avaliação de linhagens nos sistemas de cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida conduzidos no CNPAF, a saber: média de 16,23% com uma variação de 9,87% a 20,9% no sistema várzea úmida, e média de 13,17% com uma variação de 10,8% a 16,9% no sistema de arroz irrigado.

Os fatores, dentre outros, que podem ter contribuído para controlar grande parte do erro experimental foi a utilização de parcelas de menor área (3 sulcos de 4m), repetições mais compactas através da redução do espaçamento entre blocos e bordaduras externas (dois sulcos) em cada repetição. Estes procedimentos permitem ter, blocos menores e portanto mais homogêneos, contornando-se, em parte, os problemas de manchas de solo comuns em solos hidromórficos.

ZIMMERMANN (1980) recomenda para ensaios de sequeiro o uso de 1m de sulco como bordadura de cabeceira e de dois sulcos como bordadura lateral. Entretanto, cabe ressaltar que para a utilização de somente uma bordadura externa, deve-se estratificar as linhagens a serem avaliadas quanto à altura e ao ciclo.

4.3. Estimativas dos componentes de variância, dos coeficientes de variação genética e dos índices de variação

As estimativas dos componentes de variância e dos coeficientes de variação e índices de variação para as linhagens de arroz irrigado e de várzea por ambiente e por cruzamento, são mostradas na Tabela 17.

Para o cruzamento Cica 8/Metica 1 a variância genética das linhagens de várzea no ambiente várzea úmida foi 1,32 vezes maior do que no ambiente irrigado. Também, nas linhagens de arroz irrigado, a variância genética em várzea úmida foi 1,48 vezes superior a de irrigado. A variância do erro (0,0148) foi de 1,85 a 4,96 vezes menor do que as variâncias genéticas entre linhagens.

A variabilidade genética relativa das linhagens para produção de grãos em $\text{kg}/3,6\text{m}^2$ foi medida através da determinação do coeficiente de variação genética ($\hat{\text{CVg}}\%$) (Tabela 17). Esta estimativa indica a quantidade de variabilidade genética entre linhagens em relação às médias populacionais respectivas.

Os valores de $\text{CVg}\%$ obtidos das análises individuais, para o cruzamento Cica 8/Metica 1, assumiram valores superiores a 7%, com exceção do valor do $\text{CVg}\%$ para as linhagens de arroz irrigado no ambiente irrigado, que foi de 5,75%. Em arroz, SEN *et alii* (1969), GOUD *et alii* (1969), MISHRA *et alii* (1973) e DAS & BORTHAKUR (1974), obtiveram estimativas deste parâmetro que variaram de 7,19% a 16,80%. Em milho, para as condições brasileiras, diversos autores consideram valores para este coeficiente acima de 7%, como indicadores do potencial genético das populações nas quais foram obtidos (LIMA *et alii*, 1974; SANTOS, 1977; SANTOS & NASPOLINI FILHO, 1986 e BIGOTO, 1988).

Tabela 17. Estimativas das variâncias genéticas para as linhagens de arroz irrigado ($\hat{\sigma}_{LI}^2$) e de várzea ($\hat{\sigma}_{LV}^2$) e do erro efetivo ($\hat{\sigma}_e^2$), e dos coeficientes de variação genética e índices de variação para as linhagens de arroz irrigado ($\hat{C}V_{gLI}\%$ e \hat{b}_{LI}) e de várzea ($\hat{C}V_{gLV}\%$ e \hat{b}_{LV}) por cruzamento e por ambiente para a produção de grãos em kg/3,6m²

Estimativas	Cica 8/Metica 1		17388//7153/5738	
	Várzea úmida	Irrigado	Várzea úmida	Irrigado
$\hat{\sigma}_{LV}^2$	0,0734	0,0554	0,0368	0,0554
$\hat{\sigma}_{LI}^2$	0,0406	0,0274	0,0428	0,0605
$\hat{\sigma}_e^2$	0,0148	0,0148	0,0176	0,0176
$\hat{C}V_{gLV}\%$	10,42	8,12	7,86	9,93
\hat{b}_{LV}	1,28	1,12	0,83	1,02
$\hat{C}V_{gLI}\%$	7,78	5,75	9,15	10,83
\hat{b}_{LI}	0,96	0,78	0,90	1,07

O índice de variação \hat{b} proposto por VENCovsky (1987) quantifica a proporção da variabilidade genética em relação à variabilidade ambiental e, como é retirado o efeito de médias pode-se comparar a variabilidade em populações avaliadas em diferentes ambientes. Analisando-se os índices de variação do cruzamento Cica 8/Metica 1, mostrados na Tabela 17 verifica-se que os valores de \hat{b} apresentados pelas linhagens de várzea nos ambientes várzea úmida ($\hat{b} = 1,28$) e irrigado ($\hat{b} = 1,12$) foram superiores aos das linhagens de arroz irrigado. Isto demonstra a presença de maior variabilidade genética entre as linhagens de várzea nos dois ambientes. Segundo VENCovsky (1987), na experimentação com progênies de milho quando \hat{b} vale 1,0 ou mais, tem-se uma situação muito favorável para a seleção.

Como mostra a Tabela 17, para o cruzamento 17388//7153/5738 houve uma inversão nas magnitudes das variâncias genéticas, em relação ao outro cruzamento, sendo que no ambiente irrigado, elas foram 1,50 e 1,41 vezes superiores, respectivamente, às variâncias das linhagens de várzea e de arroz irrigado no ambiente várzea úmida. Também a variância do erro foi de pequeno valor, sendo 2,09 a 3,44 vezes menor do que a variância genética das linhagens.

Os valores dos CVg% foram todos superiores a 7%, o que pode evidenciar a presença de suficiente variabilidade genética para as linhagens de arroz irrigado e de várzea em cada ambiente, para este cruzamento (Tabela 17). Os índices de variação, tanto das linhagens de várzea ($b_{LV} = 1,02$) como das de arroz irrigado ($b_{LI} = 1,07$) no ambiente irrigado foram superiores aos destas mesmas linhagens no outro ambiente. Isto demonstra que as linhagens expressaram mais a sua variabilidade genética no ambiente irrigado.

Analisando os dois cruzamentos conjuntamente (Tabela 17) verifica-se que as linhagens oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1, expressaram-se melhor em várzea úmida do que no ambiente irrigado, aumentando a variância genética. O inverso ocorreu com as linhagens do cruzamento 17388//7153/5738.

De uma maneira geral, as linhagens oriundas do ambiente várzea úmida mostraram um índice de variação (b_{LV}) acima de 1,0 nos dois ambientes evidenciando a presença de suficiente variabilidade genética, favorecendo a seleção (Tabela 17). O ambiente ideal de seleção seria aquele em que os genótipos expressassem ao máximo a sua variabilidade genética permitindo a identificação dos indivíduos superiores.

As baixas magnitudes das variâncias do erro (Tabela 17) corroboram os fatores citados anteriormente que, possivelmente, podem ter contribuído para reduzir significativamente o erro experimental.

A análise da interação genótipos x ambientes, derivada da análise de variância, tem sido utilizada principalmente para verificar se a interação foi ou não detectada. Estas são afirmações estatísticas e não especificam se as interações significativas têm importância biológica. Assim, a significância do teste F da interação tem menor valor do que a magnitude da mesma, em relação a variância genética entre genótipos (SCHUTZ & BERNARD, 1967).

No estudo em pauta, as variâncias das interações linhagens x ambientes foram de pequenas magnitudes, sendo 2,78 e 6,76 vezes menores do que as variâncias genéticas das linhagens de arroz irrigado e de várzea oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1, respectivamente. Também para o cruzamento 17388//7153/5738, as variâncias genéticas das

linhagens de arroz irrigado e de várzea foram 6,82 e 5,68 vezes superiores às suas respectivas interações (Tabela 18).

Além da expressiva redução no índice de variação \hat{b} , as linhagens de arroz irrigado apresentaram um menor CVg% (em virtude da baixa magnitude da estimativa da variância genética entre médias de progênes) em relação às linhagens de várzea do cruzamento Cica 8/Metica 1. Para o outro cruzamento, tanto os valores dos CVg% como dos índices de variação \hat{b} foram de magnitudes semelhantes, nas linhagens de arroz irrigado e de várzea.

De uma maneira geral, segundo COMSTOCK & MOLL (1963), o melhorista pode dirigir o seu programa de melhoramento visando obter variedades que se comportem bem em uma grande amplitude de ambientes, ou cultivares altamente adaptadas a tipos especiais de ambientes. A primeira alternativa é favorecida por uma pequena interação genótipos x ambientes e a segunda por uma grande interação genótipos x ambientes. Além disto, de acordo com PERKINS & JINKS (1971) e HILL (1975), evidências têm se acumulado mostrando que magnitude da interação genótipos x ambientes está sujeita a controle genético. Portanto, baseando-se na pequena magnitude das interações linhagens x ambientes obtidas e por estar sob controle genético, pode ser perfeitamente factível planejar um programa de melhoramento de arroz, objetivando selecionar simultaneamente variedades de alto potencial de produção, adaptadas aos sistemas de cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida. Como exemplo prático de material desta natureza, pode-se citar a variedade Cica 8, que tem alta produção e é amplamente cultivada em arroz irrigado e várzea úmida em cerca de 16 Estados brasileiros.

Tabela 18. Estimativas das variâncias genéticas das linhagens de várzea ($\hat{\sigma}_{LV}^2$) e de arroz irrigado ($\hat{\sigma}_{LI}^2$), das interações linhagens de várzea x ambientes ($\hat{\sigma}_{LVA}^2$) e linhagens de arroz irrigado x ambientes ($\hat{\sigma}_{LIA}^2$) e dos erros efetivos ($\hat{\sigma}^2$), e dos coeficientes de variação genética e índices de variação para as linhagens de arroz irrigado ($\hat{CV}_{gLI}\%$ e \hat{b}_{LI}) e várzea ($\hat{CV}_{gLV}\%$ e \hat{b}_{LV}), por cruzamento, envolvendo os dois ambientes. Produção de grãos em kg/3,6m²

Estimativas	Cruzamentos	
	Cica 8/Metica 1	17388//71 53/5738
$\hat{\sigma}_{LV}^2$	0,0561	0,0392
$\hat{\sigma}_{LI}^2$	0,0250	0,0450
$\hat{\sigma}_{LVA}^2$	0,0083	0,0069
$\hat{\sigma}_{LIA}^2$	0,0090	0,0066
$\hat{\sigma}^2$	0,0148	0,0176
$\hat{CV}_{gLV}\%$	8,61	8,25
\hat{b}_{LV}	1,12	0,86
$\hat{CV}_{gLI}\%$	5,79	9,39
\hat{b}_{LI}	0,75	0,92

4.4. Decomposição da interação linhagens x ambientes

O desdobramento da variância da interação linhagens de várzea x ambientes, para o cruzamento Cica 8/Metica 1, apresenta o valor 0,00063 referente a interação do tipo simples, enquanto que para o tipo complexo o valor é de 0,0160. Isto equivale, em termos percentuais, a 3,79% e 96,38%, respectivamente significando a primeira vista, que a linhagem superior em um ambiente pode não sê-lo no outro. A correlação genética nas linhagens de várzea entre os dois ambientes foi de elevada magnitude (0,74).

