ESTABILIDADE AMBIENTAL E DE CULTIVARES DE MILHO (Zea mays L.)
NA REGIAO CENTRO SUL DO BRASIL

JOSE SEBASTIAO CUNHA FERNANDES
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ROLAND VENCOVSKY

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

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Março - 1988

F363e Fernandes, José Sebastião Cunha
Estabilidade ambiental e de cultivares de
milho (Zea mays L.) na Região Centro Sul do
Brasil. Piracicaba, 1988.
94p. illus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia

1. Milho - Influência ambiental - Brasil
(Centro Sul). 2. Milho - Produtividade -
Brasil (Centro Sul). 3. Milho - Variedade -
Brasil (Centro Sul). I. Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CDD 633.15

ESTABILIDADE AMBIENTAL E DE CULTIVARES DE MILHO (Zea mays L.)
NA REGIÃO CENTRO SUL DO BRASIL.

JOSE SEBASTIAO CUNHA FERNANDES

Aprovada em:

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Roland Vencovsky

ESALQ/USP

Prof. Dr. Cláudio Lopes de Souza Júnior

ESALQ/USP

Dr. Antonio F. C. Bahia Filho

CNPMS/EMBRAPA

Prof. Dr. ROLAND VENCOVSKY

Orientador

Aos meus pais e irmãos

Dedico.

AGRADECIMENTOS

- Ao prof. Dr. Roland Vencovsky pelos ensinamentos, incentivos e orientação.

- Ao Pesquisador Dr. Elto Eugenio Gomes e Gama pela co-orientação.

- Ao Pesquisador Dr. Antonio F. C. Bahia Filho pelas idéias e incentivos.

- Ao Pesquisador Dr. Ricardo Magnavaca pelas contribuições.

- Ao Prof. Dr. Roberto A. A. Torres pelas contribuições.

- Ao Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo (CNPMS) pelo apoio que me foi dado na execução deste trabalho.

- Aos funcionários do setor de métodos quantitativos do CNPMS.

- A todos os colegas do Departamento de Genética da ESALQ que de uma forma ou outra contribuíram para a execução deste trabalho.

SUMARIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	I
LISTA DE TABELAS.....	II
RESUMO.....	VI
SUMMARY.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1. Estabilidade (Caracterização geral).....	04
2.2. Estabilidade, heterozigosidade e homozigosidade.	08
2.3. Estabilidade e heterogeneidade.....	11
2.4. Métodos para determinação de estabilidade.....	17
2.5. Estabilidade e índice ambiental.....	26
2.6. Estabilidade e interação genótipo por ambiente em algumas cultivares.....	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1. Estabilidade de cultivares.....	31
3.1.1. Materiais.....	31
3.1.2. Métodos.....	31
3.2. Estabilidade ambiental.....	36
3.2.1. Materiais.....	36
3.2.2. Métodos.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1. Estabilidade de cultivares.....	42
4.2. Estabilidade ambiental.....	59

4.3. Considerações finais.....	77
5. CONCLUSÕES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	82
APENDICE 1.....	93
APENDICE 2.....	93
APENDICE 3.....	94

LISTA DE FIGURAS

Página

Quadro 3.1.1. Modelo da análise de variância do método de EBERHART & RUSSEL (1966) com as esperanças dos quadrados médios para cada parâmetro..... 32

Figura 4.1.1. Representação gráfica da produção de grãos dos cultivares G 03C (H3), CARGILL 111-5 (H7), CARGILL 115 (H8) e CONTIMAX 322 (H1), em função dos índices ambientais, segundo o método de EBERHART & RUSSEL (1966)..... 52

Figura 4.1.2. Representação gráfica da produção de grãos dos cultivares DINA 10 (H13), CONTIMAX 133 (H2), CARGILL 111-5 (H7) e CONTIMAX 322 (H1), em função dos índices ambientais, segundo o método de SILVA & BARRETO (1985).....55

LISTA DE TABELAS

página

Tabela 3.2.1. Proporção entre híbridos e variedades de cultivares de milho utilizados para o estudo da estabilidade ambiental, do ano agrícola de 1964/65 até 1982/83.....	37
Tabela 4.1.1. Produção média em kg/ha de quinze híbridos de milho em vários locais da região centro sul do Brasil no ano agrícola de 1983/84, média de produção de grãos por local e coeficiente de variação por local..	43
Tabela 4.1.2. Produção média em kg/ha de quinze híbridos de milho em vários locais da região centro sul do Brasil no ano agrícola de 1984/85, média de produção de grãos por local e coeficiente de variação por local..	44
Tabela 4.1.3. Produção média em kg/ha de quinze híbridos de milho em vários locais da região centro sul do Brasil no ano agrícola de 1985/86, média de produção de grãos por local e coeficiente de variação por local..	45
Tabela 4.1.4. Análise de variância conjunta dos dados de produção média de grãos de quinze híbridos de milho em 30 ambientes diferentes, sendo considerado fixos os efeitos de cultivares e aleatórios os demais...	47
Tabela 4.1.5. Contribuição relativa da soma de quadrados para ambientes em relação à soma de quadrados para cultivares e interação cultivares x ambientes.....	47
Tabela 4.1.6. Contribuição relativa da soma de	

quadrados para ambientes(linear) em relação à soma de quadrados para cultivar x ambiente(linear) e desvios combinados.....	47
--	----

Tabela 4.1.7. Estimativas de alguns parâmetros de estabilidade de produtividade de grãos em milho estabelecidos pelo método de EBERHART & RUSSEL(1966)....	48
--	----

Tabela 4.1.8. Estimativas de alguns parâmetros de estabilidade de produtividade de grãos em milho estabelecidos pelo método de SILVA & BARRETO(1985).....	49
---	----

Tabela 4.1.9. Média de produção de grãos em kg/ha de quinze híbridos de milho, média em ambientes negativos e positivos, respectivamente.....	56
---	----

Tabela 4.2.1. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Sete Lagoas - MG. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3).....	60
---	----

Tabela 4.2.2. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Patos de Minas - MG. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3).....	61
--	----

Tabela 4.2.3. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Campinas - SP. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3).....	62
--	----

Tabela 4.2.4. Estimativa de alguns parâmetros	
---	--

pertinentes à estabilidade ambiental na região de Ribeirão Preto - SP. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3).....	63
--	----

Tabela 4.2.5. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Pindorama - SP. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3).....	64
--	----

Tabela 4.2.6. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Piracicaba - SP. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3).....	65
---	----

Tabela 4.2.7. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Jacarezinho - PR. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3).....	66
--	----

Tabela 4.2.8. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Brasília - DF. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3).....	67
---	----

Tabela 4.2.9. Estimativa da média, desvio padrão e erro da média dos desvios ambientais para alguns locais da região centro sul do Brasil.....	69
--	----

Tabela 4.2.10. Análise conjunta de ensaios de cultivares de milho comuns a cada dois anos, a partir do ano agrícola de 1964/65, para Campinas-SP. As somas de	
---	--

quadrados para anos, cultivares e interação anos x cultivares foram colocadas como percentagem da soma de quadrados para anos e cultivares..... 74

Tabela 4.2.11. Análise conjunta de ensaios de cultivares de milho comuns a cada dois anos, a partir do ano agrícola de 1964/65, para Sete Lagoas-MG. As somas de quadrados para anos, cultivares e interação anos x cultivares foram colocadas como percentagem da soma de quadrados para anos e cultivares..... 75

Tabela 4.2.12. Análise conjunta de ensaios de cultivares de milho comuns a cada dois anos, a partir do ano agrícola de 1964/65, para Pindorama-SP. As somas de quadrados para anos, cultivares e interação anos x cultivares foram colocadas como percentagem da soma de quadrados para anos e cultivares..... 76

ESTABILIDADE AMBIENTAL E DE CULTIVARES DE MILHO (*Zea mays* L.) NA
REGIAO CENTRO SUL DO BRASIL

Autor: JOSE SEBASTIAO CUNHA FERNANDES

Orientador: PROF. DR. ROLAND VENCovsky

RESUMO

Foi feito um estudo de estabilidade ambiental e de cultivares na região centro sul do Brasil, utilizando-se dados dos ensaios nacionais de milho conduzidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/CNPMS).

Para o estudo da estabilidade de cultivares, dois métodos foram utilizados para avaliar os quinze cultivares de milho em estudo, em 30 ambientes diferentes (dez locais durante três anos). O primeiro método foi o de EBERHART & RUSSELL(1966) e o segundo o de SILVA & BARRETO(1985).

Foram detectadas diferenças significativas entre os cultivares com relação aos parâmetros de estabilidade (média de produtividade de grãos, coeficiente de regressão e desvios de regressão). Alguns cultivares que foram considerados de adaptação geral pelo método de EBERHART & RUSSELL(1966), com $b = 1$, se mostraram bastante estáveis em ambientes menos promissores, com $b < 1$, e responsivos a ambientes mais promissores, com $b > 0$, quando analisados pelo método de SILVA & BARRETO(1985). Outros cultivares, também considerados de adaptação geral pelo primeiro método, se mostraram mais responsivos a ambientes menos

promissores, com $b_1 > 1$, e mais estáveis em ambientes mais promissores, considerando o segundo método.

Pelo fato de ter sido detectada uma correlação alta e negativa ($r = -0.85$) entre as estimativas dos parâmetros de estabilidade b_1 e b_2 do método de SILVA & BARRETO(1985), o comportamento destes materiais em relação a estas estimativas pode ter sido, pelo menos em parte, inerente ao próprio método.

Para o estudo da estabilidade ambiental, utilizaram-se dados de produtividade de grãos de cultivares de milho, comuns a cada dois anos, cobrindo um período de no mínimo 12 anos. A diferença de produtividade de grãos entre os cultivares de um determinado ano agrícola e os mesmos de um ano anterior, no mesmo local (flutuações ambientais), foi considerada devida a fatores de natureza climática.

Foi estimada a média, o desvio padrão e o erro associado a esta média, para as flutuações de cada região, pelo método dos quadrados mínimos ponderados. O desvio padrão foi utilizado como estimador da flutuação média a qual esta sujeita uma determinada região em estudo.

Estas flutuações ambientais foram bastante relevantes nos vários locais em estudo da região centro sul do Brasil. Grandes variações foram observadas entre estes desvios padrões pertinentes a cada local em estudo, desde 2106 kg/ha em Pindorama-sp, passando por 3942 kg/ha em Patos de Minas-MG, até 7195 kg/ha em Brasília-DF. Valores intermediários também

foram detectados para outras regiões. Isto significa que o risco ao qual estão sujeitos os agricultores que cultivam tal espécie é relevante principalmente se se considerar que os fatores que mais estão contribuindo para tais variações de produtividade são de natureza climática e de pouco controle.

ENVIRONMENTAL AND CULTIVAR STABILITY OF MAIZE (Zea mays L.) IN
THE CENTRAL AND SOUTHERN REGIONS OF BRAZIL

Author: JOSÉ SEBASTIÃO CUNHA FERNANDES

Adviser: PROF. DR. ROLAND VENCovsky

SUMMARY

A study of environmental and cultivar stability was carried out in the central and southern regions of Brazil, using data from the maize national trials coordinated by Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/CNPMS).

Two methods for the study of cultivar stability were considered to evaluate fifteen maize cultivars, in 30 different environments (10 places during three years), namely: EBERHART & RUSSELL's (1966) and SILVA & BARRETO's (1985).

Significant differences were detected among cultivars in relation to the stability parameters (grain yield mean, regression coefficient and regression deviations). Some cultivars considered having a general adaptation by the EBERHART & RUSSELL(1966) method, with $b = 1$; performed very stable in less promising environments, with $b < 1$, and performed well in more promising environments, with $b > 0$, when analysed by SILVA & BARRETO's(1985) method. Other cultivars, which also were considered having a general adaptation by the first method, performed better in less promising environments, with $b > 1$, and were stable in more promising environments, considering the second method.

Due to the fact that a high and negative correlation ($r = -0.85$) exists between estimates of stability parameter b_1 and b_2 of SILVA & BARRETO(1985), the behaviour of these estimates could be, partly, inherent to the method itself.

For the study of environment stability year by year grain yield data were considered, covering a period of at least 12 years. The difference in average grain yield of cultivars in a given year and the average of the same cultivars in the preceding year, in the same location (environmental variations) were considered due to factors of climatological nature.

Means, standard deviations and associated error of these means were estimated by weighted least squares. The standard deviation was used as an estimate of the average variation detected in a given location, over the period of years.

These environmental variations were relevant in several locations of the region here considered. A very wide range of yield variation due to year effects was observed considering the standard deviations for each location under study. In fact, the standard deviation at Pindorama-SP was 2106 kg/ha, in Patos de Minas-MG, 3942 kg/ha and in Brasilia-DF, 7195 kg/ha on a year basis. Intermediate values were also detected in other locations. This means that the risk to which the corn growers are subjected is high, considering that the factors contributing to these yield variations are primarily of climatological nature which are not under the control of the farmers.

1. INTRODUÇÃO

O problema ligado ao comportamento ou "performance" de uma espécie cultivada (variedades, linhagens ou híbridos) com relação a um ou vários caracteres, quando desenvolvida em um conjunto de ambientes, tem sido objeto de preocupação para os melhoristas desde o início do século. Este comportamento tem sido denominado por estabilidade, adaptabilidade, homeostase, etc. O caráter que tem sido mais estudado sob este aspecto é a produtividade da parte vegetal que tem maior valor econômico para o homem.

De grande interesse para os melhoristas, além da simples detecção de interação genótipo por ambiente em uma população, é a estimação de parâmetros de estabilidade associados a cada cultivar pertencente a esta população. Neste sentido, vários trabalhos têm sido propostos. YATES & COCHRAN (1938) foram os primeiros pesquisadores a estabelecerem uma regressão da produtividade de grãos de cada cultivar em cada ambiente sobre as produções de cada ambiente. Este estudo, posteriormente, foi desenvolvido por FINLAY & WILKINSON (1963), EBERHART & RUSSELL (1966) e outros. Mais recentemente, alguns pesquisadores

começaram a se preocupar com o comportamento de cultivares em ambientes mais promissores e menos promissores em relação a caracteres de interesse. Foi então que VERMA et alii(1976), resolveram usar duas regressões, ao invés de uma, das produtividades de grãos das cultivares sobre as produções ambientais; uma para os ambientes mais promissores e outra para os menos promissores. SILVA & BARRETO(1985), baseando-se neste mesmo princípio, propuseram, ao invés de duas regressões, uma regressão linear múltipla.

Estas últimas metodologias podem ser de grande interesse para países onde existem agricultores de baixa renda com poucos recursos para melhorar as condições ambientais onde praticam a agricultura, e agricultores que têm condições de melhorar seus ambientes mediante uso de insumos, irrigação, etc. Isto porque tais metodologias permitem identificar materiais de performance estável em ambientes menos promissores mas que respondem com a melhoria dos ambientes.

Outro aspecto que é de grande interesse para os melhoristas e agricultores é a identificação de regiões em função de suas flutuações em produtividade de grãos de uma determinada espécie cultivada, ao longo dos anos. Pode-se denominar este fenômeno de estabilidade ambiental ou regional. VENCOVSKY et alii(1986), verificaram que, em média, quarenta por cento dos materiais avaliados nos ensaios nacionais de milho permanecem de um ano para o outro, dando-lhes subsídio para estimar o ganho genético devido ao melhoramento nesta espécie. Estes materiais comuns podem então ser usados para se ter uma estimativa das

flutuações na produtividade de grãos desta espécie, flutuações estas que têm como causa principal as variações climáticas pertinentes à cada região em estudo.

Um dos objetivos deste trabalho é a avaliação de cultivares de milho em função de seus parâmetros de estabilidade e o outro, a avaliação de regiões em função de suas flutuações de produção de grãos devido aos efeitos climáticos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estabilidade (Caracterização geral)

O conceito de homeostase fisiológica, desde há muitos anos, vem sendo motivo de preocupação de vários cientistas tanto da área biológica em geral como da área agrônômica propriamente dita.

LERNER(1954) cita o conceito de CANNON(1932) para o qual, homeostase é a totalidade de estados estáveis mantidos em um organismo através do ajustamento de seus complexos processos fisiológicos. O próprio LERNER(1954), considera este fenômeno como a propriedade do organismo de se ajustar às condições ambientais por si próprio, ou ao mecanismo auto regulatório do organismo que o permite se estabilizar diante das flutuações ambientais internas e externas. Esta homeostase é definida a nível de indivíduo, porém, a nível de grupos de intercruzamento, seja uma espécie ou uma população mendeliana restrita, ela é de grande importância para o estudo da evolução. A auto regulação neste nível, continua o autor, pode ser designada como homeostase genética e definida como a propriedade da população em equilibrar sua composição genética e resistir a mudanças bruscas do

ambiente.

A habilidade de um indivíduo ou uma população em produzir uma limitada classe de fenótipos em diferentes ambientes, foi conceituada por LEWIS(1954) como estabilidade fenotípica. O mesmo fenômeno foi considerado por DOBZHANSKY & WALLACE(1953) como homeostase. É importante observar que estes autores consideram a adaptação de uma população a um conjunto de ambientes como sendo estabelecida através de duas estratégias: primeiro, muitas espécies e populações são polimórficas e consistem de uma variedade de genótipos otimamente adaptados a diferentes ambientes; segundo, os indivíduos respondem às flutuações ambientais através de modificações fisiológicas e estruturais. Infere-se que uma população pode adaptar-se a vários ambientes através da variação de sua estrutura genética bem como da variação dos seus processos fisiológicos e morfológicos de cada indivíduo no sentido da melhor adaptação, sendo esta última também determinada geneticamente, ou seja, uma propriedade de cada indivíduo "per se".

Segundo LEWONTIN(1957), o valor adaptativo de um genótipo dentro de uma população pode ser rigorosamente definido como a habilidade relativa dos indivíduos deste genótipo para contribuir com as proles de sucessivas gerações. O mesmo não acontece para uma população, já que o seu valor adaptativo deverá ser especificado em relação a um determinado ambiente e é bastante difícil, se não impossível, testar duas populações sob condições idênticas, ou seja, no mesmo ambiente. O autor sugere que o conceito de adaptação geral seria uma solução para tal

problema e considera que uma espécie ou população possui maior adaptação geral que outra se ela se adapta a uma maior quantidade de ambientes nos quais ela possa viver e reproduzir. Considera uma população homeostática aquela que pode ajustar a sua composição genotípica ou fenotípica a fim de sobreviver e reproduzir em uma variedade de ambientes. Conforme verificado por DOBZHANSKY & WALLACE(1953), LEWONTIN(1957) também fala de duas estratégias de uma população para sobreviver às flutuações ambientais: a flexibilização da composição genética da população e a homeostase de cada indivíduo que a compõe.

Considerando que um indivíduo pode sofrer alterações nos seus processos fisiológicos e/ou morfológicos como única estratégia para a adaptação, uma população geneticamente homogênea, ou seja, constituída de apenas um tipo de genótipo, também terá a mesma estratégia. Populações heterogêneas possuem ambos os processos disponíveis. ALLARD & BRADSHAW(1964) estabeleceram o termo "individual buffering" do qual depende uma população homogênea(linhas puras, híbrido simples, etc.) para estabilizar sua produtividade e o termo "population buffering" do qual depende uma população heterogênea para tal.

A grande ocorrência de interação genótipo por ambiente levanta a importante questão do seu aspecto evolucionário. Por um lado, um genótipo pode resistir a flutuações ambientais de maneira que sempre o mesmo fenótipo é produzido em condições ambientais diferentes. Por outro lado, este genótipo pode se comportar de maneira a produzir diferentes fenótipos em diferentes ambientes. Alguns autores procuram

distinguir estas alternativas e consideram a primeira situação como estabilidade desenvolvimental, MATHER(1953); estabilidade fenotípica, LEWIS(1954); homeostase desenvolvimental, LERNER(1954), DAWSON(1968); canalização, WANDDINGTON(1942); e auto regulação, SCHMALHAUSEN(1949); e a segunda como plasticidade fenotípica, SALISBURY(1940); plasticidade adaptativa, MATHER(1955); flexibilidade desenvolvimental, LEVINS(1963); e adaptabilidade individual, MATHER(1955); citados por WESTERMAN & LAWRENCE(1970). Porém, uma nova terminologia foi sugerida por WESTERMAN & LAWRENCE(1970): eles denominaram a primeira situação de estabilidade desenvolvimental e a segunda de flexibilidade desenvolvimental e usaram o termo regulação desenvolvimental para se referirem a estas duas situações adaptativas.

Estabilidade e adaptabilidade são termos usados, às vezes, com o mesmo objetivo, porém existem autores que fazem distinção entre estes conceitos. BILBRO & RAY(1976) designaram o parâmetro b (regressão da produção de uma cultivar sobre os índices ambientais, EBERHART & RUSSELL(1966), como um indicador da adaptabilidade da produtividade desta cultivar. A estabilidade seria definida pelos desvios da regressão, ou seja, uma medida da dispersão dos pontos em torno da linha de regressão. Consequentemente, esta última está relacionada com a predictibilidade e repetibilidade da "performance" do material dentro dos ambientes. VENCOVSKY & TORRES(1986), denominaram adaptabilidade à "performance" de uma população no espaço (regiões) e estabilidade, a "performance" no tempo (anos).

2.2. Estabilidade, Heterozigosidade e Homozigosidade

Vários estudos foram feitos no sentido de se verificar se a heterozigosidade de uma população confere-lhe maior estabilidade ou adaptação em relação à homozigosidade. Neste sentido, ênfase foi dada ao sistema reprodutivo das populações em estudo, sob a hipótese de que, populações autógamas e alógamas adotam diferentes estratégias para a adaptação.

LEWIS(1952), estudando o caráter número de flores em uma espécie do gênero Lycopercicum, que se reproduz por autofecundação, verificou que a variabilidade na geração F1 foi menor que nos parentais apenas na ausência de dominância ou quando esta foi parcial. A heterose, tanto positiva quanto negativa, bem como a dominância, resultou em uma F1 que foi ligeiramente mais variável que os parentais. Deve-se resaltar que o caráter em questão tem sua dominância sujeita a mudanças em função da temperatura e esta última foi o fator ambiental considerado no estudo da homeostase. O mesmo autor fez uma análise dos dados de SMITH(1952) com Nicotiana e de HARGBERG(1952) com Gaeolopsis, ambas espécies autógamas e encontrou resultados análogos.

Em plantas alógamas, a geração F1 apresentou menor variabilidade que os parentais, conforme demonstrado por MATHER(1950) em Primula sinensis, ROBERTSON & REEVE(1952) e DOBZHANSKY & WALLACE(1953) em Drosophila melanogaster, citados por LEWIS(1954). A argumentação dada por Dobzhansky e Wallace é que as espécies alógamas seriam mais balanceadas fisiologicamente

em condições heterozigóticas e as autógamas em homozigóticas.

Uma teoria de caminhos genéticos alternativos foi estabelecida por LEWIS(1954) para explicar a menor variabilidade em F1 em relação aos parentais quando na ausência de dominância: supondo um loco com dois alelos, o heterozigoto teria dois caminhos alternativos para transformar um substrato em um produto na ausência de dominância e apenas um na presença desta. Para explicar a maior variabilidade nos F1's em relação aos parentais para algumas espécies autógamas e a menor para algumas alógamas, ambas manifestando heterose para o caráter em questão, o autor considera a teoria dos genes dominantes favoráveis (JONES,1918) e da heterozigosidade balanceada (EAST,1936), respectivamente.

DOBZHANSKY & WALLACE(1953), em um experimento com D.melanogaster, verificaram que indivíduos homozigotos mostraram diferentes taxas de sobrevivência quando submetidos a diferentes ambientes. Ao contrário, os heterozigotos eram bastante uniformes para este caráter a despeito das flutuações ambientais. Estes autores citam também que MATHER(1950) verificou que o número de barbas esternopleurais nos dois lados do corpo do mesmo indivíduo de linhagens endógamas de D. melanogaster foram mais variáveis que em híbridos F1 e F2.

Em Nicotiana rustica, uma espécie parcialmente autógama, JINKS & MATHER(1955) mostraram que a heterozigosidade "per se" não conferiu alta estabilidade de desenvolvimento para alguns caracteres desta espécie. Em relação à altura de plantas, os F1's foram menos estáveis que os parentais, e para o tempo de florescimento, não houve diferenças entre estes tipos de

progênes com relação à estabilidade. Outros trabalhos como os de SMITH(1952), com Nicotiana rustica; HARGBERGS(1952), com Gaeolopsis spp; GUSTAFSON(1955), com cevada, citados por JINKS & MATHER(1955); bem como os de MATHER(1954) e TEBB & THODAY(1954), com D. melanogaster, suportam tais conclusões.

JINKS & MATHER(1955), concluem que todos estes resultados são esperados desde que a estabilidade no desenvolvimento reflita um balanço gênico produzido pela ação da seleção natural porém, não mostram explicações óbvias, se a alta estabilidade é referida como uma propriedade fisiológica inata do estado heterozigoto como tal.

ADAMS & SHANK(1959), conduziram um estudo de homeostase para alguns caracteres em oito grupos de híbridos de milho (Zea mays) com diferentes níveis de heterozigosidade e obtiveram duas evidências: primeiro, a homeostase nestes híbridos foi intensamente relacionada com o nível de heterozigosidade de cada grupo; segundo, diferenças entre híbridos dentro de cada grupo foram altamente significativas, o que sugere que a heterozigosidade intrínseca não é suficiente para explicar a homeostase nesta espécie.

KOHEL(1969), não encontrou diferenças significativas entre parentais e híbridos para variabilidade de alguns caracteres na espécie Gossypium hirsutum. O autor sugere que certas espécies autógamas podem estar em estado de transição e ainda não ter adquirido os mecanismos homeostáticos tal como aqueles encontrados nas espécies alógamas. Estes resultados também sugerem que a seleção natural tem papel preponderante na

determinação de uma condição que maximize a homeostase em uma espécie.

2.3. Estabilidade e Heterogeneidade

Um dos fatores que exercem grande influência na estabilidade de uma população é a sua base genética. JONES(1958), utilizando dados de produção de grãos de híbridos simples e duplos de milho de vários locais nos Estados Unidos, no ano de 1951, verificou que os híbridos duplos foram mais estáveis que os simples para produtividade. O autor comenta que no melhoramento de plantas autógamas, a obtenção de uma linha pura de alta produção pode não ser desejável em condições ambientais adversas. Uma mistura de linhas puras pode não ter maior produção em um determinado ambiente que pode ser um ano agrícola, mas pode produzir, em média, mais que uma linha pura, em vários ambientes.

A diversidade genética em uma população é de grande importância no sentido de se reduzir as interações desfavoráveis genótipo por ambiente, mesmo que seus mecanismos não sejam totalmente entendidos (ALLARD & BRADSHAW, 1964). O importante é saber se é possível colocá-la em uso. Em alguns casos, a demanda de produtos com alta uniformidade impossibilita tal uso, porém isto não é regra geral.

A utilização de uma mistura de linhas puras com a finalidade de promover maior estabilidade de produção de grãos também foi sugerida por FREY & MALDONATO(1967), em um experimento com cultivares de aveia. Foi verificado que a vantagem do uso de populações heterogêneas desta espécie aumenta

na medida em que os ambientes se tornam mais variáveis.

PATANOTHAI & ATKINS(1974) fizeram um estudo da "performance" de híbridos simples, triplos e linhagens parentais de sorgo(Sorghum bicolor L. Moench), para produtividade de grãos em diferentes condições ambientais. Estimativas de parâmetros de estabilidade indicaram que os híbridos triplos foram levemente mais estáveis para produção de grãos que os simples. Os desvios das regressões foram menores e os coeficientes de regressão foram mais próximos de 1.0 para os híbridos triplos. Houve variações consideráveis das estimativas destes parâmetros entre os híbridos, sugerindo que a estabilidade pode ser atingida tanto com os híbridos simples como com os triplos. Isto significa que a homeostase populacional não tem uma influência sobreposta à individual, já que os híbridos simples compõem uma população geneticamente homogênea e só dispõem desta última como mecanismo homeostático. Resultados idênticos foram obtidos por JOWETT(1972).

Em um estudo do índice de estabilidade em genótipos irradiados e não irradiados de aveia(Avena sativa L.), FATUNLA(1976) verificou que a radiação causou um decréscimo no índice médio de estabilidade de produção de grãos desta espécie. Na geração F7 de uma população originada de uma linha em F3 e conduzida por bulk, o índice médio de estabilidade (média dos coeficientes de regressão) foi de 1.1, enquanto que na F7 de uma população originada também de uma linha em F3, mas que sofreu tratamento de irradiação até a F6, foi de .82. Mais importante é notar que nas gerações F11 e F12 o índice médio de estabilidade

foi de 1.04 e 1.02, para a população irradiada e não irradiada respectivamente. Parece haver uma tendência em ambos os casos para uma estabilidade média de produção. Entretanto, dentro de cada população houve uma frequência de distribuição dos coeficientes de regressão associados a cada genótipo. Isto implica que se o objetivo é obter uma população com adaptação ampla, esta população heterogênea seria indicada; porém, dentro destas populações, encontram-se linhagens com índices maiores ou menores que 1.0. Lembrando que um genótipo com coeficiente de regressão maior que 1.0 tem adaptação específica a ambientes promissores, desde que os desvios da regressão não sejam significativos, um genótipo com tal índice seria ideal para tais ambientes.

EBERHART & RUSSELL(1969) verificaram que, em média, o quadrado médio, tanto dos híbridos como da interação híbridos x ambientes, foi maior para os simples que para os duplos, originados de um mesmo grupo de linhagens, para produtividade. A amplitude de variação dos quadrados médios das regressões foi maior para os simples que para os duplos. Entretanto, foram identificados híbridos simples que foram tão estáveis quanto os duplos para produtividade de grãos, baseando-se nos parâmetros, média, coeficiente de regressão e desvios da regressão.

É sabido que no melhoramento através de retrocruzamentos, as multilinhas devem ser extensivamente testadas, antes que seja admitido que elas não difiram de seus parentais recorrentes, a não ser para os caracteres incorporados.

Os alelos a serem transferidos podem estar intensamente ligados a outros prejudiciais, e terem efeitos pleiotrópicos, também prejudiciais. FREY(1972) fez um estudo de estabilidade em um grupo constituído de doze isolinhas precoces de aveia(Avena sativa L.) e doze intermediárias, desenvolvidas por retrocruzamentos, usando-se vários parentais doadores e dois recorrentes. O coeficiente de regressão para estabilidade não diferiu significativamente de 1.0 para ambos os parentais recorrentes, porém, 4.0 isolinhas precoces e 5 intermediárias tiveram seus coeficientes de regressão significativamente diferente de 1.

SHAALAN et alii.(1966) fizeram um estudo da "performance" de misturas de linhagens de trigo (Triticum aestivum L.em Thell). Os dados mostraram que as misturas reconstituídas anualmente foram mais estáveis em sua "performance" do que as misturas originais ou cada componente isolado, para produção de grãos. Entretanto, a "performance" média da mistura de cultivares adaptadas ou linhagens fenotipicamente semelhantes não foi superior ao melhor componente de cada mistura.