Ainda, no cruzamento Cica 8/Metica 1, com o desdobramento da variância da interação linhagens de arroz irrigado x ambientes observou-se para as interações simples e complexa valores de 0,00065 e 0,0174, respectivamente, correspondendo a 3,61% e 96,67%. Cabe ressaltar que para este caso, a correlação genética (0,48) foi bastante inferior à correlação genética nas linhagens de várzea. A pequena magnitude desta correlação (0,48) pode ser atribuída ao baixo valor da variância genética das linhagens de arroz irrigado nos dois ambientes (0,0250), como mostrou a Tabela 18.

Para o cruzamento 17388//7153/5738, o desdobramento da variância da interação linhagens de várzea x ambientes mostrou valores de 0,00094 e 0,0129 para as partes simples e complexa da interação, respectivamente. Isto corresponde, em termos percentuais a 6,81% e 93,48%. Nas linhagens de arroz irrigado, os valores da decomposição da interação foram semelhantes aos das linhagens de várzea, sendo de 0,00076 para a interação do tipo simples e 0,0124 para o tipo complexo, correspondentes a 5,76% e 93,94%, respectivamente. Os coeficientes de correlação foram de

0,71 nas linhagens de várzea e 0,75 nas linhagens de arroz irrigado.

É interessante notar que, exceto a correlação genética entre ambientes nas linhagens de arroz irrigado, para o cruzamento Cica 8/Metica 1, que foi de 0,48, as demais apresentaram valores acima de 0,70. A elevada magnitude das correlações, indicam a existência de uma grande correspondência entre as linhagens nos dois ambientes, ou seja, as melhores linhagens em um ambiente podem ser também as melhores no outro.

Segundo FALCONER (1978), um caráter medido em dois ambientes diferentes deve ser considerado como sendo dois caracteres distintos. Os mecanismos fisiológicos são, até certo ponto, diferentes e, consequentemente, os genes requeridos para uma alta atuação são também de certa maneira diferenciados. Se a correlação genética é alta, então o comportamento nos dois ambientes diferentes representa com bastante segurança o mesmo caráter determinado aproximadamente, pelo mesmo grupo de genes.

Apesar das elevadas correlações obtidas, e mesmo que a correlação genética fosse 0,95, a parte complexa da interação seria ainda duas a cinco vezes maior que a parte simples. Isso mostra que o desdobramento da interação genótipos x ambientes, da maneira que é focalizada atualmente, deve ser usado com certos critérios, evitando-se com isto fazer inferências errôneas sobre as mesmas. Parece, portanto, que o estudo da interação deve ser feito de uma maneira bem abrangente, procurando-se analisar todos os aspectos envolvidos, antes da tomada de decisão. Por exemplo, no presente estudo, a consideração apenas do desdobramento da interação poderia levar à conclusão da impossibilidade de seleção de materiais adaptados aos dois sistemas de cultivo.

4.5. Progressos esperados por seleção

O ambiente ótimo para seleção é aquele que permite a máxima manifestação da variância genética para o caráter sob seleção e, portanto, proporciona maiores ganhos por seleção.

A interação genótipos x ambientes tem forte influência nos progressos por seleção devido ao fato de ela introduzir tendenciosidade nas estimativas das variâncias genéticas, levando a uma discrepância entre o ganho de seleção realizado e o esperado. Entretanto, melhoramento para produção tem sido obtido virtualmente, em várias espécies cultivadas, indicando que os melhoristas têm superado alguns obstáculos da complexidade da interação genótipos x ambientes, obtendo progressos por seleção.

Neste estudo, estimaram-se os progressos por seleção direta e indireta para a produção de grãos em $\text{kg}/3,6\text{m}^2$, nos sistemas de cultivo de arroz de várzea úmida (ambiente 1) e de arroz irrigado (ambiente 2), cujos resultados são mostrados na Tabela 19. Para facilitar a discussão apresentar-se-ão os resultados por cruzamento.

Tabela 19. Progressos esperados em kg/3,6m² e em porcentagem da média, origem das linhagens, avaliação final e seleção e resposta à seleção para as linhagens de arroz irrigado e de várzea oriundas dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//71.53/5738

Cruzamentos	Origem	Avaliação final e seleção	Resposta	Progressos Esperados		
				kg/3,6m ²	% da média	
Cica 8/Metica 1	VU ^{1/}	VU	VU	0,2247	8,64	
	VU	VU	I ^{2/}	0,1463	5,63	
	VU	I	I	0,1973	6,80	
	VU	Média ^{3/}	Média	0,1944	7,07	
	I	I	I	0,1234	4,28	
	I	I	VU	0,0720	2,50	
	I	VU	VU	0,1392	5,37	
	I	Média	Média	0,1312	4,81	
	17388//7153/5738	VU	VU	VU	0,1353	5,54
		VU	VU	I	0,1187	4,86
VU		I	I	0,1897	8,00	
VU		Média	Média	0,1552	6,47	
I		I	I	0,1937	8,53	
I		I	VU	0,1229	5,41	
I		VU	VU	0,1559	6,90	
I		Média	Média	0,1671	7,36	

1/ Ambiente várzea úmida

2/ Ambiente irrigado

3/ Média dos dois ambientes

a) Cruzamento Cica 8/Metica 1

Comparando-se os progressos esperados em várzea úmida verifica-se que o ganho direto, $G_{S1/1}$ (seleção no ambiente 1 e resposta no mesmo) de 0,2247 kg/3,6m², foi superior a todos os demais, neste cruzamento. O ganho indireto, $G_{S1/2}$ (seleção no ambiente 2 e resposta no 1) de 0,0720 kg/3,6m² foi o de menor magnitude, correspondendo a apenas 32% do $G_{S1/1}$. Isto foi devido principalmente ao baixo valor da variância genética entre as linhagens de arroz irrigado nos dois ambientes (Tabela 18). Para as linhagens oriundas do ambiente irrigado, o progresso esperado através da seleção e resposta no ambiente 1 foi de $G_{SLI1/1} = 0,1392$ kg/3,6m², que equivale a 62% do $G_{S1/1}$.

A análise dos progressos esperados no ambiente irrigado mostra um ganho de 0,1234 kg/3,6m² para a seleção no ambiente 2 e resposta no mesmo ($G_{S2/2}$). O ganho indireto, quando a seleção foi feita no ambiente 1 e a resposta esperada no ambiente 2 foi de $G_{S2/1} = 0,1463$ kg/3,6m², correspondendo a 118% do $G_{S2/2}$. No caso em que a seleção inicial foi feita em várzea úmida e a seleção final e resposta no ambiente irrigado ($G_{SLV2/2}$), o progresso esperado foi de 0,1973 kg/3,6m², que equivale a 160% do $G_{S2/2}$. Estas superioridades, tanto do $G_{S2/1}$ como do $G_{SLV2/2}$ sobre o $G_{S2/2}$ podem ser atribuídas, principalmente, à maior magnitude das variâncias genéticas das linhagens de várzea no ambiente 2 e entre os dois ambientes, que foram cerca de duas vezes superiores a variância genética das linhagens de arroz irrigado no ambiente 2 (Tabelas 17 e 18). Tudo indica que as linhagens oriundas do sistema várzea úmida, para este cruzamento, tiveram uma máxima manifestação da variância genética nos dois ambientes.

O progresso esperado com base na média dos dois ambientes para as linhagens de várzea ($G_{SLV\bar{1}2} = 0,1944 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$) correspondeu a cerca de 86% do $G_{S1/1}$. Para as linhagens de arroz irrigado o $G_{SLI\bar{1}2} = 0,1312 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$ foi de magnitude semelhante ao $G_{S2/2}$. Calculando-se os ganhos diretos com seis repetições, para ter-se o mesmo nível de comparação com os ganhos baseados nas médias, já que estes são obtidos dividindo-se o quadrado médio de linhagens por seis (três repetições e dois locais), obtêm-se valores de $0,4494 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$ para o $G_{S1/1}$ e de $0,2468/3,6\text{m}^2$ para o $G_{S2/2}$, bastante superiores aos progressos obtidos com base na média dos dois ambientes. Assim, o uso de seis repetições nos ensaios de avaliação em cada ambiente proporciona ganhos que são aproximadamente o dobro dos $G_{SLV\bar{1}2}$ e $G_{SLI\bar{1}2}$.

b) Cruzamento 17388//7153/5738

O ganho direto, quando a seleção foi praticada em várzea úmida e resposta no mesmo ambiente, $G_{S'1/1} = 0,1353 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$, foi bastante inferior ao ganho direto obtido para as linhagens de várzea do cruzamento Cica 8/Metica 1 (Tabela 19). O ganho indireto, $G_{S'2/1}$ (seleção no ambiente 1 e resposta no 2) de $0,1229 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$, correspondeu a 91% do $G_{S'1/1}$. O progresso esperado nas linhagens de arroz irrigado no caso em que a seleção foi feita no ambiente 1 e resposta no mesmo ambiente ($G_{SLI'1/1}$), de $0,1559 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$ equivaleu a 115% do $G_{S'1/1}$. A superioridade do $G_{SLI'1/1}$ em relação ao $G_{S'1/1}$ pode ter sido devido, em parte, à maior magnitude da variância genética entre as linhagens de arroz irrigado no ambiente várzea úmida (Tabela 17).

Analisando-se as respostas à seleção no ambiente irrigado, verifica-se que o ganho direto ($G_{S,2/2} = 0,1937 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$) foi superior ao $G_{S2/2}$ estimado para as linhagens de irrigado do cruzamento Cica 8/Metisca 1. O valor do $G_{S,2/1} = 0,1187 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$ foi o de menor magnitude, correspondendo a apenas 61% do $G_{S,2/2}$. A exemplo do cruzamento Cica 8/Metisca 1, o progresso esperado com seleção no ambiente 2 e resposta no mesmo para as linhagens de várzea ($G_{SLV,2/2} = 0,1897 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$) foi de elevada magnitude, sendo praticamente igual ao $G_{S,2/2}$.