É importante ressaltar, que a estabilidade em um determinado caráter pode estar ligada indiretamente ao comportamento dos componentes do mesmo. Um modelo teórico que ilustra tal situação foi desenvolvido por GRAFIUS(1956) em que a produção de grãos da espécie Avena sativa L. foi representada geometricamente por um paralelepípedo onde a dimensão X representa o número de panículas por unidade de área, Y o número

de grãos por panícula e Z o peso médio do grão. A variação em uma destas componentes seria contrabalanceada pelas outras.

BRADSHAW(1967) resumizou esta situação da seguinte forma: A adaptação de um organismo em vários ambientes será maximizada por mudanças fenotípicas em vários caracteres se estas minimizam qualquer efeito deletério do ambiente e maximizam qualquer efeito vantajoso. Como estes caracteres podem ter, cada um, seu próprio grau de plasticidade, segue-se que a máxima adaptação pode ser obtida pela plasticidade em alguns caracteres e estabilidade em outros.

FATUNLA(1973) verificou que a estabilidade para produção de frutos em gramas por planta na espécie Lycopersicum esculentum L. foi estabelecida via plasticidade em outro componente da produção: o peso médio de grãos. As três cultivares mais estáveis tiveram seus coeficientes de regressão (b) iguais a 0.91, 0.7 e 1.05 para produção em gramas por planta, 5.7, 3.7 e 7.16 para peso médio de fruto e 0.26, 0.74 e 0.28 para número de frutos por planta, respectivamente. Verifica-se que a estabilidade de produção em gramas por planta, foi estabelecida principalmente por uma maior flexibilidade no peso médio de frutos e maior estabilidade no número de frutos por planta.

Em milho (Zea mays L.), um aspecto importante ligado à estabilidade é a prolificidade. RUSSELL & EDERHART(1968), fizeram um estudo de estabilidade envolvendo híbridos triplos obtidos de várias combinações de linhagens prolíficas e não prolíficas desta espécie. Representando, para efeito didático, as linhagens não prolíficas por (1) e as

prolíficas por (2), os autores verificaram que os híbridos triplos $(2 \times 2) \times 2$, foram os que apresentaram menor interação com os ambientes em estudo; os híbridos $(2 \times 2) \times 1$ e $(1 \times 1) \times 2$, foram os intermediários e os $(1 \times 1) \times 1$ apresentaram os maiores quadrados médios para a interação. Também, os híbridos $(2 \times 2) \times 2$ foram os que apresentaram menores coeficientes de regressão para estabilidade, mostrando-se bem adaptados a ambientes mais estressantes e os $(1 \times 1) \times 1$, apresentaram b's maiores, sendo, em função disto, considerados de melhor adaptação a ambientes mais promissores. Os desvios da regressão, embora significativos para todos, também foram de menor magnitude para os híbridos $(2 \times 2) \times 2$ em relação aos outros estudados. Os autores concluem que os milhos prolíficos tendem a se desenvolverem melhor que os não prolíficos em ambientes estressantes e, o contrário, em ambientes promissores. Sugerem o fenômeno "barrenness" como o provável responsável por tal comportamento. Também, RUSSELL (1968) verificou que, nesta mesma espécie, o fenômeno "barrenness" foi muito mais intenso em genótipos não prolíficos que nos prolíficos, em condições ambientais estressantes. SOUZA JUNIOR¹ considera que a alta correlação entre a prolificidade e o volume de raízes, pode ser, também, uma justificativa para a maior estabilidade das cultivares prolíficas em relação às não prolíficas.

1. SOUZA JUNIOR, C.L. (ESALQ-USP, Piracicaba, SP, 1988)

2.4. Métodos Para Determinação da Estabilidade

Um dos grandes problemas relacionados à estabilidade é a sua determinação, ou seja, a estimação de um ou mais parâmetros que determinem, com a máxima fidelidade, o comportamento de um genótipo ou cultivar com relação a um caráter, quando este é desenvolvido em um conjunto de ambientes.

Os primeiros autores a estabelecerem o grau de associação entre produções varietais e produções ambientais foram YATES & COCHRAN(1938). Estes autores utilizaram os dados de FISHER(1935) em que cinco variedades de cevada foram desenvolvidas em seis locais durante os anos de 1931 e 1932. Após ser executada a análise conjunta e detectada a interação genótipo por ambiente, foi feita uma regressão, para cada variedade, de sua produção em cada local sobre a produção média de cada local.

PLAISTED & PETERSON(1959) apresentaram um método para avaliar a magnitude da interação genótipo por ambiente quando vários cultivares são testados em vários ambientes. A metodologia é a seguinte:

1- Uma análise de variância conjunta é computada para todas as variedades em todos os ambientes. Se o quadrado médio para a interação variedades por ambientes for significativo, os passos sucessivos são os seguintes:

2-Procede-se a uma análise de variância conjunta para todos as combinações de pares de variedades em todos os ambientes. Para n variedades o número de análises será $[n(n-1)]/2$.

3-Através da esperança do quadrado médio, é obtida uma estimativa da variância da interação de variedades por ambientes, para cada

par de variedades.

4-Uma média aritmética destas estimativas é obtida para todos os pares de variedades que têm uma média em comum. Cada média terá $(n-1)$ estimativas.

A variedade mais estável seria aquela com menor média, ou seja, a que contribuisse menos com a interação genótipo por ambiente.

O método estabelecido por YATES & COCHRAN(1938) foi posteriormente revisto por FINLAY & WILKINSON(1963), onde sofreu algumas modificações: os dados foram tomados em escala logarítmica com a finalidade de introduzir um alto grau de linearidade nas regressões e também para aumentar o grau de homogeneidade do erro experimental. Um fato a considerar é que as médias das produções em escala logarítmica equivalem às médias geométricas na escala natural. Este fato, segundo os autores, tem que ser levado em consideração no estudo mais detalhado da "performance" de uma variedade, mas não tem qualquer consequência no estudo preliminar do conjunto de variedades. O referido método permite então classificar um genótipo com relação à sua estabilidade, em função de sua média de produção e seu coeficiente de regressão. Se um genótipo tem um coeficiente de regressão $(b)=1$, este possui adaptação geral e será bem ou mal adaptado se sua média de produção for alta ou baixa, respectivamente. Coeficientes de regressão acima de 1 indicam sensibilidade a flutuações ambientais e especificidade de adaptação a ambientes mais promissores e, abaixo de 1, alta resistência a variações ambientais e adaptação a ambientes de

baixa produção.

Este método foi novamente considerado por EBERHART & RUSSELL(1966) que estabeleceram o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = u_i + B_i I_j + \delta_{ij}$$

onde: Y_{ij} = média da i-ésima variedade no j-ésimo ambiente.

u_i

= média da i-ésima variedade sobre todos os ambientes.

B_i

= coeficiente de regressão que mede a resposta da i-ésima variedade às flutuações ambientais.

I_j

= índice ambiental obtido pela diferença entre a média de todas as variedades no j-ésimo ambiente e a média geral.

δ_{ij}

= desvios da regressão para a i-ésima variedade no j-ésimo ambiente.

A diferença entre este método e o de FINLAY & WILKINSON(1963), é que aqui os dados não são transformados em escala logarítmica, os índices ambientais são obtidos pela diferença entre a média de cada ambiente e a média geral, e um novo parâmetro é introduzido: os desvios da regressão. Portanto, pode-se fazer as mesmas inferências do método de FINLAY & WILKINSON, para caracterizar um genótipo com relação a sua adaptação e dar credibilidade a estas inferências em função dos desvios da regressão. Por exemplo, se um genótipo tem média de produção alta e coeficiente de regressão acima de 1, ele é especificamente adaptado a ambientes promissores e, a credibilidade a esta afirmação dependerá dos desvios da regressão. Se estes forem significativos, o comportamento do genótipo passa a ser imprevisível.

PERKINS & DINKS(1968) usaram o seguinte modelo

para estudar a interação genótipo por ambiente, em um conjunto de linhagens, bem como o cruzamento entre elas:

$$Y_{ij} = u + d_i + E_j + g_{ij} + e_{ij}$$

onde:

u = média geral de todas as linhagens.

Y_{ij} = valor genotípico da i -ésima linhagem no j -ésimo ambiente.

d_i = contribuição genética aditiva da i -ésima linhagem.

E_j = contribuição ambiental aditiva do j -ésimo ambiente.

g_{ij} = interação da i -ésima linhagem com o j -ésimo ambiente.

e_{ij} = erro experimental.

A interação genótipo por ambiente de qualquer linhagem, sendo considerada como uma função linear dos efeitos ambientais:

$$g_{ij} = b_i E_j + \delta_{ij}$$

onde:

b_i = Coeficiente de regressão linear da i -ésima linhagem.

δ_{ij} = desvios da regressão para a i -ésima linhagem no j -ésimo ambiente.

Desta forma, o modelo toma o seguinte aspecto:

$$Y_{ij} = u + d_i + E_j (1 + b_i) + \delta_{ij} + e_{ij}$$

As técnicas de regressão, usadas para medir estabilidade desenvolvida por YATES & COCHRAN(1938) e posteriormente aprimoradas por FINLAY & WILKINSON(1963) e EBERHART & RUSSELL(1966), são, em princípio regressões das produções de genótipos sobre produções ambientais, ou índices ambientais, sem quaisquer estratificações destes.

VERMA et alii.(1976) sugerem que a existência de genótipos com diferentes níveis de "performance" média e de sensibilidade a flutuações ambientais, implica que esta sensibilidade não tem apenas um controle genético. Devem haver grupos distintos de sistemas gênicos controlando-a em ambientes contrastantes em adição a ~alguns genes comuns. Em outras palavras, uma amostra de genótipos poderia conter os seguintes tipos:

- a) Genótipos com baixa sensibilidade sob ambientes de baixa produção, porém que respondem com a melhoria dos ambientes (teoricamente o genótipo ideal).
- b) Genótipos sensíveis em ambientes pobres e estáveis em condições ambientais promissoras.

Os autores argumentam que as técnicas de regressão existentes não identificavam este comportamento e propuseram dividir os índices ambientais em dois grupos, um referente aos índices ambientais negativos e outro aos positivos, incluindo o menor índice negativo em valor absoluto para dar continuidade à linha de regressão. Desta forma, cada genótipo seria identificado por um coeficiente de regressão em ambientes com índices negativos (baixa produção) e outro em ambientes com índices positivos (alta produção).

A principal objeção que surge em relação a este método é que se torna necessária a utilização de vários ambientes, do contrário sobrariam poucos pontos para cada regressão.

SILVA & BARRETO(1985) tentaram solucionar este

problema, propondo o ajustamento de uma única curva constituída de dois segmentos de reta com união no ponto correspondente ao valor zero dos índices ambientais.

O modelo proposto é o seguinte:

$$E(y) = B_0 + B_1 X + B_2 T(X)$$

onde:

$$T(X) = X, \text{ se } X > 0$$

$$T(X) = 0, \text{ se } X < 0$$

X = índice ambiental.

A equação de regressão ajustada para cada genótipo tem então duas expressões:

$$Y = b_0 + b_1 X, \text{ se } X < 0$$

$$Y = b_0 + (b_1 + b_2)X, \text{ se } X > 0$$

onde:

b_0 , b_1 e b_2 são as estimativas dos parâmetros B_0 , B_1 e B_2 respectivamente.

A caracterização de genótipos para estabilidade com base nos coeficientes de regressão pode não ser muito efetiva, segundo SHUKLA(1972), quando apenas uma pequena fração da soma de quadrados para a interação genótipo por ambiente for devida a heterogeneidade entre as regressões. O autor propôs um outro parâmetro (σ_i^2) que é função da variância do erro (σ_0^2) e da variância entre ambientes (σ_j^2) para cada genótipo. Um genótipo estável seria aquele que tivesse o parâmetro σ_j^2 próximo de zero, ou seja, σ_i^2 próximo de σ_0^2 , que é a própria variância do erro. Desta forma, σ_i^2 é testado diretamente com σ_0^2 .

Este método foi aplicado aos dados analisados por

YATES & COCHRAN(1938) através das técnicas de regressão e as conclusões foram as mesmas.

Uma técnica de agrupamento de genótipos em função de suas médias e seus coeficientes de variação foi proposta por FRANCIS & KANNENBERG(1978). As médias de cada genótipo são plotadas contra seus respectivos CV's. O CV médio e a média geral dividem o gráfico em quatro grupos:

Grupo I: Alta produção, pequena variação.

Grupo II: Alta produção, grande variação.

Grupo III: Baixa produção, pequena variação.

Grupo IV: Baixa produção, grande variação.

O autor sugeriu esta técnica ao observar que, quando a variância da média de produção através dos ambientes foi computada, a correlação entre estes dois parâmetros, para quinze híbridos em estudo, foi de .65($P < .001$). Dado que uma variedade responsiva é associada a uma grande variância, conforme mostrou a correlação, o que se quer é uma medida de consistência que explique a produção. Para tal propósito, a estatística usada foi o coeficiente de variação.

FUNNAH & MAK(1980) fizeram um estudo de estabilidade de produção de grãos em vinte genótipos de soja(Glycine max L.), em doze ambientes diferentes, usando os métodos propostos por PERKINS & JINKS(1968), FRANCIS & KANNENBERG(1978) e SHUKLA(1972). Pela técnica de regressão, quatro genótipos foram considerados instáveis (coeficiente de regressão diferente de zero), entretanto, para os 16 restantes, grande proporção da interação genótipo por ambiente não foi

linearmente relacionada aos índices ambientais. Com os outros dois métodos menos da metade dos genótipos foi considerada estável. Para alguns genótipos, a classificação em relação à estabilidade foi a mesma para os três métodos.

OLIVEIRA(1976) comparou seis métodos de estudo de estabilidade em quinze genótipos de milho e em treze ambientes, verificando que os métodos de EBERHART & RUSSEL(1966) e FINLAY & WILKINSON(1963) foram os mais informativos.

Um modelo de regressão quadrática foi usado por FATUNLA(1973) para avaliar o comportamento de doze cultivares de tomate (Lycopersicum esculentum L.) em vários ambientes. O modelo usado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = b_{0i} + b_{1i} X_{1j} + b_{2i} X_{2j}$$

onde: Y_{ij} = produção do i-ésimo cultivar no j-ésimo ambiente.
 X_{1j} = produção do ambiente j (índice ambiental).
 $X_{2j} = (x_{1j})^2$
 b_{0i}, b_{1i} e b_{2i} = coeficientes de regressão.

Usando este modelo, o autor verificou uma tendência de certos caracteres, tais como: peso médio do fruto, número de frutos por planta e produção em gramas por planta, de diminuírem levemente ($b_{2i} < 0$) a partir de um determinado valor do índice ambiental, sendo significativo para alguns destes.

De uma maneira geral, pode-se dizer que existem dois métodos para proceder à análise de regressão no estudo da estabilidade. O primeiro estima um coeficiente de regressão denominado fenotípico (HILL, 1973) e foi inicialmente proposto, como já foi mencionado, por YATES & COCHRAN(1938). Basicamente,

trata-se de uma regressão do valor fenotípico (Y_{ij}) do indivíduo (i), no ambiente (j), sobre o valor ambiental ($u + e_j$). Sendo u constante para todas as observações e d constante para cada genótipo no modelo $Y_{ij} = u + d_i + e_{ij} + g_j$, então, esta é, na realidade, uma regressão de $e_{ij} + g_j$ sobre e_j . O segundo estima um coeficiente de regressão denominado genotípico e é obtido pela regressão de $d_i + g_j$ sobre e_j . Como d é constante para cada genótipo, este é equivalente à regressão de g_j sobre e_j .

Existem limitações, tanto biológicas como estatísticas, no uso da regressão para predição de estabilidade HILL(1973). Uma limitação biológica seria aquela relacionada às diferentes respostas fisiológicas aos diferentes fatores físicos do ambiente, e que, segundo alguns autores, (KNIGHT, 1970, 1973; WITICOMB & WHITINGTON, 1971), a técnica de regressão simplifica o padrão de resposta a uma extensão tal podendo levar a conclusões errôneas (HILL, 1973). Mas o autor considera que, em um experimento apropriado, estas diferentes respostas fisiológicas aos diferentes fatores físicos podem ser detectadas nos desvios das regressões.

Como limitações estatísticas pode-se citar as transformações de dados que podem até mesmo eliminar as interações de genótipo por ambiente (MATHER, 1971; BREESE & HILL, 1973, citados por HILL, 1973). Outra limitação estatística é o fato de a variável do eixo das abscissas não ser totalmente independente da do eixo das ordenadas e sujeita a erros. O índice ambiental como tal é uma estimativa tendenciosa da variável independente. Entretanto, se um grande número de ambientes é

incluído no experimento e se as variações interambientais são de magnitude tal que o quadrado médio entre ambientes seja bastante superior ao do resíduo, qualquer desvio não terá sérios efeitos do ponto de vista prático (HARDWICK & WOOD, 1972, por HILL, 1973).

2.5. Estabilidade e Índice Ambiental

Como já foi mencionado anteriormente, na grande maioria dos trabalhos sobre estabilidade, os índices ambientais são usados como a variável independente para estudos de regressão. Sabe-se que existem vários fatores ambientais compondo estes índices e cada fator pode contribuir de maneira diferente para o caráter em estudo. Alguns autores estudaram a influência de níveis de fatores ambientais isoladamente; por exemplo, MITCHELL & LUCANUS (1962) e EAGLES (1967) para temperatura; BRADSHAW et alii. (1964) e BARLEY & NAIDU (1964), para nitrogênio; ASHER & LONERAGAN (1967), para fósforo; e LONERAGAN et alii. (1968), para cálcio, citados por KNIGHT (1970). Provavelmente, um nível ótimo para um caráter considerado, ocorre para cada nível de fator ambiental. MITCHELL & LUCANUS (1962), verificaram que cinco cultivares de uma espécie de forrageira exibiram o mesmo comportamento produtivo em função da temperatura, mas uma sexta cultivar tinha um padrão de resposta bastante diferente daquelas. KNIGHT (1970), usando os dados de Mitchell & Lucanus, plotou as produções individuais de cada cultivar contra um índice ambiental em um gráfico e verificou que a cultivar que tinha um padrão diferente das outras, em relação à temperatura, exibia os maiores desvios da regressão. Verifica-se

que estes desvios podem não ser uma propriedade intrínseca do genótipo em questão. O autor salienta que se o experimento fosse conduzido com cinco cultivares idênticas àquela que exibiu maiores desvios da regressão, e uma outra qualquer, esta última poderia ocupar o comportamento da anterior.

Em situações de campo, vários fatores ambientais influenciam tanto o crescimento quanto a produção nas espécies cultivadas. Consequentemente, seria necessário verificar a resposta dos genótipos a várias combinações dos níveis dos diferentes fatores, para interpretar a interação genótipo por ambiente. Isto exigiria experimentos muito complexos e impraticáveis. Para dois fatores e seus diferentes níveis, os dados podem ser interpretados em uma superfície de resposta, porém para mais de três fatores, estes necessitam ser analisados em regressões múltiplas de difícil interpretação (KNIGHT, 1970).

A utilização de um índice ambiental, utilizando-se genótipos diferentes daqueles em estudo, tem sido proposta por alguns autores. BILBRO & RAY (1976) usaram como índice ambiental a produção média de três cultivares padrões de algodão (Gossypium hirsutum L.) para um estudo de adaptação de outros cultivares da mesma espécie.

FAKOREDE (1986) utilizou índices ambientais, os quais ele denominou de físicos, biofísicos e biológicos, no estudo de cultivares de milho. Os índices ambientais físicos foram: umidade relativa máxima, unidades acumuladas de calor e temperatura mínima. Os biofísicos foram obtidos através de uma regressão da produção de grãos sobre variáveis ambientais

climáticas, eliminando-se aquelas de menor contribuição para a regressão. Os biológicos foram os usuais (diferença entre as médias de cada ambiente e a média geral). Os índices ambientais em estudo contribuíram de maneira bastante semelhante para a interação genótipo por ambiente. Embora a magnitude dos coeficientes de regressão tenham variado bastante com a mudança do índice usado, a ordem de classificação dos genótipos foi pouco modificada em função dos desvios da regressão. A interpretação dos dados foi pouco modificada com a substituição dos índices para avaliar os ambientes.

2.6. Estabilidade e Interação Genótipo por Ambiente em Algumas Cultivares

McCALL et alii.(1982) fizeram um estudo de estabilidade para o caráter tenacidade de fibras na espécie (Gossypium hirsutum L.). As interações genótipo por ambiente para este caráter foram significativas, porém as magnitudes dos componentes de variância das interações foram relativamente pequenas comparadas aos respectivos componentes dos cultivares. Foi concluído que estas interações são de mínima importância na determinação deste caráter e a classificação dos cultivares nos ambientes estudados com relação ao mesmo foram, praticamente as mesmas. Portanto, a seleção em um ambiente garante o mesmo comportamento em outros.

ACHMAD et alii.(1976) também fizeram um estudo desta natureza em soja (Glicine max L.), tentando verificar a validade da seleção de genótipos em um ambiente para outros. Os

autores verificaram que das 16 melhores linhagens selecionadas para produção de grãos, num total de 48, em qualquer dos ambientes, 11 equivaleram à "performance" das linhagens baseada na média em todos os ambientes. Posteriormente, das 5 melhores linhagens obtidas, baseando-se nas médias em todos os ambientes, 4 foram identificadas em cada ambiente. Verifica-se que testes preliminares de produção podem ser usados sem sérios riscos de se perder bons materiais nesta espécie. Em casos de ambientes muito estressantes, pode-se aumentar a porcentagem de seleção diminuindo a probabilidade de se perder bons materiais.

Em aveia (Avena sativa L.), PACUCCI & FREY(1972) verificaram que a produção de grãos foi positivamente correlacionada com os coeficientes de regressão. EBERHART & RUSSEL(1966) já tinham observado que cultivares com coeficientes de regressão menores que 1, geralmente têm produção abaixo da média geral. Também, BAIHAK(1976) chegou à mesma conclusão fazendo a regressão dos coeficientes de regressão sobre as respectivas médias de cada cultivar.

ERICKISON et alii.(1982) fez um estudo de interação genótipo por ambiente em 115 famílias F3 originadas de 4 cruzamentos entre as espécies (Glicine max L. merr) e (Glicine soja Sieb. and Siec.) para o conteúdo de proteína. Os autores não detectaram interação famílias por ano ou famílias por local, sendo a interação de segunda ordem significativa. A herdabilidade do caráter a nível de média foi de .90. Baseado nestes dados, os autores verificaram a possibilidade de progresso através da seleção entre famílias originadas destes cruzamentos. Devido à

baixa interação com os locais e a relativamente alta correlação entre os locais, o descarte das 50 % piores famílias baseado no comportamento em apenas um local é plausível. Porém, concluem os autores que posteriores seleções devem ser feitas baseando-se no comportamento médio de pelo menos dois locais contrastantes, a despeito do menor ganho por ano.

Nos vários trabalhos relacionados ao estudo de estabilidade em espécies cultivadas, o procedimento normal é conduzir experimentos em vários locais e durante vários anos e considerar a combinação de cada local em cada ano como um ambiente. Poder-se-ia perguntar se ao se selecionar um material baseado no seu comportamento em vários locais em um determinado ano agrícola, estar-se-ia garantindo o seu comportamento em um determinado local durante vários anos. VENCOVSKY & TORRES(1986) fizeram um estudo desta natureza em milho e verificaram que, para esta espécie, não existe nenhuma correlação significativa entre os b's relacionados à "performance" produtiva em diferentes regiões em um ano agrícola e os b's relacionados à "performance" em vários anos, em um determinado local. Isto não impossibilita os pesquisadores de selecionarem materiais que sejam estáveis nos dois sentidos, porém a seleção em um, não assegura o mesmo comportamento em outro. Além disto, fica evidente também que não há nenhum problema em se usar a combinação de um ano e um local, como um ambiente independente no estudo de estabilidade.

3. MATERIAIS E METODOS

3.1. Estabilidade de cultivares

3.1.1. Materiais

Os dados utilizados foram obtidos de resultados experimentais de "Ensaio Nacionais de Milho" nos anos agrícolas de 1983/84, 1984/85 e 1985/86, em vários locais da região centro sul do Brasil. Ver tabelas 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3.

Os fatores local e ano foram combinados de maneira a formar ambientes distintos sem a consideração de local e ano.

Os ambientes foram escolhidos de maneira a satisfazer a pressuposição da homogeneidade da variância dos erros, sendo a diferença entre a maior e menor variância residual não superior a quatro vezes a menor.

Foram escolhidos dez locais durante três anos, perfazendo um total de 30 ambientes diferentes. Foram encontradas 15 cultivares comuns a estes 30 ambientes e todas eles híbridos de linhagens da espécie (Zea mays L.).

3.1.2. Métodos

Foi feita uma análise de variância conjunta segundo o método de EBERHART & RUSSELL(1966), em que a soma de

quadrados para ambientes dentro de cultivares foi decomposta nos componentes pertinentes à estabilidade.

No quadro 3.1.1 está apresentado o modelo da análise de variância com as esperanças dos quadrados médios para cada parâmetro.

Quadro 3.1.1. Modelo da análise de variância do método de EBERHART & RUSSELL(1966) com as esperanças dos quadrados médios para cada parâmetro.

FV.	GL	QM	E(QM)
CULTIVARES (c)	(n-1)	QM(c)	$\sigma^2 + r\sigma_{ac}^2 + nr\sum \frac{c_i^2}{(m-1)}$
AMBIENTES (a)	(m-1)	QM(a)	$\sigma^2 + n\sigma_b^2 + mnr\sigma_a^2$
INTERAÇÃO (axc)	(n-1)(m-1)	QM(axc)	$\sigma^2 + r\sigma_{ac}^2$
AMBIENTES DENTRO DE CULTIVARES (a+axc)	n(m-1)		
AMBIENTES(Linear)(al)	1	QM(al)	
CULT x AMB(Linear)(cxal)	(n-1)	QM(cal)	
DESVIOS COMBINADOS(dc)	n(m-2)	QM(dc)	
ERRO MEDIO PONDERADO(e)	n(m-1)(r-1)	QM(e)	σ^2

obs: σ_b^2 = Variância devida ao efeito de blocos

A soma de quadrados para ambientes dentro de cada cultivar foi decomposta em duas componentes: uma devido à regressão linear e outra devido aos desvios da regressão. Desta forma foi obtido, para cada cultivar, os parâmetros de estabilidade estabelecidos pelos autores EBERHART & RUSSELL(1966): (b_i) = coeficiente de regressão para cada cultivar i , s_i^2 (d) = diferença entre o quadrado médio para os desvios da regressão e o quadrado médio para do erro médio ponderado.

Para a obtenção das estimativas dos testes F, os cultivares foram testados com a interação (axc) e esta, a interação cultivar x amb.(linear) e os desvios combinados, foram testados com o erro médio ponderado.

Para testar a diferença entre cada coeficiente de regressão e a unidade, foi utilizado o teste t da seguinte forma:

$$t_i = (b_i - 1) / \sqrt{\text{var.}(b_i)}$$

Seguindo o método de SILVA & BARRETO(1985), foi feita uma regressão linear múltipla da produção de um cultivar (i) em cada ambiente (j), sobre os índices ambientais, segundo o modelo proposto por estes autores. O modelo é o seguinte:

$$E(Y_i) = B_{0i} + B_{1i} X_j + B_{2i} T(X_j)$$

onde: X_j = índice ambiental.

$T(X_j)$ = índice ambiental se este for positivo e zero se negativo.

B_{0i} , B_{1i} e B_{2i} = parâmetros de estabilidade do cultivar(i)

$E(Y_i)$ = esperança da produção do cultivar (i).

A equação de regressão ajustada para cada genótipo

e então:

$$Y_i = b_{0i} + b_{1i} X_j + b_{2i} T(X_j)$$

ou seja:

$$Y_i = b_{0i} + b_{1i} X_j, \text{ se } X_j < 0$$

$$Y_i = b_{0i} + (b_{1i} + b_{2i}) X_j, \text{ se } X_j > 0.$$

onde:

b_{0i} , b_{1i} e b_{2i} são as estimativas de

B_{0i} , B_{1i} e B_{2i} , respectivamente.

As estimativas destes últimos parâmetros foram obtidas a partir do método dos quadrados mínimos, conforme mostrado abaixo:

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|}
 \hline
 Y_{1j}(-) & 1 & X_{1j}(-) & 0 & & \\
 \hline
 Y_{2j}(-) & 1 & X_{2j}(-) & 0 & & \\
 \hline
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & & \\
 \hline
 Y_{nj}(-) & 1 & X_{nj}(-) & 0 & b_{0i} & \\
 \hline
 Y_{1j}(+) & 1 & X_{1j}(+) & X_{1j}(+) & b_{1i} & \\
 \hline
 Y_{2j}(+) & 1 & X_{2j}(+) & X_{2j}(+) & b_{2i} & \\
 \hline
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \\
 \hline
 Y_{mj}(+) & 1 & X_{mj}(+) & X_{mj}(+) & & \\
 \hline
 \end{array}$$

onde:

$Y_{ij}(-)$ = média de produção de grãos do cultivar i no ambiente j ,

equivalente ao índice ambiental $X_{ij}(-)$;

$Y_{ij}(+)$ = idem, equivalente ao índice ambiental $X_{ij}(+)$;

$X_{ij}(-)$ e $X_{ij}(+)$ = índice ambiental positivo e negativo

respectivamente;

b_{0i} , b_{1i} e b_{2i} = estimativas dos parâmetros de estabilidade.

A soma de quadrados devida aos parâmetros b_{1i} e

b_{2i} foi obtida, para qualquer cultivar, pela diferença entre a

redução devido a b_{0i} , b_{1i} e $b_{2i} = B'(X'Y)$ e a correção para a

$$\text{média} = (Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n) / (m.n)$$

A soma de quadrados para os desvios da regressão foi obtida pela diferença entre a soma de quadrados para ambientes dentro do cultivar i e a soma de quadrados para b_{1i} e b_{2i} . O coeficiente de determinação $R^2(b_{1i} b_{2i})$, pela razão entre $SQ(b_{1i} b_{2i})$ e SQ ambientes dentro de cultivar, para cada cultivar.

3.2. Estabilidade ambiental

3.2.1. Materiais

Para a avaliação da estabilidade ambiental, também foram utilizados os dados experimentais dos "Ensaio Nacionais de Milho". As regiões escolhidas foram aquelas nas quais estes ensaios foram instalados durante pelo menos dez anos e com no mínimo um cultivar comum a três anos consecutivos. As tabelas 8.2.1, a 8.2.8 mostram estes locais e o número de anos considerados para cada local.

Grande proporção dos cultivares utilizados para este estudo foi híbridos, conforme mostra a tabela 3.2.1.

Tabela 3.2.1. Proporção entre híbridos e variedades de cultivares de milho utilizados para o estudo da estabilidade ambiental, do ano agrícola 1964/65 até 1982/83.

ANOS AGRICOLAS	HÍBRIDOS	VARIEDADES	TOTAL
1964/65	5	3	8
1965/66	8	1	9
1966/67	7	3	10
1967/68	8	0	8
1968/69	8	0	8
1969/70	6	2	8
1970/71	5	0	5
1971/72	8	0	8
1972/73	11	1	12
1973/74	8	0	8
1974/75	11	0	11
1975/76	10	2	12
1976/77	11	1	12
1977/78	7	3	10
1978/79	16	1	17
1979/80	11	0	11
1980/81	19	2	21
1981/82	17	3	20
1981/82	24	2	26
1982/83	24	2	26

3.2.2. METODOS

Para estimar a diferença de produtividade de grãos entre um ano em que foi instalado o ensaio e outro anterior, o procedimento foi normal: foi tomada a média de produção de grãos de um determinado número de cultivares em um determinado ano agrícola, em um determinado local e a média destes mesmos cultivares, no ano agrícola anterior, para o mesmo local. A diferença entre estas duas médias é o que está sendo chamado de "desvio ambiental" ou "flutuação ambiental". Para cada local foi obtido um número de desvios ambientais, número este que dependeu do número de anos em que foram instalados ensaios nacionais no referido local e com cultivares comuns em, no mesmo

3 anos consecutivos.