O ganho genético baseado na média dos dois ambientes para as linhagens de várzea ($G_{SLV,\bar{12}} = 0,1552 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$) foi cerca de 15% superior ao $G_{S,1/1}$. O inverso ocorreu para as linhagens de arroz irrigado, cujo progresso $G_{SLI,\bar{12}} = 0,1671 \text{ kg}/3,6\text{m}^2$ foi aproximadamente 14% inferior ao $G_{S,2/2}$. Estimando-se os ganhos diretos com seis repetições, verifica-se que os progressos diretos $G_{S,1/1}$ e $G_{S,2/2}$ foram 1,74 e 2,32 vezes superiores aos $G_{SLV,\bar{12}}$ e $G_{SLI,\bar{12}}$, respectivamente.

Estimativas de ganho genético, em porcentagem da média para a produção de grãos de arroz feitas por vários autores mostraram uma variação de 7,79% a 27,25% (SEN *et alii*, 1969; GOUD *et alii*, 1969 e DAS & BORTHAKUR, 1974). Comparando-se com os resultados obtidos no presente estudo, verifica-se que a grande maioria dos progressos esperados em porcentagem da média (Tabela 19) estão abaixo de 7%. Esta discrepância pode ser devida à amostragem das linhagens avaliadas e dos ambientes de teste.

Observando-se os progressos esperados (Tabela 19) verifica-se que, para o cruzamento Cica 8/Metica 1, os ganhos genéticos nas linhagens de várzea foram, de uma maneira geral, superiores aos obtidos para as linhagens de arroz irrigado. O inverso ocorreu para as linhagens do cruzamento 17388//7153/5738.

É interessante notar que os valores dos $G_{SLV2/2}$ foram 1,42 e 1,22 vezes superiores aos valores dos $G_{SLI1/1}$ para os cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738, respectivamente. Esta superioridade das linhagens de várzea pode ter ocorrido devido ao fato de que, nas seleções iniciais no sistema de cultivo de várzea úmida, houve uma fixação de alelos favoráveis que se expressaram completamente nos dois ambientes. Isto ficou evidente, pelos índices de variação \hat{b} nas linhagens de várzea que foram, de uma maneira geral, maiores do que 1,0 (Tabela 17).

Considerando-se a média dos dois cruzamentos, o ganho genético direto, no ambiente várzea úmida ($G_{SLI1/1} = 7,14\%$), foi superior ao progresso genético nas linhagens de arroz irrigado no ambiente várzea úmida ($G_{SLI1/1} = 6,09\%$), enquanto que o ganho genético direto no ambiente irrigado ($G_{S2/2} = 6,17\%$) foi inferior ao ganho genético nas linhagens de várzea no ambiente irrigado ($G_{SLV2/2} = 7,36\%$).

Os progressos genéticos estimados, indicam que uma das alternativas de um programa de melhoramento de arroz irrigado, seria efetuar-se as seleções iniciais, até F_5 , em várzea úmida, e as avaliações e seleções finais em cada sistema, independentemente. Este esquema pode aumentar a probabilidade de obtenção de linhagens de alta produção adaptadas aos sistemas de cultivo de várzea úmida e irrigado. Além disto, pode-se ter uma grande economia de recursos financeiros e humanos.

Diversos autores têm sugerido esquemas semelhantes em várias culturas, como é o caso de RASMUSSEN & GLASS (1967) em cevada, BOYD *et alii* (1976) em trigo e FRANCIS *et alii* (1978a) e FRANCIS *et alii* (1978b) em feijão.

4.6. Correlações intraclases e entre ambientes, e coeficiente de concordância

A correlação intraclasse, que é a correlação entre as médias dos tratamentos dentro de um experimento, é um parâmetro genético de importância para o melhoramento, pois ela é uma medida da consistência dos dados obtidos nos ensaios de avaliação de linhagens, ou seja, ela dá uma idéia da repetibilidade do material entre as repetições de cada ambiente. Além disto, ela serve de referencial para as correlações entre ambientes. Quando a correlação intraclasse é de baixa magnitude não deve-se esperar altas correlações entre ambientes.

No estudo em pauta, as correlações intraclasse (Tabela 20) foram todas superiores a 0,60, consideradas de elevada magnitude.

A correlação entre ambientes mede a correlação existente entre as médias dos tratamentos de um ambiente para o outro. Quando esta correlação é de baixa magnitude, não deve-se esperar a obtenção de substanciais progressos genéticos através de seleção.

Tabela 20. Estimativas das correlações intraclasse para as linhagens de arroz em geral (r_{LL}), de várzea (r_{LVLV}) e de arroz irrigado (r_{LILL}) nos ambientes várzea úmida (1) e irrigado (2), e correlações entre ambientes para as linhagens de arroz irrigado (r_{LILLI2}) e de várzea (r_{LVILV2}), dos cruzamentos Cica 8/Metica 1 e 17388//7153/5738. Produção de grãos em kg/3,6m².

Correlações	Cica 8/Metica 1				17388//7153/5738	
	Várzea úmida	Irrigado	Várzea úmida e Irrigado	Várzea úmida	Irrigado	Várzea úmida e Irrigado
Intraclasse						
r_{LL}	0,79	0,86	-	0,75	0,77	-
r_{LVLV}	0,83	0,79	-	0,68	0,76	-
r_{LILL}	0,73	0,65	-	0,71	0,77	-
Entre Ambientes						
r_{LVILV2}			0,61			0,51
r_{LILLI2}			0,33			0,56

Analisando-se as estimativas das correlações entre ambientes mostradas na Tabela 20, verifica-se que, para as linhagens de arroz irrigado do cruzamento Cica 8/Metica 1 ela foi de pequena magnitude (0,33). Isto explica, em parte, os pequenos progressos genéticos esperados quando comparados com os das linhagens de várzea do mesmo cruzamento (Tabela 19). As outras correlações foram todas superiores a 0,50, corroborando os ganhos genéticos estimados.

Comparando-se as correlações intraclasse com as correlações entre ambientes para as linhagens de várzea dos dois cruzamentos, nos dois ambientes (Tabela 20), verifica-se a existência de uma certa consistência entre estes parâmetros, o que reforça o argumento de que se pode utilizar o ambiente várzea úmida nas seleções iniciais, dentro de um programa de melhoramento de arroz irrigado.

O coeficiente de concordância mede a repetibilidade das linhagens de um ambiente para o outro. As Figuras 1 a 4 mostram a produção de grãos em $\text{kg}/3,6\text{m}^2$ das linhagens em comum de arroz irrigado e de várzea selecionadas nos ambientes várzea úmida e irrigado para os dois cruzamentos.

Para o cruzamento Cica 8/Metica 1, o coeficiente de concordância foi de 62,5% para as linhagens de várzea e de arroz irrigado. Isto significa que de 16 linhagens de várzea em 40 (pressão de seleção de 40%), selecionadas no ambiente várzea úmida, dez delas ocuparam as primeiras posições no ambiente irrigado. O mesmo ocorreu para as linhagens de arroz irrigado (Figuras 1 e 2).

No caso do cruzamento 17388//7153/5738, os coeficientes de concordância foram também elevados, sendo de 50,0% e 56,2% para as linhagens de várzea e de arroz irrigado, respectivamente (Figuras 3 e 4).

Cabe ressaltar que, em um programa de melhoramento, o número de linhagens testadas anualmente é bem superior ao utilizado neste trabalho. Considerando-se a avaliação de 400 linhagens e usando-se a mesma pressão de seleção (40%) e o coeficiente de concordância médio de 57,8% ter-se-ia uma repetibilidade teórica de um ambiente para o outro de cerca de 92 linhagens.

O coeficiente de concordância das 40% piores linhagens de arroz irrigado e de várzea, para os dois cruzamentos foi de 56,2%, ou seja, de 16 linhagens em 40 selecionadas em um ambiente, houve uma repetibilidade de nove linhagens no outro ambiente.

De acordo com FEHR (1987), a interação genótipos x ambientes pode ser causada pela flutuação na classificação entre genótipos dentro de grupos, mas não entre grupos. Tal interação não justifica o estabelecimento de programas de melhoramento independentes para cada ambiente, pelo menos nas fases iniciais do programa.

No trabalho em pauta, os coeficientes de concordância das 40% melhores e piores linhagens de arroz irrigado e de várzea, reforçam a hipótese de que a flutuação na classificação dos genótipos ocorreu dentro de grupos. Portanto, pode ser perfeitamente viável o planejamento de um programa de melhoramento de arroz irrigado fazendo-se as seleções iniciais somente em um sistema de cultivo.