A estimação da média, desvio padrão e erro padrão da média destas flutuações foi feita utilizando-se o método dos quadrados mínimos ponderados, que será apresentado em seguida.

Supondo uma variável (Y_i), definida segundo o modelo matemático:

$$Y_i = u + t_i + e_i$$

onde: Y_i = Observação relativa à média de r repetições de um determinado tratamento t_i .

t_i = Efeito do tratamento i

e_i = Erro médio de r repetições

u = Média

pode-se definir outra variável (Z_i) que é a diferença entre Y_i e $Y_{(i-1)}$, ou seja, $Z_i = Y_i - Y_{(i-1)}$, então:

$$\begin{aligned} Z_i &= u + t_i + e_i - u - t_{(i-1)} - e_{(i-1)} \\ &= t_i - t_{(i-1)} + e_i - e_{(i-1)} \end{aligned}$$

considerando-se $(t_i - t_{(i-1)}) = d$, tem-se:

$$Z_i = d + e_i - e_{(i-1)}$$

No modelo anterior, isto é, $Y_i = u + t_i + e_i$, não existe qualquer correlação entre Y_i e $Y_{(i-1)}$ e, consequentemente, a covariância entre Y_i e $Y_{(i-1)}$ é 0. Uma variância associada a esta variável é σ^2 , ou seja, a razão entre o quadrado médio do erro e o número de repetições.

No modelo $Z_i = d + e_i - e_{(i-1)}$, estas variâncias e covariâncias irão mudar devido ao fato de existir correlação

entre Z_i e $Z_{(i-1)}$. Pode-se perceber isto se se observar que a covariância entre Z_i e $Z_{(i-1)}$ é igual a covariância entre $d + e_i - e_{(i-1)}$ e $d + e_{(i-1)} - e_{(i-2)}$. Portanto, e_i é comum a Z_i e $Z_{(i-1)}$.

É fácil observar que a variável Z_i é um contraste, ou seja, $Z_i = Y_i - Y_{(i-1)}$ e, portanto:

$$\text{Variância de } Z_i = 2 \times \text{QMR} / R;$$

$$\text{Covariância entre } Z_i \text{ e } Z_{(i-1)} = -\text{QMR} / R$$

Portanto, a matriz de variância e de covariância de Z , será:

$$\text{Var}(Z) = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 2 \end{bmatrix} \times \text{QMR} / R$$

ou seja, $\text{Var}(Z) = V \times \text{QMR} / R$.

onde: V = Matriz dos índices da variância e covariância dos desvios.

QMR = Quadrado médio do resíduo.

R = número de repetições associado às médias.

Desta forma, tem-se o seguinte sistema matricial:

$$\begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ \vdots \\ Z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \times |d|$$

sendo:

$$\begin{aligned} \bar{d} &= (X'V^{-1}X)^{-1} (X'V^{-1}Z) \\ SQD &= (Z'V^{-1}Z) - \bar{d}(X'V^{-1}Z) \\ V(\bar{d}) &= (X'V^{-1}X)^{-1} \times QMR/R \end{aligned}$$

onde: $\bar{d}$ = média dos desvios (d).

SQD = soma dos quadrados dos desvios de (d).

$V(\bar{d})$ = variância da média dos desvios (d).

No trabalho em questão, a diferença de produtividade de grãos, entre os cultivares comuns a dois anos consecutivos, equivale ao (d) do modelo $Z_i = d + e_i - e_{(i-1)}$.

Este modelo sofreu algumas modificações para que pudesse ser aplicado ao problema prático em questão. Isto porque neste, os d's são desvios de médias obtidas de r repetições. No problema em questão, os desvios (da) se referem a diferenças entre médias de vários tratamentos e cada tratamento oriundo de quatro repetições. Considerando o novo modelo como:

$$Z'_i = da_i + e'_i + e'_{(i-1)}, \text{ onde } da = \text{desvios ambientais, tem-se:}$$

$$Var(Z'_i) = (2 \times QMR) / (n_{(i,i-1)} \times R)$$

$$Cov.(Z'_i, Z'_{(i-1)}) = (-n_{(i+1,i,i-1)} \times QMR) / (n_{(i,i-1)} \times n_{(i+1,i)} \times R)$$

onde: $n_{(i,i-1)}$ = Número de cultivares comuns a um determinado ano agrícola (i) e o ano anterior (i-1).

$n_{(i+1,i)}$ = Número de cultivares comuns a um determinado ano agrícola (i+1) e o ano anterior (i).

$n_{(i+1,i,i-1)}$ = Número de cultivares comuns a três anos consecutivos.

QMR = Erro médio ponderado.

R = Número de repetições.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estabilidade de cultivares

Nas tabelas 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3 estão apresentadas as médias de produções de grãos de milho em kg/ha para vários locais da região centro sul do Brasil, nos anos agrícolas de 1983/84, 1984/85 e 1985/86, respectivamente. Também são apresentadas as médias por ambiente e os CV's.

Tabela 4.1.1. Produção média em kg/ha de quinze híbridos de milho em vários locais da região centro sul do Brasil no ano agrícola de 1983/84, média de produção de grãos por local e coeficiente de variação por local.

		LOCAIS									
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
H I B R I D O S	H1	5400	8838	8952	7384	5943	5461	7184	9785	9457	5718
	H2	3726	6053	6502	4906	5117	5855	6227	7452	8369	4717
	H3	3852	6324	7890	5425	6056	5026	5819	9324	9330	4307
	H4	3346	6166	5959	5659	5360	6450	6698	8851	10142	4764
	H5	3463	8426	6453	5918	6472	5695	6179	8963	9243	5318
	H6	3665	6574	8254	5004	5391	5430	5535	7964	8576	4120
	H7	4147	7397	8114	6144	5803	5925	6163	9382	10567	4968
	H8	4509	8967	7916	6991	5102	6077	6506	9349	9498	4912
	H9	4120	7788	7600	5960	4790	5697	6022	8115	8390	5082
	H10	4138	6172	8616	5620	5825	5399	6240	8985	9277	4490
	H11	4054	5411	6837	5266	5629	5326	5061	7631	9761	4502
	H12	3456	6246	7080	4995	5345	5474	5502	6966	8568	4376
	H13	3970	7536	7061	6336	5241	6498	6866	9471	10637	4805
	H14	3861	6881	6356	4609	5611	5600	5802	8291	9496	4535
	H15	3242	6111	7203	3988	5793	5383	4828	8307	9187	4345
Média		3930	6993	7386	5614	5565	5686	6042	8589	9366	4731
CV. %		12.4	11.5	12.2	13.3	14.9	12.5	9.30	6.70	9.40	12.6

Tabela 4.1.2. Produção média em kg/ha de quinze híbridos de milho em vários locais da região centro sul do Brasil no ano agrícola de 1984/85, média de produção de grãos por local e coeficiente de variação por local.

	LOCAIS									
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
H1	8219	5395	7285	6273	7757	7602	8274	4138	6105	5980
H2	7538	4085	6379	5329	6883	5948	7091	2963	5595	5663
H3	5923	3526	6670	4961	6121	5274	6210	2958	3923	4127
H4	7973	5098	7198	4863	7637	5808	5790	3476	5776	4802
H5	7905	4942	6234	4726	7273	5585	7040	3334	5752	4596
H6	6274	4721	6676	5223	6113	6105	6938	2661	5309	5264
H7	6956	5348	7432	4660	7194	6199	7534	3244	5444	5790
H8	7103	5034	7645	4449	6938	6639	7451	3276	5129	6568
H9	4331	3415	4163	3973	4920	4072	5140	2807	3742	3502
H10	7321	4660	5796	4573	7011	5731	6845	2938	5464	5899
H11	7336	4910	6377	4565	6687	6378	7481	3149	5233	5164
H12	4931	3019	5044	4277	4589	4584	5653	2949	3856	3387
H13	8535	5362	7712	4956	6373	6578	7219	4122	5986	6640
H14	6187	4938	6399	3920	5373	5496	6107	3218	4482	4904
H15	6584	2197	5865	3935	5772	4406	6116	2612	4486	4134
Média	6874	4443	6458	4712	6443	5760	6726	3190	5085	5095
CV. %	13.4	15.8	8.40	14.7	12.3	12.3	11.4	16.2	13.6	16.1

Tabela 4.1.3. Produção média em kg/ha de quinze híbridos de milho em vários locais da região centro sul do Brasil no ano agrícola de 1985/86, média de produção de grãos por local e coeficiente de variação por local.

		LOCAIS									
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
H I B R I D O S	H1	8295	9431	8358	6600	8810	9115	8955	8268	5145	6335
	H2	8497	7815	6882	7142	8810	8911	8370	6793	5741	5813
	H3	6885	6887	7720	7462	8478	10102	8172	6915	5389	7866
	H4	8491	8148	6965	8062	8810	9798	7831	6954	5695	7660
	H5	8298	7584	6766	8238	7833	9241	7105	6854	5813	6342
	H6	7080	7948	8334	5912	7428	9367	7227	6978	5642	6450
	H7	7631	8288	7320	6960	8330	9207	7137	6912	5763	6436
	H8	8165	8750	8853	5573	7258	10236	8057	8002	4990	7311
	H9	6097	7728	7835	6099	8048	7805	7372	6419	4941	6610
	H10	6423	6486	6410	6303	7856	8152	7814	7427	5087	7496
	H11	6863	7206	7641	6080	7055	8838	7992	6959	4234	6752
	H12	7581	7619	6819	6135	7443	7899	7361	5666	5687	5860
	H13	7709	8632	7993	6770	8606	9666	8971	5482	6498	5733
	H14	6750	7202	7644	6258	6941	8269	7000	4298	4235	8005
	H15	6644	5872	7584	4623	5774	6579	5647	4169	3877	8269
Média		7427	7706	7539	6547	7832	8879	7667	6540	5249	6862
CV. %		11.8	6.80	7.50	12.1	8.30	8.60	8.60	9.50	12.9	13.5

A identificação dos locais L1 a L10, para cada ano, bem como a identificação dos híbridos H1 a H15 estão apresentados no apêndice 1 e 2, respectivamente.

Os dados mostram que houve uma grande flutuação na

produtividade de grãos, de ambiente para ambiente, desde 3190 kg/ha em Guarã-SP (L8), no ano agrícola de 1983/84 até 9366 kg/ha em Brasília-DF (L9) no ano agrícola de 1983/84.

Na tabela 4.1.4 está apresentada a análise de variância conjunta dos dados.

Observa-se que houve diferenças significativas entre os cultivares e que estes tiveram interação significativa com os ambientes. Também foram significativos os componentes: Ambientes(linear), cultivar x ambiente(linear) e os desvios combinados, resultados da decomposição da soma de quadrados de ambientes dentro de cultivares, ver tabela 4.1.4. A significância da interação cultivar x ambiente(linear) indica que houve diferenças significativas entre os coeficientes de regressão (b's) para cada cultivar. A contribuição relativa da soma de quadrados para ambientes e ambiente(linear) foi bem superior em relação aos outros componentes conforme pode-se observar nas tabelas 4.1.5 e 4.1.6.

Tabela 4.1.4. Análise de variância conjunta dos dados de produção média de grãos de quinze híbridos de milho em 30 ambientes diferentes, sendo considerado fixos os efeitos de cultivares e aleatórios os demais.

FV	GL	SQ	QM	F
TOTAL (a+b)	449	1231587000		
CULTIVARES (a)	14	115759100	8268508	18.5**
AMBIENTES (b)	29	934803400	32234600	
INTERAÇÃO (axb)	406	181024800	445876	3.4**
AMBIENTES DENTRO DE CULTIVARES (b+axb)	435	1115820000	2565103	
Ambiente(linear)	1	934803400	934803400	2299.2**
Cult.x Amb.(linear)	14	4175040	298217	2.3**
Desvios combinados	420	176849500	406550	3.1**
ERRO MEDIO PONDERADO	3018		130089	

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 4.1.5. Contribuição relativa da soma de quadrados para ambientes em relação à soma de quadrados para cultivares e interação cultivares x ambientes.

FV	CONTRIBUIÇÃO RELATIVA (%)
Cultivares (a)	9.4
Ambientes (b)	75.9
interação (axb)	14.7

Tabela 4.1.6. Contribuição relativa da soma de quadrados para ambientes(linear) em relação à soma de quadrados para cultivar x ambiente(linear) e desvios combinados.

FV	CONTRIBUIÇÃO RELATIVA (%)
Ambiente(linear)	83.8
Cult. x Ambiente(linear)	.4
Desvios combinados	15.8

A partir de agora serão apresentados e discutidas as estimativas dos parâmetros de estabilidade estabelecidos por EBERHART & RUSSEL(1966) e SILVA & BARRETO(1985), para cada

cultivar.

Nas tabelas 4.1.7 e 4.1.8 estão apresentadas as estimativas das médias, coeficientes de regressões, desvios das regressões; estes últimos obtidos pela diferença entre o quadrado médio dos desvios das regressões e o quadrado médio do erro médio ponderado, e os coeficientes de determinação, para cada cultivar.

Tabela 4.1.7. Estimativas de alguns parâmetros de estabilidade de produtividade de grãos em milho estabelecidos pelo método de EBERHART & RUSSELL (1966)

Cultivar	média	b	$\sum d(b)$	$R(b)$
H1	7349a	0.95ns	309321**	0.82
H2	6372de	0.93ns	270048**	0.83
H3	6297e	1.18**	230199**	0.90
H4	6675bc	1.07ns	353550**	0.84
H5	6586cd	0.97ns	273810**	0.84
H6	6272e	0.98ns	103625**	0.90
H7	6746bc	1.04ns	27355ns	0.94
H8	6908b	1.09*	330337**	0.85
H9	5753fg	0.99ns	603191**	0.75
H10	6348de	0.93ns	220091**	0.85
H11	6213ef	0.95ns	174505**	0.87
H12	5612fg	0.96ns	237511**	0.85
H13	6932b	1.03ns	346409**	0.83
H14	5956f	0.95ns	236361**	0.85
H15	5450g	0.98ns	648361**	0.73

Média geral = 6365 kg/ha.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

+,*,** - Significativo ($p < 0.1$, 0.05 e 0.01) respectivamente, pelo teste t.

ns = não significativo.

Tabela 4.1.8. Estimativas de alguns parâmetros de estabilidade de produtividade de grãos em milho estabelecidos pelo método de SILVA & BARRETO(1985).

Cult.	média	b _o	b ₁	b ₂	(b ₁ + b ₂)		s ² d(b ₁ + b ₂)	R ²
					1	2	1 2	
H1	7349a	7451	1.04	-0.17	0.87		319717	0.82
H2	6372de	6592	1.11	-0.37	0.74		257950	0.84
H3	6297e	6220	1.11	0.13	1.24		240153	0.90
H4	6675bc	6736	1.12	-0.10	1.02		369348	0.84
H5	6586cd	6791	1.14	-0.35	0.79		265454	0.85
H6	6272e	6337	1.04	-0.11	0.93		109897	0.90
H7	6746bc	6709	1.01	0.06	1.07		32376	0.94
H8	6908b	7002	1.17	-0.16	1.01		342534	0.85
H9	5753fg	5570	0.84	0.31	1.15		611792	0.75
H10	6348de	6474	1.03	-0.21	0.82		224248	0.85
H11	6213ef	6185	0.93	0.05	0.97		185355	0.87
H12	5612fg	5487	0.86	0.21	1.07		242388	0.85
H13	6932b	6675	0.81	0.44	1.25		327004	0.84
H14	5956f	5756	0.78	0.34	1.12		227647	0.86
H15	5450g	5486	1.01	-0.60	0.95		676451	0.73

Um cultivar que tenha uma média de produção de grãos maior que a média geral e coeficiente de regressão para estabilidade de produtividade (b) igual, maior ou menor que 1, a um determinado nível de probabilidade, pode ser considerado de adaptação geral, adaptação específica a ambientes promissores ou adaptação específica a ambientes pobres, respectivamente (FINLAY & WILKINSON(1966)). Baseando-se neste critério, sem levar em consideração a média de cada cultivar, verifica-se que todos os cultivares da tabela 4.1.7, com exceção do G 03C (H3) e CARGILL 115 (H8) possuem adaptação geral, já que seus b's não diferem significativamente de 1. Os cultivares G 03C (H3) e CARGILL 115 (H8), possuem adaptação específica a ambientes mais promissores pelo fato de seus coeficientes de regressão para estabilidade serem significativamente maiores que 1, sendo a

última mais produtiva que a primeira.

Levando-se em consideração os desvios da regressão, que é um outro parâmetro, estabelecido por EBERHART & RUSSELL (1966), para avaliar a "performance" de um cultivar em vários ambientes, pode-se tirar novas conclusões com relação a estabilidade destes materiais. Pode-se, então considerar um coeficiente de regressão determinando o tipo de adaptação de um cultivar e os desvios da regressão determinando a estabilidade ou previsibilidade do mesmo nos vários ambientes.

Na tabela 4.1.7, o único cultivar que possui os desvios da regressão não significativos é o CARGILL 111-s (H7). O coeficiente de determinação para este cultivar, $(R^2)=0.94$, também demonstra uma alta adequação do modelo para explicar a flutuação de produção de grãos deste em função das flutuações ambientais, porém, não se pode basear apenas nesta estimativa, pois os cultivares H3 e H6 também possuem, ambos, seus R^2 's iguais a 0.9 mas com desvios significativamente diferente de 0. Consequentemente, pode-se dizer que o cultivar H7, possui boa adaptação geral a todos os ambientes, porque tem média de produção de grãos alta e coeficiente de regressão não significativamente diferente de 1, sendo um material estável ou previsível, por ter os desvios da regressão também não significativos, dando validade as afirmações anteriores.

Os outros materiais são menos estáveis ou previsíveis, segundo este critério de avaliação, porque possuem os desvios da regressão significativos, ou seja, um menor grau de adequação ao modelo.

Na figura 4.1.1, está apresentado um gráfico mostrando o comportamento da produção de grãos dos cultivares G 03C (H3), CARGILL 115 (H8), CARGILL 111-s (H7) e CONTIMAX 322 (H1) em função dos índices ambientais, segundo o modelo de EBERHART & RUSSEL(1966).

O cultivar CONTIMAX 322 (H1) possui uma boa produção, com um coeficiente de regressão indicando adaptação geral, porém com os desvios significativos, comprometendo sua previsibilidade. Em outras palavras, pode-se dizer que, em um ambiente específico, a produtividade de um genótipo de alta previsibilidade pode ser maior que a de um genótipo altamente imprevisível mesmo que a média geral deste último seja maior que a do primeiro.

As estimativas dos parâmetros de estabilidade obtidas segundo o método proposto por SILVA & BARRETO(1985), encontram-se também na tabela 4.1.8. Este método foi uma evolução daquele proposto por VERMA et alii.(1978) em que uma regressão é feita para os índices ambientais negativos e outra para os positivos, incluindo o menor índice negativo em valor absoluto, apenas para dar continuidade à linha de regressão. Estes autores partiram da hipótese de que a adaptação de cultivares a ambientes mais promissores ou menos promissores poderiam estar sob controles genéticos diferentes. O novo método propõe uma regressão linear múltipla, em que um coeficiente de regressão (b_1) se refere ao comportamento da produção dos genótipos em questão, em ambientes com índices negativos e outro (b_2), em ambientes com índices positivos.

Figura 4.1.1. Representação gráfica da produção de grãos dos cultivares G 03C (H3), CARGILL 111-s (H7), CARGILL 115 (H8) e CONTIAMAX 322 (H1), em função dos índices ambientais, segundo o método de EBERHAT & RUSSELL (1966)

Realmente, como pode ser observado pela tabela 4.1.8, um novo discernimento pode ser feito para os cultivares em função das estimativas dos parâmetros b_1 , b_2 e $(b_1 + b_2)$.

Por exemplo, o cultivar CONTIMAX 133 (H2) possui adaptação geral levando-se em consideração a estimativa do parâmetro $b=0.93$, mas tem uma tendência a ser mais responsivo em ambientes com índices negativos $b_1 = 1.11$ e menos responsivo em ambientes com índices positivos $(b_1 + b_2) = 0,74$. Em função deste comportamento, e considerando que este cultivar tem uma média de produção de grãos apenas levemente diferente da média geral, pode-se considerá-lo um material de adaptação não ideal para produção de grãos.

Situação inversa acontece com o cultivar DINA 10 (H13), que também possui adaptação geral levando-se em consideração a estimativa de $b = 1.03$, entretanto, se mostra bastante estável nos ambientes com índices negativos, ou seja, menos promissores, $b_1 = 0.81$ e bastante responsivo nos ambientes com índices positivos, que se supõe serem mais promissores, $(b_1 + b_2) = 1.24$. Como este cultivar tem uma média de produção de grãos bastante superior a média geral, pode-se considerá-lo um material ideal em função das estimativas de seus parâmetros de estabilidade.

O cultivar CARGILL 111-s (H7) não mudou muito o seu comportamento: $b = 1.04$, $b_1 = 1.01$ e $(b_1 + b_2) = 1.07$, ou seja, possui uma adaptação geral quando avaliado em todos os ambientes, bem como quando o é, tanto nos ambientes menos promissores como nos mais promissores.

Na figura 4.1.2 está apresentado um gráfico ilustrando estas situações. Pelo gráfico, observa-se também que, apesar do cultivar DINA 10 (H13) ser 6.4% menos produtivo que CONTIMAX 322 (H1), supera-lhe em ambientes muito promissores e lhe aproxima bastante em ambientes muito pobres.

Figura 4.1.2. Representação gráfica da produção de grãos dos cultivares DINA 10 (H13), CONTIMAX 133 (H2), CARGILL 111-S (H7) e CONTIMAX 322 (H1), em função dos índices ambientais, segundo o método de SILVA & BARRETO(1985).

De fato, a produção de grãos do cultivar CONTIMAX 322 (H1) no ambiente mais e menos produtivo é 9457 e 4138 kg/ha, respectivamente, e para o DINA 10 (H13), 10367 e 4122 respectivamente, mostrando ser o DINA 10 mais produtivo no melhor ambiente que o CONTIMAX 322, e quase igual a este no ambiente menos produtivo, apesar de sua média ser menor, mesmo considerando os ambientes com índices negativos e positivos separadamente, como se pode observar na tabela 4.1.9.

Tabela 4.1.9. Média de produção de grãos em kg/ha de quinze híbridos de milho, média em ambientes com índices negativos e positivos, respectivamente.

Híbridos	média kg/ha	média(I-) kg/ha	média(I+) kg/ha
H1	7349(115.4)	5979(119.4)	8396(113.4)
H2	6372(100.1)	5067(101.2)	7371(99.6)
H3	6297(98.9)	4665(93.1)	7546(101.9)
H4	6675(104.9)	5216(104.1)	7790(105.2)
H5	6586(103.5)	5215(104.1)	7635(103.1)
H6	6272(98.5)	4928(98.4)	7300(98.6)
H7	6746(106.0)	5354(106.9)	7812(105.5)
H8	6908(108.5)	5399(107.8)	8063(108.9)
H9	5753(90.4)	4471(89.3)	6733(91.0)
H10	6348(99.7)	5082(101.5)	7317(98.9)
H11	6213(97.6)	4882(97.5)	7230(97.7)
H12	5612(88.2)	4377(87.4)	6556(88.6)
H13	6932(108.9)	5681(113.4)	7889(106.6)
H14	5956(93.6)	4709(94.0)	6909(93.3)
H15	5450(85.6)	4094(81.8)	6486(87.6)
Média geral	6365(100.0)	5008(100.0)	7402(100.0)

Média(I-) = Média do híbrido em ambientes com índices negativos.
Média(I+) = Média do híbrido em ambientes com índices positivos.
Obs. Os dados entre parênteses se referem a percentagem da média geral

Com relação aos desvios da regressão, considerando o modelo de EBERHART & RUSSELL(1966), os cultivares CAMPEAO CBR 01 (H15) e IAC HMD 8222 (H12), são os que possuem menor previsibilidade e o CARGILL 111-s (H7) o mais previsível ou

estável de todos. As mesmas conclusões são válidas para o método de SILVA & BARRETO(1985), tabela 4.1.7, com a ressalva de que a soma de quadrados da regressão para cada cultivar neste último método, foram obtidos pela diferença entre a redução da soma dos quadrados, devida aos parâmetros b_0 , b_1 e b_2 , e a correção para a média.

Há ainda que considerar, no modelo de SILVA & BARRETO(1985), alguns aspectos de natureza estatística que parecem estar tornando-o um pouco tendencioso.

Observando-se a tabela 4.1.8, verifica-se que as estimativas dos parâmetros b_0 , que é o ponto de equivalência ao valor zero dos índices ambientais, não correspondem às médias de produção de grãos dos respectivos cultivares. As diferenças entre as estimativas de b_0 e as médias de produção de grãos de cada cultivar não são meramente casuais, basta observar que todas as vezes que esta diferença é positiva, as estimativas de b_2 são negativas e vice-versa.

Outro fator a considerar, é a alta determinação da flutuação das estimativas de b_2 pela flutuação das estimativas de b_1 . A estimativa da correlação entre b_1 e b_2 é da ordem de -0.85, portanto, $72\% = (-0.85)^2$, das flutuações de b_2 são explicadas pelas flutuações de b_1 . De fato, pela tabela 4.1.8, constata-se que todas as vezes que a estimativa de b_1 é muito acima da unidade, a de b_2 tende a ser menor que zero e vice-versa.

Não é impossível a existência de cultivares que sejam bastante estáveis para produção de grãos em ambientes menos favoráveis e que respondam à melhoria do ambiente, mas é difícil

aceitar que todo cultivar que é muito estável em ambientes estressantes é, necessariamente, responsivo a ambientes promissores e vice-versa. Como foi visto anteriormente, a alta correlação negativa entre b_1 e b_2 sustentam este fato. Consequentemente, estas tendências podem ser algo inerente ao próprio método e não aos genótipos estudados.

4.2. ESTABILIDADE AMBIENTAL

Nas tabelas 4.2.1 a 4.2.8, encontram-se os dados pertinentes às diferenças de produtividades de grãos de cultivares comuns de milho, de um ano para o outro, para cada local em estudo. Os significados de cada abreviatura encontram-se no apêndice 3.

Para cada local estão apresentados, também, a estimativa da média das flutuações ambientais, o desvio padrão destas flutuações e o erro padrão da média, estimados pelo método dos quadrados mínimos ponderados.

Tabela 4.2.1. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Sete Lagoas - MG. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3)

AA	MC	DA	DP(%)	NC2	NC3	CV	MG
1964/65	5075	-	-	-	-	0.156	4470
1965/66	3366	-1527	-30	8	-	0.119	3484
1966/67	4017	235	7	9	4	0.218	4009
1967/68	6060	1012	25	10	4	0.135	5468
1968/69	4076	-2082	-35	8	5	0.119	3915
1969/70	6166	2159	53	8	5	0.095	6096
1970/71	3916	-2556	-41	8	4	0.130	3700
1971/72	2412	-1512	-39	5	2	0.210	2142
1972/73	6925	3995	166	88	4	0.124	6264
1973/74	6704	209	3	12	7	0.079	7031
1974/75	5283	-1502	-22	8	6	0.103	5379
1975/76	3901	-352	-7	11	7	0.121	3920
1976/77	6595	2573	66	12	7	0.166	6560
1977/78	5073	175	3	12	9	0.152	6558
1978/79	6407	1271	25	10	6	0.159	6054
1979/80	7832	707	11	17	6	0.185	6602
1981/82	5944	-1533	-20	11	6	0.189	6099
1982/83	8267	2010	34	20	8	0.086	7833
1983/84	7401	-632	-8	26	15	0.122	7450
1984/85	-	-892	-12	26	16	0.084	6757
média	=	226.79					
desvio padrão	=	3761.98					
E.P. média	=	24.13					

Significado das abreviaturas das tabelas 4.2.1 a 4.2.8)

- Coluna 1(AA) - Designação do ano agrícola.
- Coluna 2(MC) - Média de produção de grãos dos cultivares comuns ao ano agrícola posterior.
- Coluna 3(DA) - Diferença de produção de grãos entre um ano agrícola e o anterior (desvio ambiental) para cultivares comuns.
- Coluna 4(DP) - Desvio ambiental percentual que é dado pela razão entre o desvio ambiental e a média de produção de grãos de cultivares comuns ao ano anterior.
- Coluna 5(NC2) - Número de cultivares comuns a dois anos agrícolas consecutivos.
- Coluna 6(NC3) - Número de cultivares comuns a três anos agrícolas consecutivos.
- Coluna 7(CV) - Coeficiente de variação.
- Coluna 8(MG) - Média de produção de grãos para todos os cultivares.