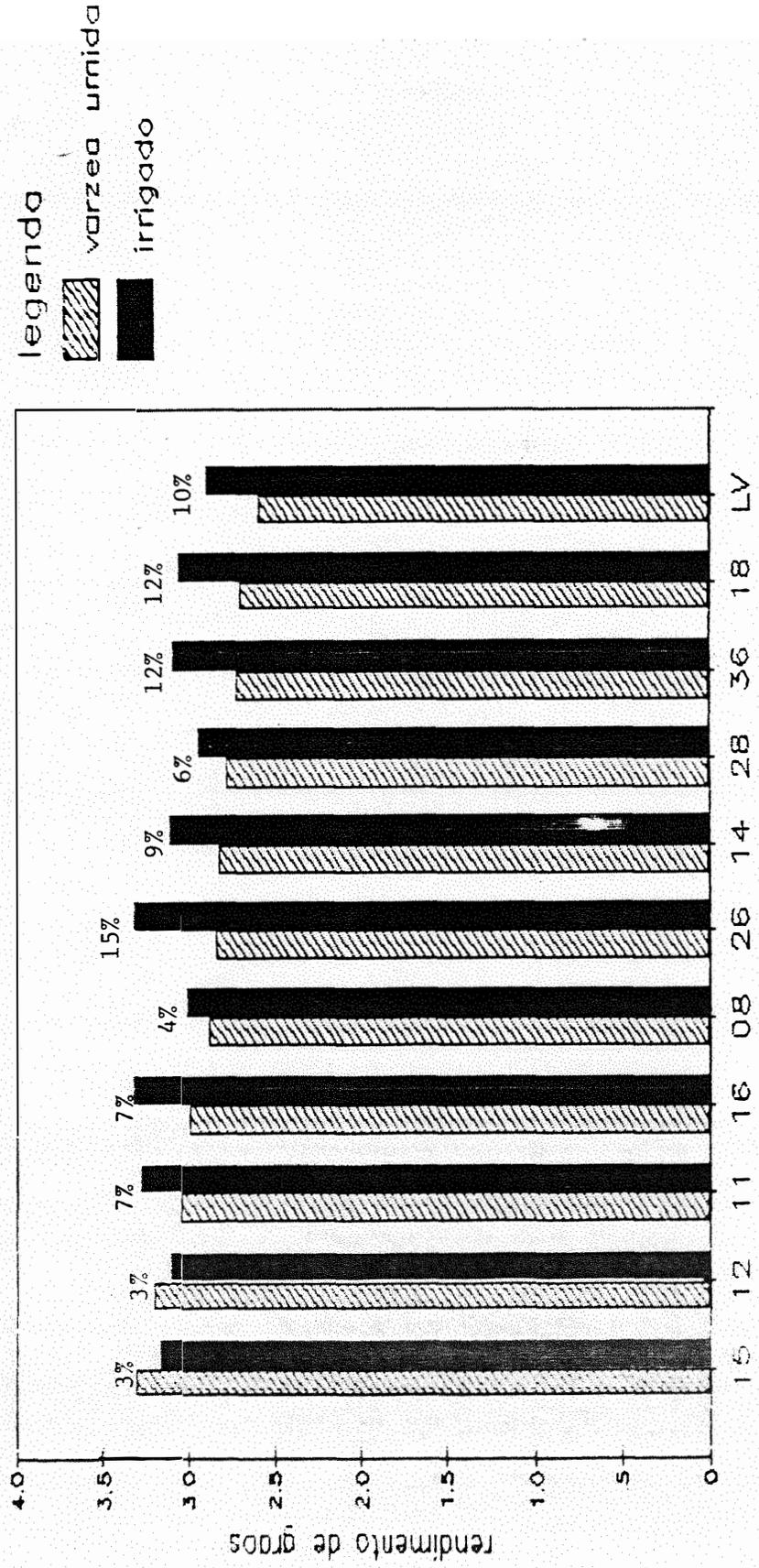
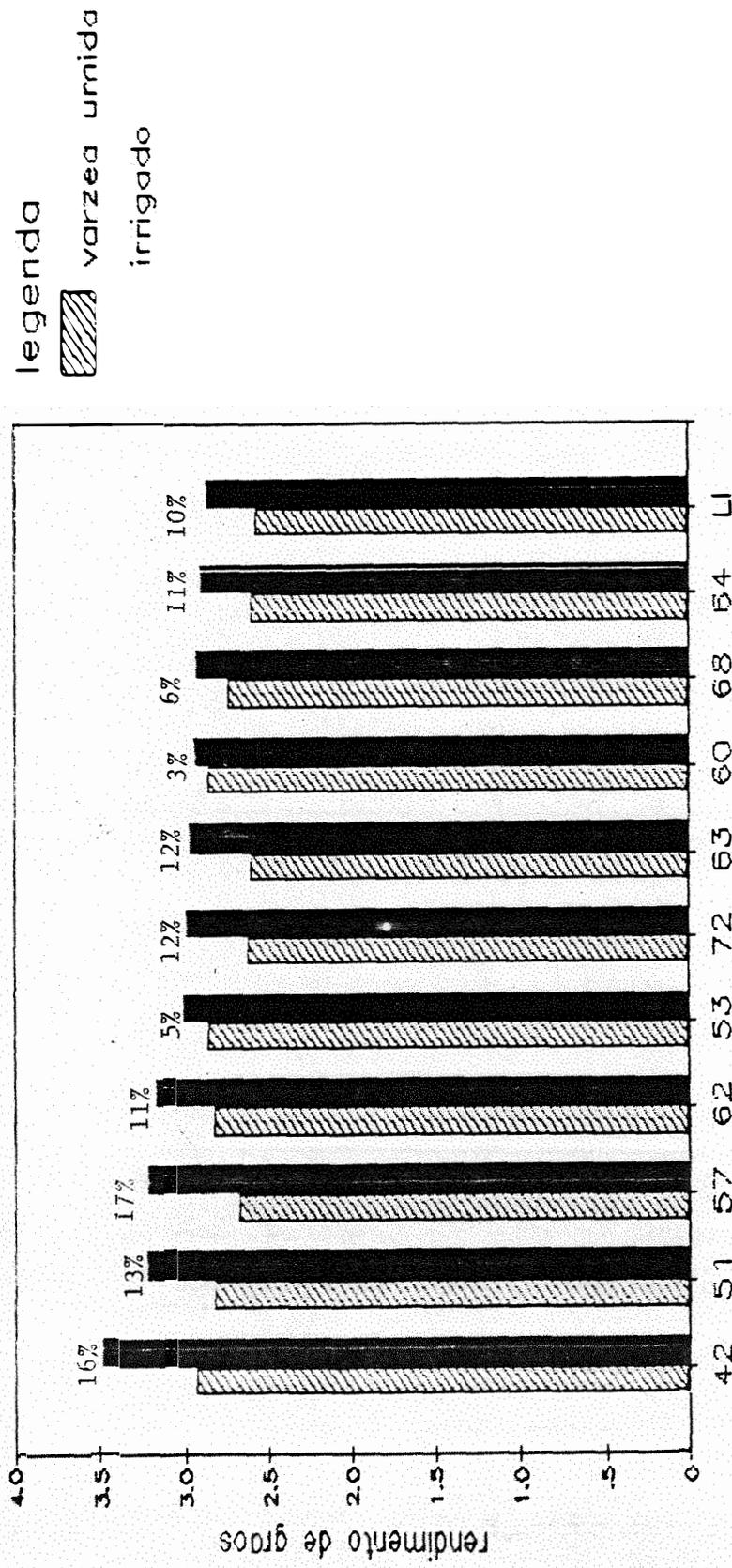
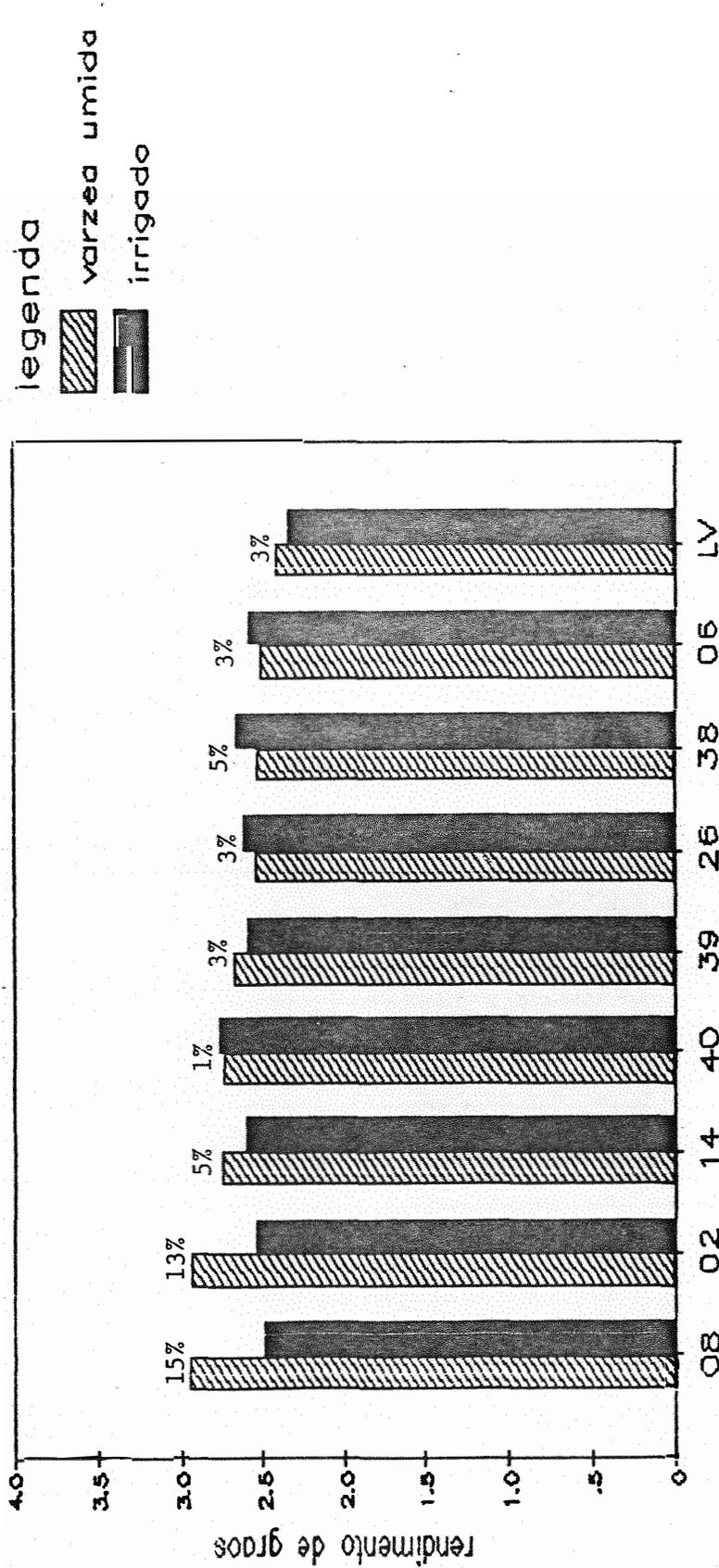


Figura 1. Produção de grãos em kg/3,6m² e porcentagem de redução da produção de um ambiente em relação ao outro, para as linhagens em comum de várzea, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1, selecionadas no ambiente várzea úmida, (LV=produções médias das linhagens de várzea; coeficiente de concordância = 62,5%)



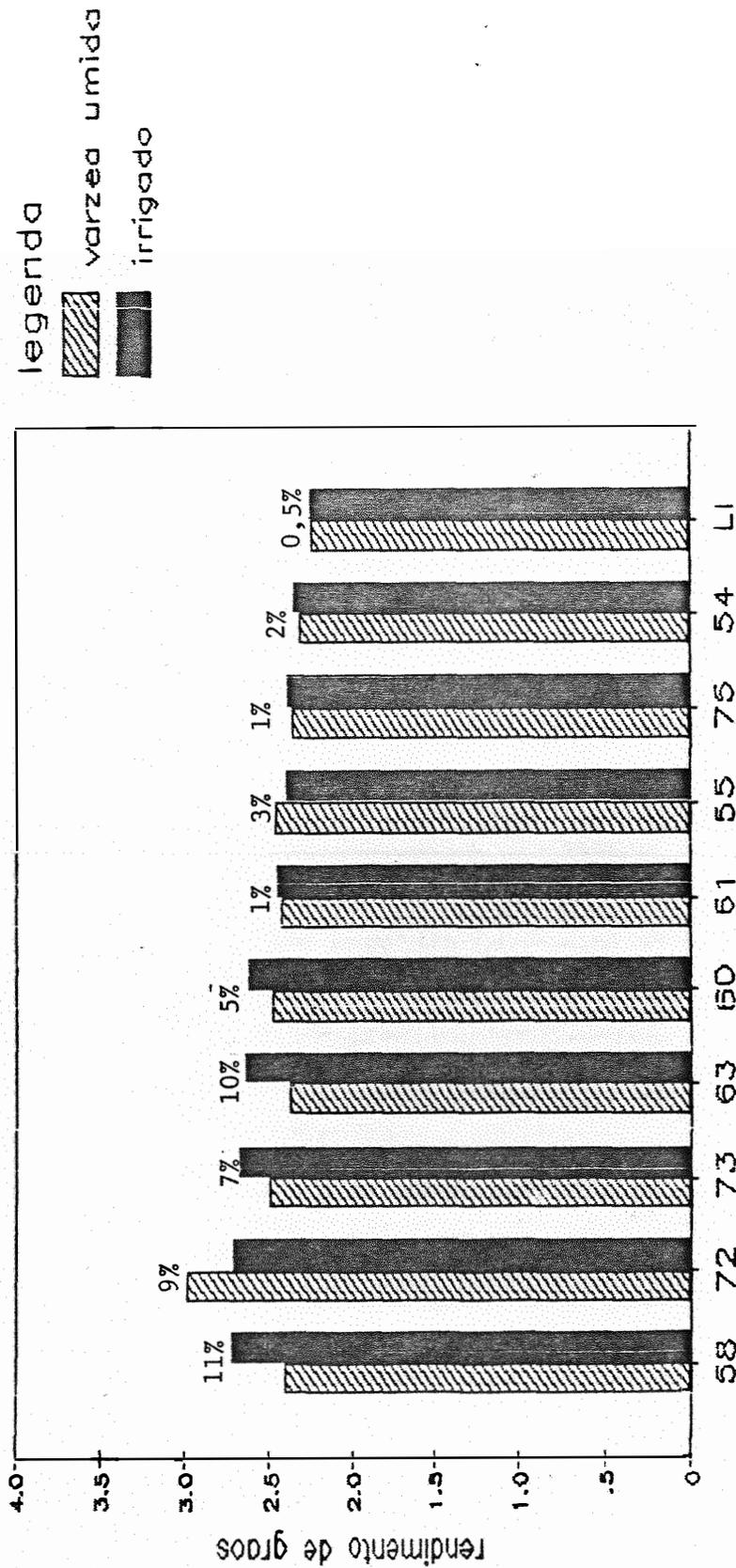
linhagens

Figura 2. Produção de grãos em kg/3,6m² e porcentagem de redução da produção de um ambiente em relação ao outro, para as linhagens em comum de arroz irrigado, oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1, selecionadas no ambiente irrigado (LI = produções médias das linhagens de arroz irrigado; coeficiente de concordância = 62,5%)



linhagens

Figura 3. Produção de grãos em kg/3,6m² e porcentagem de redução da produção de um ambiente em relação ao outro, para as linhagens em comum de várzea, oriundas do cruzamento 17388//7153/5738, selecionadas no ambiente várzea úmida (LV = produções médias das linhagens de várzea; coeficiente de concordância = 50,0%)



linhagens

Figura 4. Produção de grãos em kg/3,6m² e porcentagem de redução da produção de um ambiente em relação ao outro, para as linhagens em comum de arroz irrigado, oriundas do cruzamento 17388//7153/5738, selecionadas no ambiente irrigado (LI = produções médias das linhagens de arroz irrigado; coeficiente de concordância = 56,2%)

4.7. Outros caracteres

É importante ressaltar que toda a discussão feita até aqui foi baseada na produção de grãos em kg/3,6m². Entretanto, dados de número de panículas/m² (PAN), número de espiguetas/panícula (ESP), porcentagem de grãos cheios/panícula (%GC), peso de 1000 grãos (P1000) e doenças, das linhagens de arroz irrigado e de várzea por cruzamento (Tabelas 21, 22, 23 e 24) foram obtidos visando-se avaliar o comportamento destas características nos ambientes várzea úmida e irrigado.

Analisando-se as Tabelas 21 e 22, verifica-se que a média do caráter PAN no ambiente várzea úmida foi ligeiramente superior ao do ambiente irrigado. Para as outras características (ESP, %GC e P1000) ocorreu o inverso. Isto indica, que houve uma certa compensação dentro de cada ambiente, entre os componentes do rendimento, ocasionando somente ligeiras mudanças na produção de grãos de um ambiente para o outro. De fato, as Figuras de 1 a 4 mostram a ocorrência, de uma maneira geral, de pequenas porcentagens de redução na produção do ambiente várzea úmida para o irrigado.

Das doenças que atacam o arroz, a brusone é uma das principais. A brusone afeta diversas partes da planta, incluindo as folhas, os colmos entre os nós, os nós e diferentes partes da panícula, onde causa maiores danos. Segundo CARMONA (1989), os cultivares de arroz irrigado plantados atualmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (os maiores produtores de arroz irrigado do Brasil), são todos suscetíveis a brusone.

Tabela 21. Médias e desvios da média das linhagens de arroz irrigado e de várzea e geral, nos ambientes de várzea úmida e irrigado, para os caracteres número de panículas/m² (PAN), número de espiguetas/panícula (ESP), porcentagem de grãos cheios/panícula (%GC) e peso de 1000 grãos (P1000). Cruzamento Cica 8/Metica 1

	PAN		ESP		%GC		P1000 (g)	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Várzea úmida								
Linhagens Várzea	540,64 ± 57,51		124,16 ± 19,79		69,93 ± 8,01		24,74 ± 1,74	
Linhagens Irrigado	551,32 ± 46,62		120,06 ± 16,39		68,94 ± 7,85		24,26 ± 1,50	
Geral	546,18 ± 52,22		122,11 ± 18,04		69,44 ± 7,81		24,49 ± 1,62	
Irrigado								
Linhagens Várzea	515,78 ± 68,50		138,62 ± 22,44		76,07 ± 8,55		25,51 ± 1,86	
Linhagens Irrigado	540,05 ± 43,67		130,64 ± 18,75		75,54 ± 7,93		25,26 ± 1,74	
Geral	527,98 ± 58,09		134,42 ± 20,78		75,85 ± 8,13		25,37 ± 1,78	

Tabela 22. Médias e desvios da média das linhagens de arroz irrigado e de várzea e geral, nos ambientes várzea úmida e irrigado, para os caracteres número de panículas/m² (PAN), número de espiguetas/panícula (ESP), porcentagem de grãos cheios/panícula (%GC) e peso de 1000 grãos (P1000). Cruzamento 17388//7153/5738

	PAN		ESP		%GC		P1000 (g)	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Várzea úmida								
Linhagens Várzea	474,97 ± 58,37	104,22 ± 15,06	72,35 ± 7,31	27,26 ± 2,43				
Linhagens Irrigado	467,35 ± 37,07	107,70 ± 113,02	69,15 ± 7,60	26,36 ± 1,98				
Geral	471,72 ± 48,43	106,41 ± 14,90	70,77 ± 7,53	26,75 ± 2,27				
Irrigado								
Linhagens Várzea	433,21 ± 59,01	116,13 ± 21,21	78,26 ± 7,26	27,29 ± 2,49				
Linhagens Irrigado	446,53 ± 48,34	118,73 ± 16,52	74,27 ± 8,44	26,51 ± 1,99				
Geral	440,82 ± 54,17	117,71 ± 19,04	76,38 ± 8,05	26,85 ± 2,27				

A suscetibilidade do arroz a brusone está relacionada negativamente com a umidade do solo. Assim, as plantas de arroz em solos úmidos (várzea úmida) são mais suscetíveis do que em solos inundados (PRABHU, 1983). Isto parece que é devido ao fato de que, no arroz irrigado, a lâmina de água cria um micro-clima que impede a deposição de orvalho na planta por longos períodos. A quantidade e a duração do orvalho são as principais variáveis climáticas correlacionadas com o número de lesões por planta (ASAI *et alii*, 1967). De certo modo, isso deve ter concorrido para que fosse um pouco negligenciada a resistência a brusone no processo de criação de cultivares de arroz irrigado. O uso de variedades suscetíveis de arroz irrigado pode trazer sérias consequências aos agricultores, principalmente em anos de escassez de água para irrigação.

A seleção de variedades resistentes a brusone no ambiente irrigado, depara-se com um problema de ordem técnica, ou seja, até aos 30 dias da semeadura tem-se inóculo suficiente, podendo-se avaliar a resistência dos materiais a brusone nas folhas. Entretanto, ao formar-se a lâmina de água, a quantidade de inóculo diminui, prejudicando as avaliações desta doença nas panículas. O ambiente várzea úmida presta-se sobremaneira para a seleção de variedades resistentes não só a brusone como também às outras doenças, devido à presença de inóculo suficiente durante todo o ciclo da cultura, o que permite forte pressão de seleção. Além disto, pode-se utilizar "spreaders" (linhas disseminadoras de doenças) para ter-se uniformidade de inóculo no campo.

Apesar de as diferenças não serem tão grandes, verifica-se através das Tabelas 23 e 24 que o nível de incidência de brusone na panícula e mancha de grãos (que são as duas principais doenças) foi maior

no ambiente várzea úmida para os dois cruzamentos. Para as doenças mancha parda e escaldadura das folhas a incidência foi maior no ambiente irrigado.

A maior resistência a brusone nas panículas, das linhagens de arroz irrigado desenvolvidas pelo CNPAF através das seleções iniciais em várzea úmida, fica aparente quando são comparadas com as linhagens de arroz irrigado obtidas pelo Instituto Riograndense do Arroz (IRGA)/Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas (CPATB), avaliadas em condições de várzea úmida. Verifica-se pela Figura 5, que a maioria das linhagens do CNPAF obtiveram notas de 2,5 a 4,5, consideradas como resistentes, enquanto que as linhagens do IRGA/CPATB concentraram-se nas notas 6,5 a 9,5, tidas como suscetíveis. SOARES (1987) enfatiza que, quando os genótipos são selecionados indireta e preliminarmente em condições de arroz irrigado, é possível que nas etapas finais de avaliação, quando forem testados em ensaios de várzea úmida corram o risco da quebra da resistência a doença.

Além das vantagens discutidas anteriormente, o ambiente várzea úmida permite fazer-se seleção contra as principais doenças do arroz a nível de campo.

Portanto, face às limitações de recursos humanos e financeiros, o redirecionamento de um programa de melhoramento de arroz, pode ser feito conduzindo-se as seleções iniciais até a geração F_5 no sistema de cultivo de várzea úmida e as avaliações e seleções finais, independentemente, em cada ambiente. É importante mencionar que tal proposta é flexível, podendo ser alterada na medida do necessário.