Tabela 4.2.2. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Patos de Minas-MG. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3)

AA	MC	DA	DP(%)	NC2	NC3	CV	MG
1964/65	4117	-	-	-	-	0.171	4158
1965/66	3348	-1281	-29	8	-	0.237	3124
1966/67	2874	-726	-22	9	4	0.237	2739
1967/68	4707	1428	50	10	4	0.135	4203
1968/69	4449	-153	-3	8	5	0.178	4252
1969/70	5841	1404	32	8	5	0.070	5386
1970/71	4825	-1178	-20	8	4	0.170	4372
1971/72	4684	-146	-3	5	2	0.120	4343
1972/73	3472	-1046	-22	8	4	0.166	3249
1973/74	3633	154	4	12	7	0.131	3513
1974/75	6176	2469	68	8	5	0.125	6271
1975/76	3500	-2937	-47	11	7	0.190	3416
1976/77	4194	602	17	12	7	0.221	4254
1977/78	5910	1976	47	12	9	0.212	6001
1978/79	-	4024	68	10	6	0.204	7906

média = 245.3

desvio padrão = 3492.1

E.P. da média = 33.3

Tabela 4.2.3. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Campinas-SP. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3)

AA	MC	DA	DP(%)	NC2	NC3	CV	MG
1964/65	4947	-	-	-	-	0.089	1521
1965/66	6199	1085	22	8	-	0.126	5773
1966/67	5544	-958	-15	9	4	0.133	5284
1967/68	5791	-165	-3	10	4	0.134	5133
1968/69	2771	-3245	-56	8	5	0.128	2972
1969/70	6952	4070	146	8	5	0.084	6929
1970/71	3286	-3579	-51	8	4	0.160	3385
1971/72	5974	2400	73	5	2	0.120	5493
1972/73	7058	829	14	8	4	0.099	6585
1973/74	3446	-3705	-53	12	7	0.143	3410
1974/75	6145	2580	75	8	6	0.118	6245
1975/76	4372	-1911	-31	11	7	0.138	4276
1976/77	3859	-577	-13	12	7	0.115	3779
1977/78	3461	-370	-10	12	9	0.159	3533
1978/79	7224	3775	109	10	6	0.133	7007
1979/80	6210	-1465	-20	17	6	0.162	5482
1980/81	5085	-738	-12	8	3	0.106	4744
1981/82	6667	1475	29	22	8	0.146	6605
1982/83	5821	-744	-11	20	12	0.124	5641
1983/84	7845	1782	31	26	15	0.159	7733
1984/85	-	-1284	-16	26	16	0.147	6598

média = -62.1
desvio padrão = 4561.7
E.P. da média = 21.41

Tabela 4.2.4. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Ribeirão Preto-SP. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3)

AA	MC	DA	DP(%)	NC2	NC3	CV	MG
1964/65	5081	-	-	-	-	0.144	4775
1965/66	3805	-1402	-28	8	-	0.250	3619
1966/67	4273	245	6	9	4	0.134	4112
1967/68	5500	245	19	10	4	0.135	5277
1968/69	4138	-1289	-23	8	5	0.128	4081
1970/71	4520	-210	-5	4	2	0.190	4047
1971/72	3887	-561	-12	5	1	0.120	3848
1972/73	3333	-658	-17	8	4	0.158	3282
1973/74	3858	798	24	12	7	0.117	4104
1974/75	2428	-1385	-36	8	6	0.238	2408
1976/77	2819	10	0	7	5	0.146	2661
1978/79	5198	2429	86	5	1	0.143	5094
1979/80	4027	-1527	-30	17	4	0.146	3558
1980/81	4663	720	18	10	3	0.183	4482
1981/82	4998	298	6	23	8	0.156	5042
1983/84	4785	-399	-7	15	11	0.160	4705
1984/85	-	1033	22	26	8	0.123	5770

média = -19.8

desvio padrão = 2239.8

E.P. da média = 25.7

Tabela 4.2.6. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Piracicaba-SP. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3)

AA	MC	DA	DP(%)	NC2	NC3	CV	MG
1964/65	5532	-	-	-	-	0.098	5006
1965/66	5282	-204	-4	8	-	0.100	5241
1966/67	4327	-1144	-22	9	4	0.095	4053
1967/68	4474	-208	-5	10	4	0.134	4148
1968/69	5506	464	10	8	5	0.133	5053
1969/70	4435	-1008	18	8	5	0.123	4351
1970/71	4971	382	9	8	4	0.120	4595
1971/72	5437	613	12	5	2	0.150	5239
1972/73	4607	-1010	-18	8	4	0.143	4243
1973/74	4977	474	10	12	7	0.151	4977
1974/75	4854	-244	-5	8	6	0.116	5589
1975/76	6690	1700	35	11	7	0.096	6618
1976/77	6462	-438	-6	12	7	0.125	6128
1979/80	3452	-2733	-42	47	3	0.186	3611
1980/81	3549	429	12	8	1	0.215	3362
1981/82	3694	235	29	22	8	0.258	3627
1983/84	3192	-608	16	15	11	0.286	3171
1984/85	-	2733	87	26	11	0.170	5877

média = 226.2

desvio padrão = 2995.8

E.P. da média = 25.0

Tabela 4.2.8. Estimativa de alguns parâmetros pertinentes à estabilidade ambiental na região de Brasília-DF. (Os significados de cada abreviatura se encontram no apêndice 3)

AA	MC	DA	DP(%)	NC2	NC3	CV	MG
1969/70	3008	-	-	-	-	0.155	2842
1970/71	2270	-1017	-34	8	-	0.260	1691
1971/72	3981	1515	67	5	2	0.160	3416
1972/73	2317	-1396	-35	8	4	0.177	2068
1973/74	5519	3144	136	12	7	0.171	5219
1976/77	2364	-3287	-60	4	3	0.193	2249
1977/78	3510	1.23	43	11	3	0.325	3201
1979/80	5821	1583	45	5	4	0.178	4800
1980/81	4210	-1116	-19	8	1	0.155	3986
1981/82	1867	-2563	-61	22	8	0.261	1770
1982/83	8255	6576	352	20	13	0.101	8251
1983/84	-	1159	14	26	15	0.094	9478
média	= 1076.6						
desvio padrão	= 7195.8						
E.P. da média	= 30.58						

É do conhecimento de todos os pesquisadores da área agrônômica, que as variações climáticas são causas de grandes flutuações na produção de grãos de muitas espécies cultivadas. Nos dados apresentados nas tabelas 4.2.1 a 4.2.8, pode-se inferir que variações desta natureza são as que mais estão contribuindo para as grandes flutuações na produção de grãos dos vários cultivares da espécie em estudo (Zea mays L.).

A razão de tal estudo não ter sido estendido a outros locais, foi devido ao fato de não ter havido continuidade na instalação de ensaios nacionais de milho nos mesmos. Como há uma taxa de substituição nestes ensaios de aproximadamente 60% dos materiais por ano em média, um local que tiver quatro anos entre a instalação de um ensaio e outro, não terá nenhum cultivar comum a estes e a variação na produtividade de grãos estará

confundida com possíveis ganhos genéticos dos materiais substituídos.

O maior interesse neste trabalho é saber se existe diferença de um local para o outro, em relação às flutuações de produtividade de grãos ao longo dos anos e a magnitude destas flutuações. O parâmetro usado para tal objetivo é o desvio padrão das flutuações ambientais, estimado pelo método dos quadrados mínimos ponderados, cujas estimativas, para cada local, se encontram nas tabelas 4.2.1 a 4.2.8.

A média destas flutuações ambientais e seus erros padrões também se encontram nestas tabelas. Como se trata de uma média de desvios, desvios estes que têm como causa principal fatores climáticos e, conseqüentemente, bastante aleatórios, espera-se que esta média tenda para zero. Se esta for significativamente diferente de zero, pode-se inferir que está havendo uma melhora ou piora dos ambientes em que estão sendo instalados os ensaios caso esta significância seja no sentido positivo ou negativo, respectivamente. VENCOVSKY et alii (1986) estimaram o ganho genético devido ao melhoramento em milho, através da diferença entre um desvio bruto de produtividade de grãos (todos os cultivares do ensaio) e um desvio ambiental (cultivares comuns) em anos consecutivos dois a dois. Neste caso, a média dos desvios assim obtidos foi devida a um ganho genético dos materiais substituídos nos ensaios.

Na tabela 4.2.9 estão apresentados todos os locais em estudo e as estimativas da média, desvio padrão e erro padrão da média das flutuações ambientais para cada local.

Tabela 4.2.9. Estimativa da média, desvio padrão e erro padrão da média das flutuações ambientais para alguns locais da região centro sul do Brasil.

LOCAL	MEDIA	D. PADRAO	ERRO PADRAO
Pindorama-SP	-65.91*	2106.09	37.12
Ribeirão Preto-SP	-19.78ns	2239.76	25.75
Piracicaba-SP	226.17**	2995.81	25.00
Jacarezinho-PR	302.70**	3229.50	20.16
Patos de Minas-MG	245.30**	3492.10	33.30
Sete Lgoas-MG	226.79**	3761.98	24.13
Campinas-SP	-62.13**	4561.72	21.41
Brasília-DF	1076.56**	7195.79	30.58

**,*,ns Significativo a 1%, 5% e não significativo, pelo teste t, respectivamente.

Pode-se observar, por esta tabela, que os locais com menor desvio padrão e, conseqüentemente, menores flutuações na produtividade de grãos ao longo dos anos foram Pindorama e Ribeirão Preto. Estes dois locais tiveram também ganhos ambientais menos significativos: -19.78 ± 25.76 e -65.91 ± 37.13 . Em Campinas, embora a média dos desvios tenha sido mais próxima de zero que em Piracicaba, esta foi significativa por situar-se em um intervalo menor: -62.13 ± 21.41 .

Se for válida a hipótese de que os fatores que mais contribuíram para flutuações na produtividade de grãos para esta espécie foram aqueles de natureza climática, os resultados mostram que o risco ao qual está sujeito o agricultor que cultiva o milho, é bastante relevante, mesmo para os locais onde os desvios padrões foram os menores. Em Pindorama por exemplo, pode-se observar pela tabela 4.2.5, que do ano agrícola de 1976/77 para 1978/79 houve um aumento de 69% na produtividade de grãos dos mesmos cultivares. Por outro lado, observa-se algumas quedas bastante significativas como do ano agrícola 1967/68 para

1968/69, de 24% e do ano agrícola de 1978/79 para 1981/82, de 25%. Em Ribeirão Preto, tabela 4.2.4, houve um aumento de 86% do ano agrícola de 1976/77 para 1978/79, e logo em seguida, 1978/79 para 1979/80, um decréscimo de 30%. Ainda neste local, um decréscimo mais relevante foi registrado do ano de 1973/74 para 1974/75: 36%. Em Piracicaba, a produtividade caiu quase pela metade do ano agrícola de 1976/77 para 1979/80 e quase duplicou do ano de 1983/84 para 1984/85, com uma queda de 42% e um aumento de 86% respectivamente.

Em Campinas, conforme foi visto anteriormente, a média dos desvios de produtividade foi significativamente menor que zero: -62.13 ± 21.41 . Pode-se observar pela tabela 4.2.3, que, realmente, com exceção de Brasília, este foi o único local com desvios percentuais negativos menores que 50%. Houve uma queda de 56% do ano agrícola de 1967/68 para 1968/69, 51% do ano de 1969/70 para 1970/71 e 53% do ano de 1972/73 para 1973/74. Os aumentos maiores foram do ano de 1968/69 para 1969/70 com 146% e 1977/78 para 1978/79 com 109%. Observa-se que os aumentos foram além do dobro, porém não compensaram as quedas, até mesmo porque em doze anos houve queda de produtividade e em apenas 8 houve aumento, em um total de 20 anos. Observa-se também pela tabela 4.2.9, que este local tem o desvio padrão das flutuações de produtividade bastante elevado em relação aos outros locais, podendo então ser considerado bastante imprevisível em relação à produtividade de grãos desta espécie.

É interessante notar também que Piracicaba, apesar de estar bastante próxima a Campinas geograficamente, tem seu

desvio padrão bem menor: 2995.81, tabela 4.2.9. Uma explicação para este fato, seria possivelmente as diferentes épocas de instalação de ensaios nestes dois locais. Sabemos que a distribuição das precipitações pluviométricas no tempo são tão importantes quanto sua intensidade. A maximização da produtividade está intimamente ligada à coincidência dos períodos de maior necessidade de água da cultura com a disponibilidade desta, e esta coincidência, por sua vez, depende da época de plantio. Diante destes fatos, a situação se torna crítica a partir do momento que não se tem nenhuma previsão de como ocorrerão as condições climáticas no decorrer do ciclo de uma cultura, em países de clima tropical.

Em Brasília, houve um aumento brusco na produtividade de grãos a partir do ano agrícola de 1981/82, tabela 4.2.8. Muito provavelmente, este aumento deve ser devido a uma melhoria nas condições do ensaio. Este aumento brusco tornou o desvio padrão das flutuações muito alto para esta região, tabela 4.2.9, bem como a média. Mas mesmo eliminando-se estes últimos anos agrícolas, verifica-se, pela tabela 4.2.8, que esta é uma região altamente imprevisível. Por exemplo, do ano agrícola de 1980/81 para 1981/82, houve uma queda de 61% na produtividade de grãos e do ano de 1973/74 para 1976/77, de 60%. Também é observado um aumento de 136% do ano de 1972/73 para 1973/74.

Como mais uma fonte de informação, foram feitas análises conjuntas dos cultivares comuns a cada dois anos a partir de 1964/65, para três locais: Campinas-SP, Sete Lagoas-MG e

Pindorama-SP. Nas tabelas 4.2.10, 4.2.11 e 4.2.12 encontram-se os resultados destas análises. As somas de quadrados para cultivares, anos e interação cultivares x anos, foram colocadas na forma de percentagem da soma de quadrados de cultivares e anos, a fim de se ter uma melhor idéia da contribuição de cada componente.

Por esta tabela, observa-se que as flutuações anuais foram as que mais contribuíram para a soma de quadrados em Campinas, com uma contribuição relativa média de 55.1% durante os vinte anos de ensaio. A contribuição média dos cultivares e da interação foi de 32.8% e 12.1%, respectivamente, para este local. Em Sete Lagoas, houve uma contribuição menor dos anos (45.5%) que em Campinas e uma maior contribuição para cultivares e interação (35.6% e 19.9%) respectivamente. Porém, também para Sete Lagoas, as flutuações anuais foram as que mais contribuíram para a variação devida a anos e cultivares. Em Pindorama, observa-se uma situação diferente. A contribuição média da soma de quadrados para anos foi de 29.8%, ao passo que para cultivares e a interação foi de 41.3 e 28.9 respectivamente.

Observando-se as tabelas 4.2.1, 4.2.3 e 4.2.5, verifica-se que o desvio padrão das diferenças de produtividade de grãos de um ano agrícola para outro "desvios ambientais", para Sete Lagoas, Campinas e Pindorama, são 3761.98, 4561.72 e 2106.09, respectivamente. Verifica-se que há uma coerência entre os resultados dos dois tipos de análises, pois no local onde houve o maior desvio padrão dos desvios ambientais houve também uma maior contribuição dos anos para a soma de quadrados para

anos e cultivares.

A interação foi a que teve menor contribuição para a variação total nos três locais estudados. Além disso, observa-se também pelas tabelas 4.2.10, 4.2.11 e 4.2.12 que a interação foi não significativa em nove anos em um total de 20, para Campinas, 7 anos em um total de 19 para Sete Lagoas e 5 anos em um total de 10 para Pindorama.

Tabela 4.2.10. Análise conjunta de ensaios de cultivares de milho comuns a cada dois anos, a partir do ano agrícola 1964/65, para Campinas-SP. As somas de quadrados para anos, cultivares e interação anos x cultivares foram colocadas como percentagem da soma de quadrados para anos e cultivares.

CAMPINAS-SP.

Anos agrícolas	SQ(%) cultivares	SQ(%) anos	SQ(%) cultivares x anos
1964/65,65/66	40.8**	40.5**	18.7**
1965/66,66/67	72.1**	16.6**	11.4**
1966/67,67/68	85.9**	3.9*	10.2ns
1967/68,68/69	2.7ns	95.1**	2.3ns
1968/69,69/70	3.2**	94.9**	1.8**
1969/70,70/71	1.7ns	95.7**	2.5*
1970/71,71/72	14.8**	75.9**	9.4*
1971/72,72/73	58.5**	25.7**	15.7*
1972/73,73/74	3.6**	95.5**	0.9ns
1973/74,74/75	6.8**	87.5**	5.7*
1974/75,75/76	14.8**	76.8**	8.4*
1975/76,76/77	37.5*	47.2**	15.3ns
1976/77,77/78	53.1**	18.2**	28.7ns
1977/78,78/79	9.9**	88.3**	1.9ns
1978/79,79/80	49.9**	37.0**	13.1**
1979/80,80/81	44.5*	42.8*	12.6ns
1980/81,81/82	33.1**	54.5**	12.4ns
1981/82,82/83	54.7**	25.8**	19.5*
1982/83,83/84	32.7**	45.9**	21.3**
1983/84,84/85	35.9**	34.3**	29.8**
Media	32.8	55.1	12.1

**,*,ns - significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4.2.11. Análise conjunta de ensaios de cultivares de milho comuns a cada dois anos, a partir do ano agrícola 1964/65, para Sete Lagoas-MG. As somas de quadrados para anos, cultivares e interação anos x cultivares foram colocadas como percentagem da soma de quadrados para anos e cultivares.