Tabela 23. Médias e desvios da média das linhagens de arroz irrigado e de várzea e geral, nos ambientes de várzea úmida e irrigado, para as doenças brusone na panícula (BP), mancha nos grãos (MG), mancha parda nas folhas (MP) e escaldadura das folhas (EF).
Cruzamento Cica 8/Metica 1

	BP		MG		MP		EF	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Várzea úmida								
Linhagens Várzea	3,52 ± 0,75		3,52 ± 0,60		1,40 ± 0,54		3,22 ± 1,31	
Linhagens Irrigado	3,69 ± 1,13		3,51 ± 0,68		1,46 ± 0,50		3,20 ± 1,03	
Geral	3,59 ± 0,94		3,52 ± 0,63		1,43 ± 0,52		3,20 ± 1,17	
Irrigado								
Linhagens Várzea	3,00 ± 0,75		3,27 ± 0,50		3,00 ± 0,51		4,07 ± 0,97	
Linhagens Irrigado	3,23 ± 0,74		3,41 ± 0,50		3,18 ± 0,60		4,54 ± 0,94	
Geral	3,13 ± 0,75		3,33 ± 0,50		3,09 ± 0,55		4,31 ± 0,97	

Tabela 24. Médias e desvios da média das linhagens de arroz irrigado e de várzea e geral, nos ambientes várzea úmida e irrigado, para as doenças brusone nas panículas (BP), mancha nos grãos (MG), mancha parda nas folhas (MP) e escaaldadura das folhas (EF).

Cruzamento 17388//7153/5738

	BP		MG		MP		EF	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Várzea úmida								
Linhagens Várzea	4,85 ± 0,73		3,72 ± 0,68		2,97 ± 0,58		4,62 ± 1,03	
Linhagens Irrigado	5,20 ± 0,89		3,87 ± 0,77		2,95 ± 0,51		4,23 ± 0,87	
Geral	5,00 ± 0,84		3,80 ± 0,73		2,96 ± 0,53		4,39 ± 0,98	
Irrigado								
Linhagens Várzea	4,60 ± 1,13		3,62 ± 0,54		3,15 ± 0,36		4,92 ± 0,92	
Linhagens Irrigado	4,87 ± 0,92		3,77 ± 0,70		3,20 ± 0,41		4,90 ± 0,88	
Geral	4,69 ± 1,06		3,69 ± 0,62		3,17 ± 0,38		4,90 ± 0,89	

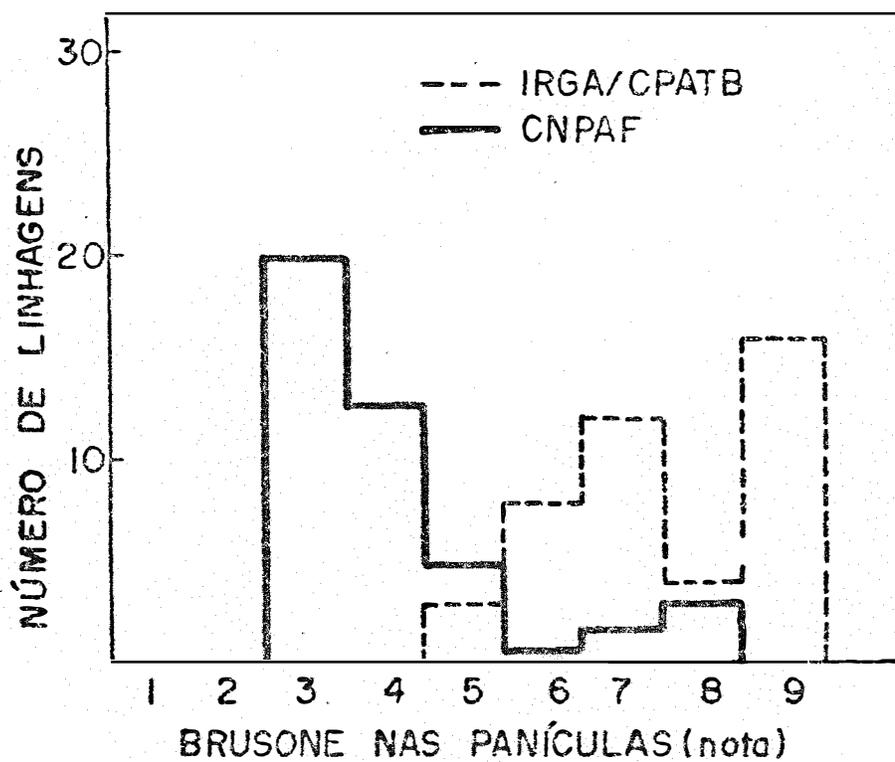


Figura 5. Distribuição de linhagens de arroz irrigado do IRGA/CPATB e CNPAF em relação a brusone nas panículas em condições de várzea úmida - 1988/89. (PRABHU & FERREIRA, 1989)

4.8. Algumas sugestões para o Programa de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado do CNPAF/EMBRAPA

O esquema básico que pode ser adotado no programa de melhoramento de arroz irrigado é mostrado na Figura 6. Os germoplasmas são oriundos de várias fontes: cultivares tradicionais, cultivares comerciais, linhagens elite e linhagens introduzidas. Os cruzamentos serão feitos visando-se objetivos específicos, entre os germoplasmas com características desejáveis. As seleções serão feitas para vários caracteres em populações geneticamente variáveis, durante sucessivas gerações de endogamia, por autofecundação natural. Conduzir-se-ão as gerações F_2 e F_4 em condições de várzea úmida e as F_3 e F_5 serão avançadas no Campo Experimental do Projeto Rio Formoso, permitindo a obtenção de duas gerações por ano, reduzindo o tempo para a obtenção de cultivares. Os ensaios de competição conduzidos independentemente nos sistemas de cultivo de várzea úmida e irrigado aumentarão as chances de obter cultivares adaptados aos dois sistemas de cultivo.

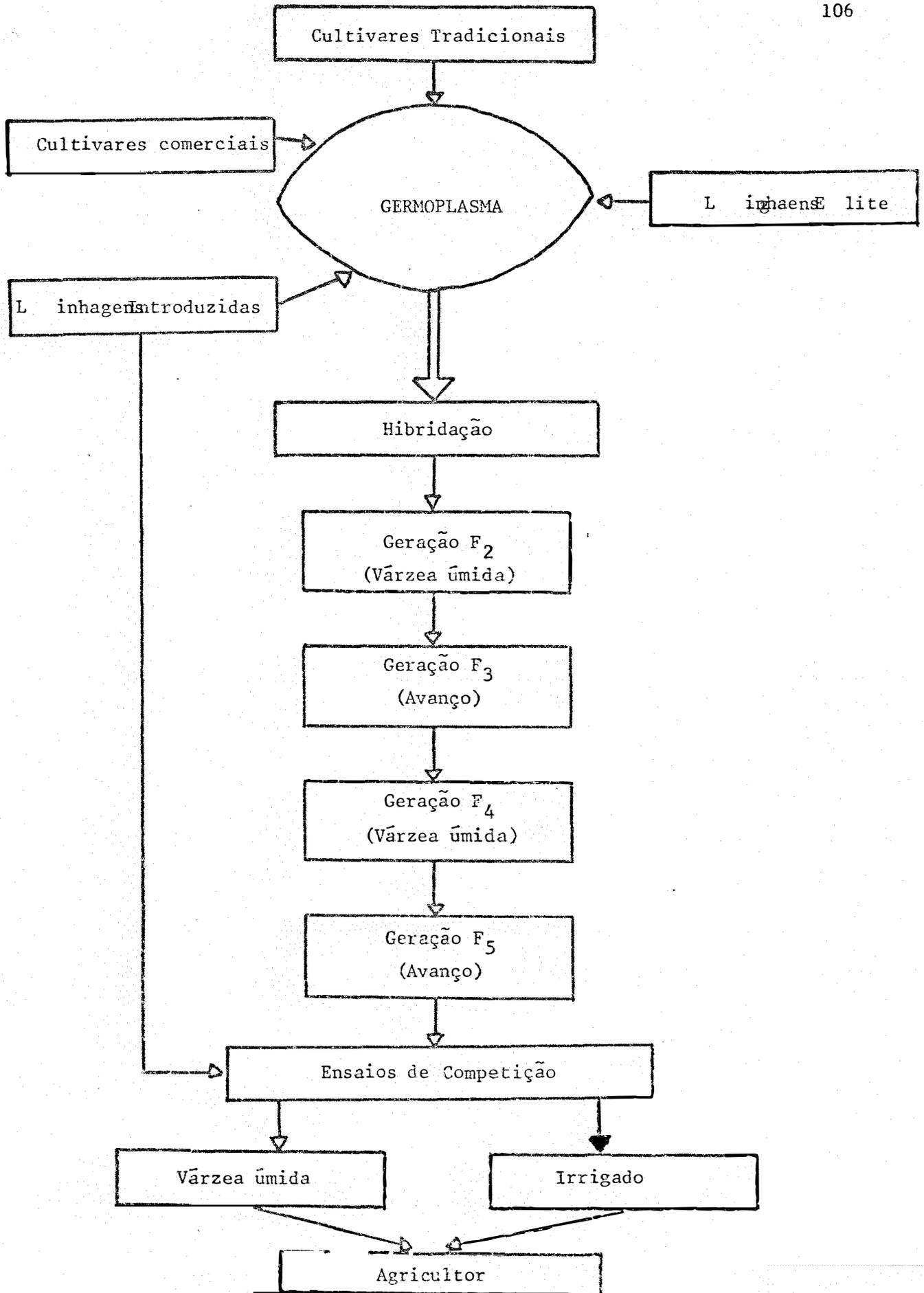


Figura 6. Proposta de esquema básico de melhoramento genético de arroz irrigado do CNPAF/EMBRAPA

a) Seleção de progenitores

A seleção de progenitores para a formação de populações constitui-se em uma das decisões mais importantes do melhorista de plantas. Assim, sugere-se que a escolha dos progenitores seja feita baseando-se em ensaios comparativos de produção e de seus componentes, conduzidos em vários locais e nos dois ambientes, aliados a estudos de divergência genética através de técnicas multivariadas. Identificar-se-iam, para cruzamentos, aqueles progenitores com desempenho agrônômico superior e satisfatória divergência genética.

b) Condução das gerações segregantes

As gerações segregantes F_2 e F_4 serão conduzidas no CNPAF, no ambiente várzea úmida entre "spreaders" e as F_3 e F_5 , na entressafra, no Campo Experimental do Projeto Rio Formoso, em Formoso do Araguaia. Nas gerações ímpares, não serão feitas seleções. O objetivo é o avanço de gerações para atingir mais rapidamente a homozigose, acelerando o processo de criação de cultivares.

Os métodos de melhoramento a serem utilizados dependerão dos objetivos que se buscam. Entretanto, deve-se empregar métodos de fácil condução e que permitam obter estimativas de parâmetros genéticos, sem a necessidade de se delinear experimentos específicos para isto.

c) Ensaios de Competição

As linhagens introduzidas de outras instituições de pesquisa sofrerão a primeira avaliação em parcelas, no ensaio de observação, que será conduzido em várzea úmida.

Os ensaios preliminares de competição constituídos pelas linhagens geradas pelo CNPAF e pelas selecionadas no ensaio de observação serão conduzidas independentemente nos sistemas de cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida.

5. CONCLUSÕES

Para as condições em que foi realizado este trabalho, pôde-se concluir:

1. As linhagens oriundas do cruzamento Cica 8/Metica 1 apresentaram um alto potencial de produção, superior às do cruzamento 17388//7153/5738.

2. As linhagens selecionadas inicialmente no ambiente várzea úmida evidenciaram a presença de suficiente variabilidade genética, favorecendo a seleção.

3. O uso do desdobramento da interação genótipos x ambientes deve ser feito com certos critérios, evitando-se, com isto, fazer inferências errôneas sobre as mesmas.

4. A superioridade dos ganhos genéticos nas linhagens de várzea, com seleção e resposta no ambiente irrigado ($G_{SLV2/2}$) sobre os ganhos genéticos nas linhagens de arroz irrigado, com seleção e resposta no ambiente várzea ($G_{SLI1/1}$) dos dois cruzamentos, bem como o maior valor do $G_{SLV2/2}$ sobre o ganho genético direto no ambiente irrigado ($G_{S2/2}$)

na média dos dois cruzamentos; as elevadas magnitudes das correlações entre ambientes nas linhagens de várzea, juntamente com os coeficientes de concordância acima de 50%, indicam ser perfeitamente viável o desenvolvimento de um programa de melhoramento genético de arroz irrigado, com as seleções iniciais (até F_5), somente em várzea úmida e as avaliações e seleções finais nos dois sistemas de cultivo, independentemente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALANIS, L.B. Environmental and genotype-environmental components of variability. *Heredity*, London, 21:387-97, 1966.
- ALLARD, R.W. *Princípios do melhoramento genético das plantas*. São Paulo, Edgard Blücher, 1971. 381p.
- ALLARD, R.W. & BRADSHAW, A.D. Implications of genotype environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, Madison, 4: 503-8, 1964.
- ALLEN, F.L.; COMSTOCK, R.E.; RASMUSSEN, D.C. Optimal environments of yield testing. *Crop Science*, Madison, 18(5):747-51, 1978.
- ASAI, G.N.; JONES, M.W.; RIRIE, F.G. Influence of certain environmental factors in the field on infection of rice by *Pyricularia oryzae*. *Phytopathology*, Lancaster, 57:237-41, 1967.

- BARKER, R.E.; HOVIN, A.W.; CARLSON, I.T.; DROLSON, P.N.; SLEPER, D.A.; ROSS, J.G.; CASLER, M.D. Genotype-environment interactions for forage yield of reed canarygrass clones. *Crop Science*, Madison, 21 (4):567-71, 1981.
- BIGOTO, C.A. Estudo da população ESALQ-PB 1 de milho (*Zea mays* L.) em cinco ciclos de seleção recorrente. Piracicaba, 1988. 124p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BOROJEVIC, S. & WILLIAMS, W.A. Genotype x environmental interactions for leaf area parameters and yield components and their effects on wheat yields. *Crop Science*, Madison, 22(5):1020-5, 1982.
- BOYD, W.J.R.; GOODCHILD, N.A.; WATERHOUSE, W.K.; SINGH, B.B. An analysis of climatic environments for plant-breeding purposes. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 27(1):19-33, 1976.
- BREESE, E.L. The measurement and significance of genotype-environment interactions in grasses. *Heredity*, London, 24(1):27-44, 1969.
- BREESE, E.L. & HILL, J. Regression analysis of interactions between competing species. *Heredity*, London, 31:181-200, 1973.
- BRENNAN, P.S. & BYTH, D.E. Genotype x environmental interactions for wheat yields and selection for widely adapted wheat genotypes. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 30(2):221-32, 1979.

- CAMPBELL, L.G. & LAFEVER, H.N. Cultivar x environment interactions in soft red winter wheat yield tests. *Crop Science*, Madison, 17(4):604-8, 1977.
- CARMONA, P.S. Melhoramento de arroz irrigado na região Sul do Brasil. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, 42(387):14-6, 1989.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO. *Manual de métodos de pesquisa em arroz*. Goiânia, CNPAF/EMBRAPA, 1977. 106p. (Primeira aproximação).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Sistema de evaluación estándar para arroz*. Cali, Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para America Latina, 1975, 62p.
- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. *Diseños experimentales*. Mexico. Editorial Trillas, 1980. 661p.
- COCKERHAM, C.C. Estimation of genetic variances. In: HANSON, H.D. & ROBINSON, H.F., ed. *Statistical genetics and plant breeding*. Washington, National Academy of Sciences - National Research Council, 1963. p.53-94.
- COMSTOCK, R.E. & MOLL, R.H. Genotype-environment interactions. In: HANSON, H.D. & ROBINSON, H.F., ed. *Statistical genetics and plant breeding*. Washington, National Academy of Sciences - National Research Council, 1963. p.164-96.

- DAS, G.R. & BORTHAKUR, D.N. Variability parameters for quantitative characters in photoperiod-insensitive tall and semi-dwarf rice varieties. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, 44(9): 613-6, 1974.
- EAGLES, H.A.; HINZ, P.N.; FREY, K.J. Selection of superior cultivars of oats by using regression coefficients. *Crop Science*, Madison, 17(1): 101-5, 1977.
- EASTON, H.S. & CLEMENTS, R.J. The interaction of wheat genotypes with a specific factor of the environment. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 80:43-52, 1973.
- EBERHART, S.A. & RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, 6(1):36-40, 1966.
- EL-ROUBY, M.M.; KORAIEM, Y.S.; NAWAR, A.A. Estimation of genetic variance and its components in maize under stress and non-stress environments; I. Planting date. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, Giza, 2(1):10-9, 1972.
- FALCONER, D.S. *Introduccion a la genetica cuantitativa*. México, Compañia Editorial Continental, 1978. 430p.
- FEHR, W.R. *Principles of cultivar development*. New York, Mac-Millan Publishing, 1987. 536p.

- FERREIRA, R.P.; CUTRIM, V.A.; RANGEL, P.H.N. Programa de Melhoramento de arroz irrigado no CNPAF. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., Pelotas, 1988. *Anais*. Pelotas, EMBRAPA/CPATB, 1988. p.3-9.
- FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 14:742-54, 1963.
- FRANCIS, C.A.; PRAGER, M.; LAING, D.R.; FLOR, C.A. Genotype x environment interactions in bush bean cultivars in monoculture and associated with maize. *Crop Science*, Madison, 18(2):237-41, 1978a.
- FRANCIS, C.A.; PRAGER, M.; LAING, D.R. Genotype x environment interactions in climbing bean cultivars in monoculture and associated with maize. *Crop Science*, Madison, 18(2):242-6, 1978b.
- FREEMAN, G.H. Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions. *Heredity*, London, 31(3):339-54, 1973.
- FREY, K.J. Adaptation reaction of oat strains selected under stress and non-stress environmental conditions. *Crop Science*, Madison, 4(1):55-8, 1964.
- GHADERI, A.; EVERSON, E.H.; CRESS, C.E. Classification of environments and genotypes in wheat. *Crop Science*, Madison, 20(6):707-10, 1980.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 12.ed. São Paulo, Nobel, 1987. 465p.

- GOODCHILD, N.A. & BOYD, W.J.R. Regional and temporal variations in wheat yield in Western Australia and their implications in plant breeding. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 26:209-17, 1975.
- GORMAN, D.P.; KANG, M.S.; MILAM, M.R. Contribution of wheather variables to genotype x environment interaction in grain sorghum. *Plant Breeding*, Berlin, 103(4):299-303, 1989.
- GOTOH, K. & OSANAI, S. Efficiency of selection for yield under different fertilizer levels in a wheat cross. *Japanese Journal of Breeding*, Tokyo, 9:101-6, 1959.
- GOUD, J.V.; NAYAR, K.M.D.; RAO, M.G. Recent trends in rice breeding in Mysore State; III. Adaptation and genotypic and phenotypic variability in tree environments. *Plant Breeding*, Berlin, 62(2):129-37, 1969.
- HALLAUER, A.R. Development of single-cross hybrids from two-eared maize populations. *Crop Science*, Madison, 7(3):192-5, 1967.
- HAMBLIN, J. & ZIMMERMANN, M.J.O. Breeding common bean for yield in mixtures. In: JANICK, J. *Plant breeding reviews*. Connecticut, Avi Publishing, 1986. v.4, cap.8, p.245-72.
- HEINRICH, G.M.; FRANCIS, C.A.; EASTIN, J.D. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. *Crop Science*, Madison, 23(2):209-12, 1983.

- HILL, J. Genotype-environment interactions - a challenge for plant breeding. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 85:477-93, 1975.
- HILL, J. & PERKINS, J.M. The environmental induction of heritable changes in *Nicotiana rustica*. Effects of genotype-environment interactions. *Genetics*, Princeton, 61(3):661-75, 1969.
- HINSON, K. & HANSON, W.D. Competition studies in soybeans. *Crop Science*, Madison, 2(2):117-23, 1962.
- HORNER, T.W. & FREY, K.J. Methods for determining natural areas for oat varietal recommendations. *Agronomy Journal*, Madison, 49(4):313-5, 1957.
- IRRI. Drought resistance field performance of rices in rainfed culture. In: ANNUAL REPORT FOR 1977. Los Baños, IRRI, 1977. p.89-97.
- ISHIY, T. O impacto dos cultivares de arroz irrigado em Santa Catarina. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, 38(359):10-2, 1985.
- JINKS, J.L. & CONNOLLY, V. Selection for specific and general response to environmental differences. *Heredity*, London, 30(1):33-40, 1973.
- JOHNSON, G.R. & FREY, K.J. Heritabilities of quantitative attributes of oats (*Avena* sp.) at varying levels of environmental stress. *Crop Science*, Madison, 7(1):43-6, 1967.

- JONES, G.L.; MATZINGER, D.F.; COLLINS, W.K. A comparison of flue-cured tobacco varieties repeated over locations and years with implications on optimum plot allocation. *Agronomy Journal*, Madison, 52(4):195-9, 1960.
- KAMBAL, A.E. Genotype-environment interactions in sorghum variety tests in the Sudam Central Rainlands. *Experimental Agriculture*, London, 14(1):41-8, 1978.
- KOFOID, K.D.; ROSS, W.M.; MUMM, R.F. Yield stability of sorghum random-mating populations. *Crop Science*, Madison, 18(4):677-9, 1978.
- LIANG, G.H.L.; HEYNE, E.G.; WALTER, T.L. Estimates of variety x environmental interactions in yield tests of three small grains and their significance on the breeding programs. *Crop Science*, Madison, 6:135-9, 1966.
- LIMA, M.; PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Avaliação de progênies de meios irmãos no segundo ciclo de seleção em dois compostos de milho. *Relatório Científico do Departamento de Genética*. ESALQ, Piracicaba, (13):84-9, 1974.
- LIN, F.H. & WU, Y.L. Analysis of the adaptability of strains of hybrid progenies of indica rice under diverse cultural environments. *Journal of the Agricultural Association of China*, Taiwan, 86(1):9-18, 1974.

- MAHADEVAPPA, M.; IKEHASHI, H.; PONNAMPERUMA, F.N. The contribution of varietal tolerance for problem soils to yield stability in rice. Los Baños, IRRI, 1979. p.1-15. (IRRI Paper Series, 43).
- MAHAJAN, R.K.; RAO, A.V.; RAMA PRASAD, A.S. Analysis of experimental data on rice from different locations and seasons. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, 51(8):594-600, 1981.
- MAHAJAN, R.K. & RAO, A.V. Note on regression analysis of genotype x environment interaction in rice. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, 52(1):14-6, 1982.
- MATSUO, T. & INNAMI, T. Analytical studies on the crop adaptability; II. Stabilities of rice varieties for the change of temperature and N-fertilizer. *Japanese Journal of Breeding*, Tokyo, 29(4):312-7, 1979.
- MAURYA, D.M. & SINGH, D.P. Adaptability in rice. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, 37(3):403-10, 1977.
- MCKENZIE, K.S.; BOLLIK, N.C.; RUTGER, J.N.; MOLDENHAUER, K.A.K. Rice. In: FEHR, W.R. *Principles of cultivar development*. New York, MacMillan Publishing, 1987. v.2, cap.13, p.487-532.
- MILLER, P.A.; WILLIAMS, J.C.; ROBINSON, H.F. Variety x environment interactions in cotton variety tests and their implications on testing methods. *Agronomy Journal*, Madison, 51(3):132-4, 1959.

- MILLER, P.A.; ROBINSON, H.F.; POPE, O.A. Cotton variety testing: additional information on variety x environment interactions. *Crop Science*, Madison, 2(4):349-52, 1962.
- MIRANDA FILHO, J.B. Princípios de experimentação e análise estatística. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P., ed. *Melhoramento e produção de milho*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.2, cap.17, p.765-95.
- MISHRA, K.N.; NANDA, J.S.; CHAUDHARY, R.C. Correlation, path-coefficient and selection indices in dwarf rice. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, 43(3):306-11, 1973.
- NGUYEN, H.T.; SLEPER, D.A.; HUNT, K.L. Genotype x environment interactions and stability analysis for herbage yield of tall fescue synthetics. *Crop Science*, Madison, 20(2):221-4, 1980.
- OBILANA, A.T. & EL-ROUBY, M.M. Cultivar x environment interactions in sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, 56(1/2):81-4, 1980.
- PARODA, R.S.; PANWAR, D.V.S.; SHARMA, G.D. Genotype x environment interactions for fodder yield in sorghum. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, 43(4):386-8, 1973.
- PATERNIANI, E.; ANDO, A.; MIRANDA FILHO, J.B.; VENCOVSKY, R. Efeitos de raios-gama no comportamento e na variância de progênies de meios irmãos em milho. *Relatório Científico do Departamento de Genética*. ESALQ, Piracicaba, (7):161-7, 1973.

- PERKINS, J.M. & KINKS, J.L. Specificity of the interaction of genotypes with contrasting environments. *Heredity*, London, 26(3):463-73, 1971.
- PLAISTED, R.L. & PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, New Jersey, 36(11):381-5, 1959.
- PRABHU, A.S. Manejo da cultura do arroz de sequeiro: brusone. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO, FATORES AFETANDO A PRODUTIVIDADE, 1., Jaboticabal, 1983. *Anais*. Jaboticabal, UNESP, 1983. p. 204-23.
- PRABHU, A.S.; FERREIRA, R.P. Avaliação e seleção no melhoramento de arroz visando resistência à brusone e mancha parda. Trabalho apresentado à 1ª Reunião sobre Melhoramento de Arroz no Cone Sul, Goiânia, 1989.
- RAM, C.; SINGH, A.; JATASRA, D.S.; PANWAR, D.V.S. Stability analysis for grain yield in rice. *Cereal Research Communications*, St. Paul, 6(3): 279-84, 1978.
- RANGEL, P.H.N. Melhoramento do arroz para condições de várzeas úmidas. In: EMBRAPA-CNPAF. *Melhoramento genético do arroz*. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1984. p.89-112.
- RANGEL, P.H.N.; GUIMARÃES, E.P.; CUTRIM, V.A.; AMORIM NETO, S.; BEZERRA, J.R.C.; NEIVA, L.C.S.; BARROS, L.G. Metica 1. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, 40(373):16, 1987.

- RANGEL, P.H.N.; PINHEIRO, B.S.; PRABHU, A.S.; FERREIRA, R.P. Melhoramen-
to do arroz (*Oryza sativa* L.) para as várzeas úmidas. In: REUNIÃO
NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., Goiânia, 1987. *Resumos*. Goiânia,
EMBRAPA-CNPAF, 1987. p.71.
- RAO, N.G.P. Genotype x environment interaction in grain sorghum hybrids.
Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, New Delhi, 30(1):
75-80, 1970.
- RAO, A.V. & MAHAJAN, R.K. Stability and adaptation of some rice varieties
in different maturity groups. *Indian Journal of Agricultural Science*,
New Delhi, 51(8):588-93, 1981.
- RASMUSSEN, D.C. & LAMBERT, J.W. Variety x environment interactions in
barley variety tests. *Crop Science*, Madison, 1(4):261-2, 1961.
- RASMUSSEN, D.C. & GLASS, R.L. Estimates of genetic and environmental
variability in barley. *Crop Science*, Madison, 7:185-188, 1967.
- ROWE, P.R. & ANDREW, R.H. Phenotypic stability for a systematic series
of corn genotypes. *Crop Science*, Madison, 4:563-7, 1964.
- SAEED, M. & FRANCIS, C.A. Association of weather variables with
genotype x environmental interactions in grain sorghum. *Crop Science*,
Madison, 24(1):13-6, 1984.
- SAINI, S.S.; SIDHU, G.S.; KUMAR, I.; GOOMBER, T.S. Phenotypic stability
for yield of some rice varieties. *Indian Journal of Agricultural
Science*, New Delhi, 44(10):644-7, 1974.

- SANTOS, M.X. Interação genótipos x localidades em híbridos cripticos de milho S1 x S1, nas regiões Sudeste e Nordeste brasileiras. Piracicaba, 1977. 84p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SANTOS, M.S. & NASPOLINI FILHO, V. Estimativas de parâmetros genéticos em três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no milho (*Zea mays* L.) dentado composto Nordeste. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, 9(2):307-19, 1986.
- SAXENA, M.B.L. & MURTY, B.R. Genotype - environment interactions in assessment of genetic divergence in world collection of sorghum. *Genetica Agraria*, Roma, 28(3-4):364-80, 1974.
- SCHUTZ, W.M. & BERNARD, R.L. Genotype x environment interactions in the regional testing of soybean strains. *Crop Science*, Madison, 7:125-130, 1967.
- SEN, P.K.; BOSE, S.; CHAKRABORTY, S.N. Genotypic variability in some important quantitative characters in rice, *Oryza sativa* L. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, 39(7):731-6, 1969.
- SILVEIRA, E.P. Interação genótipos por locais em arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1980. 97p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SMITH, R.R.; BYTH, D.E.; CALDWELL, B.E.; WEBER, C.R. Phenotypic stability in soybean populations. *Crop Science*, Madison, 7(6):590-2, 1967.

- SOARES, P.C. Correlações, coeficientes de trilha e resposta indireta à seleção em genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivados em condições de irrigação por inundação e em várzea úmida. Viçosa, 1987. 72p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- SPRAGUE, G.F. & FEDERER, W.T. A comparison of variance components in corn yield trials; II. Erros, year x variety, location x variety, and variety components. *Agronomy Journal*, Madison, 43(11):535-41, 1951.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.E. *Principles and procedures of statistics; a biometrical approach*. 2.ed. New York, McGraw Hill Book, 1980. 633p.
- SUZUKI, S.; KIKUCHI, F.; TADAKA, O. Analysis of adaptability of rice varieties in the international biological programme. *Biometrics*, Washington, 36(1):187, 1980.
- TANG, W.T. & TAI, C.C. An analysis of stability of yield of breeding strains of rice. *Journal of the Agricultural Association of China*, Taiwan, 91(1):1-6, 1975.
- TEIXEIRA, S.M. Aspectos da conjuntura econômica do arroz. Trabalho apresentado à 3ª Reunião Anual de Pesquisa de Arroz, Goiânia, 1987.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P., ed. *Melhoramento e produção do milho*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.5, p.135-214.

- VENCOVSKY, R. & SOUZA JÚNIOR, C.L. Seleção de genótipos em ambientes contrastantes. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17., Piracicaba, 1988. *Resumos*. Piracicaba, Departamento de Genética/ESALQ, 1988. p.126-7.
- WILCOX, J.R.; SCHAPAUGH JR., W.T.; BERNARD, R.L.; COOPER, R.L.; FEHR, W.R.; NIEHAUS, M.H. Genetic improvement of soybeans in the Midwest. *Crop Science*, Madison, 19(6):803-5, 1979.
- YATES, F. & COCHRAN, W.G. The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 28:556-80, 1938.
- ZIMMERMANN, F.J.P. Efeito de bordadura em parcelas experimentais de arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 15(3):297-300, 1980.

A P Ê N D I C E S

Apêndice 1. Resultados da análise química e tipo de solo dos ambientes onde os ensaios foram conduzidos

Ambientes	Análise Química					Tipo de solo
	pH (água)	Al ⁺⁺⁺ (mE/100cm ³)	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (mE/100cm ³)	P (ppm)	K ⁺ (ppm)	
Várzea úmida	5,5	0,6	6,0	52,0	51	Gley Pouco Úmico
Irrigado	5,7	0,5	4,4	8,7	33	Gley Pouco Úmico

Apêndice 2. Adubação e modo de aplicação dos adubos nos ensaios conduzidos nos ambientes várzea úmida e irrigado

Elementos	Quantidade em kg/ha por ambiente		Modo de aplicação
	Várzea úmida	Irrigado	
P ₂ O ₅	30	70	No sulco de plantio
K ₂ O	30	50	No sulco de plantio
N	80	80	20kg no sulco de plantio 30kg em cobertura aos 30 dias 30kg em cobertura aos 60 dias