Anos agrícolas	SETE LAGOAS-MG.		
	SQ(%) cultivares	SQ(%) anos	SQ(%) cultivares x anos
1964/65,65/66	34.3**	60.6**	5.1ns
1965/66,66/67	53.5*	5.4ns	41.2ns
1966/67,67/68	52.1**	23.4**	24.5**
1967/68,68/69	13.1**	79.1**	7.8*
1968/69,69/70	16.6**	79.7**	3.8ns
1969/70,70/71	8.1**	86.0**	5.9**
1970/71,71/72	21.7**	68.8**	9.5*
1971/72,72/73	9.9**	81.3**	8.7**
1972/73,73/74	46.3**	12.9**	40.8**
1973/74,74/75	13.2**	62.0**	24.8**
1974/75,75/76	27.9**	63.9**	8.3ns
1975/76,76/77	4.2ns	90.4**	5.4ns
1976/77,77/78	50.7**	1.2ns	48.1**
1977/78,78/79	9.9**	88.3**	1.9ns
1978/79,79/80	61.4**	10.9**	27.7*
1979/80,81/82	42.2**	40.7**	17.1ns
1981/82,82/83	37.0**	53.8**	9.2ns
1982/83,83/84	54.8**	9.7**	35.5*
1983/84,84/85	55.4**	13.4**	31.2**
Media	35.6	44.5	19.9

**,*,ns - significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4.2.12. Análise conjunta de ensaios de cultivares de milho comuns a cada dois anos, a partir do ano agrícola 1964/65, para Pindorama-SP. As somas de quadrados para anos, cultivares e interação anos x cultivares foram colocadas como percentagem da soma de quadrados para anos e cultivares.

PINDORAMA-SP.

Anos agrícolas	SQ(%) cultivares	SQ(%) anos	SQ(%) cultivares x anos
1964/65,65/66	40.8**	53.5**	5.7ns
1965/66,67/68	60.0**	34.6**	5.4ns
1967/68,68/69	45.3**	38.5**	16.3**
1968/69,70/71	10.4ns	48.9**	40.7**
1970/71,71/72	42.9**	33.2**	23.9*
1971/72,72/73	28.2ns	14.3**	57.5**
1972/73,73/74	34.7**	18.6**	46.7*
1973/74,74/75	44.2**	35.7**	20.2ns
1974/75,75/76	56.8**	14.9**	28.3ns
1975/76,76/77	49.6ns	6.0ns	44.4ns
Media	41.3	29.8	28.9

**,*,ns - significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado na primeira parte dos resultados e discussões deste trabalho -item 4.1.- que o comportamento dos vários cultivares de milho híbrido em relação à produtividade de grãos varia quando estes são submetidos a diferentes ambientes. Verificou-se também que um mesmo cultivar pode ter diferentes comportamentos em relação à produtividade de grãos quando este é submetido a ambientes menos promissores e mais promissores, sugerindo que a estabilidade de produtividade de grãos pode estar sob diferentes controles genéticos em uma mesma espécie.

No item 4.2., foi verificado que existe uma grande flutuação na produtividade de grãos de milho, ao longo dos anos, para vários locais em estudo na região centro sul do Brasil, flutuações estas devidas principalmente a fatores de natureza climática.

A interação genótipo por ambiente tem sido considerada um grande desafio aos melhoristas e geneticistas e vários estudos têm sido feitos no sentido de detectar as suas causas. Também, em relação à estabilidade de produção de grãos, vários estudos foram feitos na tentativa de melhor detectá-la e controlá-la.

No Brasil, um país de clima predominantemente tropical, o problema que um agricultor enfrenta, principalmente o

de baixa renda, que é o responsável pela maior produção de milho neste país, é então de dupla natureza: a estabilidade de produtividade de grãos do material que cultiva e as flutuações climáticas durante o ciclo desta cultura na região em que cultiva. Não está se considerando aqui o fator fertilidade de solos porque foge ao escopo do trabalho e, além disso, é um fator corrigível.

O problema é bem mais sério ao se considerar que as variações sobre as quais se tem menor controle, como aquelas de natureza principalmente climática, são as que realmente mais contribuem para as variações na produtividade do milho, conforme foi visto anteriormente.

Enfim, o agricultor se-interessa por um genótipo que seja altamente produtivo na sua região e os melhoristas e ambientalistas sabem que: $\text{fenótipo} = \text{genótipo} + \text{ambiente} + \text{interação genótipo por ambiente}$. Existem bons genótipos mas o grande problema é o ambiente e a interação, onde se tem pouco ou nenhum controle.

A maioria dos melhoristas têm concentrado seus esforços em relação à estabilidade geográfica e, conforme visto anteriormente, as variações climáticas têm uma grande contribuição nas flutuações de produtividade de grãos, daí a necessidade de se considerar a estabilidade, também, no sentido temporal.

5. CONCLUSÕES

5.1. Estabilidade de cultivares

Houve diferenças significativas entre os híbridos de milho estudados, em relação aos parâmetros considerados; a saber: média de produtividade de grãos, coeficiente de regressão para estabilidade e desvios da regressão.

Considerando o método estabelecido por EBERHART & RUSSELL(1966), o coeficiente de regressão (b_i) mostra que todos os híbridos de milho em estudo possuem adaptação geral, com exceção dos híbridos H3 e H8, que são especificamente adaptados a ambientes mais promissores. A previsibilidade de todos os materiais é comprometida em função da significância dos desvios da regressão, com exceção do híbrido H7, que possui desvios não significativos.

Considerando o método de SILVA & BARRETO(1985), um novo discernimento foi feito entre os cultivares estudados. Alguns materiais que foram considerados de adaptação geral pelo método anterior, foram considerados responsivos a ambientes menos

promissores ($b_1 > 1$) e pouco responsivos a ambientes mais promissores ($b_2 < 0$). Outros materiais, também considerados de adaptação geral pelo método anterior, quando estudados pelo novo método, se mostravam bastante estáveis em condições menos promissoras ($b_1 < 1$), mas respondendo bem com a melhoria do ambiente ($b_2 > 0$).

Uma correlação alta e negativa foi encontrada, entretanto, entre as estimativas de b_1 e b_2 , sugerindo que o comportamento dos materiais em estudo, em função destes parâmetros, pode ter sido, pelo menos em parte, inerente ao próprio método.

5.2. Estabilidade ambiental

Foram detectadas grandes flutuações na produtividade de grãos de milho ao longo dos anos, nos vários locais estudados da região centro sul do Brasil.

O desvio padrão (DP) das variações de produtividade de grãos, um estimador usado para determinar a flutuação média destas variações para cada local, variou desde 2106 kg/ha para Pindorama-SP até 7196 kg/ha em Brasília DF.

Estes resultados mostram que é bastante relevante o risco ao qual estão sujeitos os agricultores que cultivam esta espécie, considerando que os fatores que mais contribuem para estas flutuações são aqueles de natureza climática e de pouco controle.

A estabilidade de produtividade de grãos e a estabilidade ambiental são, portanto, dois fatores

interrelacionados. Considerando que a estabilidade de produtividade de grãos é função das flutuações ambientais (edáficas e climáticas) e que estas últimas são de grande relevância e pouco tangíveis, pode-se perceber então a gravidade do problema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHMAD, B.; STUCKER, R.E.; LAMBERT, J.W. Association of genotype x environment interactions with performance level of soybean lines in preliminary yield tests. Crop Science, Madison, 16:718-21, 1976.
- ADAMS, M.W. & SHANK, D.B. The relationship of heterozygosity to homeostasis in maize hybrids. Genetics, Baltimore, 44:777-86, 1959.
- ALLARD, R.W. & BRADSHAW, A.D. Implications of genotype - environment interactions in applied plant breeding. Crop Science, Madison, 4:503-7, 1964.
- ASHER, C.J. & LONERAGAN, J.F. Response of plants to phosphate concentrations in solution culture: I. Growth and phosphorus content. Soil Science, New Brunswick, 103:225-33, 1967.
- BARLEY, K.P. & NAIDU, N.A. The performance of three Australian wheat varieties at high levels nitrogen supply. Australian Journal Agriculture of Animal Husband, Melbourne, 4:39-48, 1964.
- BILBO, J.D. & RAY, L.L. Environmental stability and adaptation

of several cotton cultivars. Crop Science, Madison, 16:821-4, 1976.

BRADSHAW, A.D.; CHADWICK, J.J.; JOWETT, D.; SNAYDON, R.W.
Experimental investigations into the mineral nutrition of several grass species. Journal of Ecology, London, 52:665-76, 1964.

BREESE, E.L. & HILL, J. Regression analysis of interaction between competing species. Heredity, London, 31:181-200, 1973.

CAMPBELL, L.G. & KERN, J.J. Cultivar x environment interactions in sugarbeet trials. Crop Science, Madison, 22(5):932-5, 1982.

CANNON, W.B. The wisdom of the body. New York, Norton, 1932.

DAWNSON, P.S. Developmental and genetic homeostasis in two species of flour beetle. Evolution, Lancaster, 22:217-27, 1966.

DOBZHANSKY, T. & LAVENE, H. Genetics of natural populations. XXIV. Developmental hoemostasis in natural of (Drosophila pseudoobscura). Genetics, Baltimore, 40(6):797-808, 1955.

DOBZHANSKY, T. & WALLACE, B. The genetics of homeostasis in Drosophila. Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington, 39:162-71, 1953.

EAST, E.M. Heterosis. Genetics, Baltimore, 21:375-97, 1936.

EBERHART, S.A. & RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. Madison, 6:36-40, 1966.

EBERHART, S.A. & RUSSELL, W.A. Yield stability for a 10 line diallel of single-cross and double-cross maize hybrids. Crop Science, Madison, 9(3):357-61, 1969.

ERICKINSON, L.R.; BEVERSDORF, W.D.; BALL, S.T. Genotype x environment interactions for protein in Glicine max x Glicine soja crosses. Crop Science, Madison, 22(6):1099-101, 1982.

FAKOREDE, M.A.B. & OPEKKE, B.O. Environmental indices for the analysis of genotype x environment interaction in maize. Maydica, Bergamo, 31:233-43, 1986.

FATUNLA, A.T. Genotype x environment interactions of twelve tomato cultivars. Egyptian Journal of Genetics and Cytology, Alexandria, 21(1):133-43, 1973.

FATUNLA, A.T. & FREY, K.J. Stability indexes of radiated and non radiated genotypes propagated in bulk populations. Crop Science, Madison, 14(5):719-24, 1974.

FINLAY, K.W. & WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a

plant breeding program. Australian Journal of Agriculture Research, Melbourne, 14:742-84, 1963.

FRANCIS, T.R & KANNENBERG, L.W. Yield stability studies in short-season maize; I. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science, Ontario, 58:1029-34, 1978.

FREY, K.J. Stability indexes for isolines of oats (Avena sativa L.). Crop Science, Madison, 12(6):809-12, 1972.

FREY, K.J. & MALDONATO, U. Relative productivity of homogeneous oat cultivars in optimum and suboptimum environments. Crop Science, Madison, 7:532-5, 1967.

FUNNAH, S.M. & MAK. G. Yield stability in soybeans (Glycine max). Experimental Agriculture, London, 16:387-92, 1980.

GUSTAFSON, A. The effects of heterozigosity on variability and vigour. Hereditas, Lund, 32:263-86, 1946.

HARDWICK, R.C. & WOOD, J.T. Regression methods for studying genotype-environment interactions. Heredity, London, 28:209-22, 1972.

HARGBERG, A. Heterosis in F1 combinations in Gaelopsis. II. Hereditas, Lund, 38:221-45, 1952.

- HILL, J. Genotype environment interactions - a challenge for plant breeding. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 85:477-93, 1973.
- JINKS, J.L. & MATHER, F.R.S.K. Stability in development of heterozigotes and homozigotes. Proceeding of the Royal Society of London, London, 143(8):561-78, 1955.
- JONES, D.F. Dominance of linked factors as a means of accounting for heterosis. Genetics, Baltimore, 2:466-79, 1928.
- JONES, D.F. Heterosis and homeostasis in evolution and applied genetics. The American Naturalist, Lancaster, 92:321-8, 1958.
- JOPPA, L.R.; LEBSOCK, K.L.; BUSCH, R.H. Yield stability of selected spring wheat cultivars (Triticum aestivum L. em thell.) in the uniform regional nurseries, 1959 to 1968. Crop Science, Madison, 11:238-41, 1971.
- JOWETT, D. Yield stability parameters for sorghum in East Africa. Crop Science, Madison, 12(3):314-7, 1972.
- KOHEL, R. Phenotypic stability of homozigous parents and their F₁ hybrids in upland cotton (Gossypium hirsutum L.). Crop Science, 9:85-8, 1969.

KNIGHT, R. The measurement and interpretation of genotype-environment interactions. Euphytica, Wageningen, 19(2):225-35, 1970.

KNIGHT, R. The relationship between hybrid vigour and genotype-environment interactions. Theoretical and Applied Genetics, Berlin, 43:311-18, 1973.

LERNER, I.M. Genetic homeostasis. Endinburgh, Oliver And Boyd, 1954. 134p.

LEWIS, D. Gene environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability. Heredity, London, 8:333-56, 1954.

LEVINS, R. Theory of fitness in a heterozygous environments. II; Developmental flexibility and niche selection. The American Naturalist, Chicago, 97:75-90, 1963.

LEWONTIN, R.C. The adaptations of populations to varying environments. Symposia on Quantitative Biology, New York, 12:395-408, 1957.

LONERAGAN, J.F.; SNOWBALL, K.; SIMMONS, W.J. Response of plants to calcium concentration in solution culture. Australian Journal of Agriculture Research, Melbourne, 19:845-57, 1968.

- MATHER, K. Genetical control of stability in development. Heredity, London, 7:297-336, 1953.
- MATHER, K. Biometrical Genetics. Heredity, London, 26:349-64, 1971.
- MATHER, K. Response to selection: a sintese of four papers. Cold spring Harbor Symposia Quartely Biology, New York, 20:158-65, 1955.
- MATHER, K. The genetical architerture of heterostyly in (Primula sinensis). Evolution, Lancaster, 4:340-52, 1950.
- MCCALL, L.L.; LAVAL, M.V.; McNEW, R.W. Genotype-environment study of lock tenacity in upland cotton. Crop Science, Madison, 22(4):794-7, 1982.
- MITCHELL, K.J. & LUCANUS, R. Growth of pasture species under controlled environments. N. Z. J. Agric. Res., Washington, 5:135-44, 1962.
- NGUYEN, H.T.; SLEPER, D.A. & HUNT, K.L. Genotype x environment interactions and stability analysis for herbage yield of tall fescue syntetics. Crop Science, Madison, 20:221-3, 1980.
- PACUCCI, G. & FREY, K.J. Stability of grain yield in selected mutant oat lines (Avena sativa L.). Radiation Botany, New

York, 12(6):385-97, 1972.

PATANOTHAI, A. & ATKINS, R.E. Yield stability of single crosses and three-way hybrids of grain sorghum. Crop science, Madison, 14:287-90, 1974.

PERKINS, J.M. & JINKS, J.L. Environmental and genotype x environmental components of variability. Heredity London, 23:339-56, 1968.

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, Washington, 36:381-5, 1959.

ROBERTSON, F.W. & REEVE, E.C.R. Heterozygosity, environmental variation and heterosis. Nature, London, 170:286, 1952.

ROJAS, B.A. & SPRAGUE, G.F. A comparison of variance components in corn yield trials: III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. Agronomy Journal, Madison, 44(9):462-6, 1952.

RUSSELL, W.R. & EBERHART, S.A. Testcrosses of one and two-ear types of corn belt maize hybrids; II. Stability of performance in different environments. Crop Science, Madison, 8:248-51, 1968.

- SALISBURY, E.J. Ecological aspects of plant taxonomy. In: HUXLEY, J., ed. The New Systematics. s.l., s. ed., 1940. p.329-40.
- SCHMALHAUSEN, T.L. Factors of Evolution. New York, McGraw Hill, 1949
- SHAALAN, M.I.; HEYNE, E.G.; LOFGREN, J.R. Mixtures of hard red winter wheat cultivars. Agronomy Journal, Madison, 58(1):89-91, 1966.
- SHUKLA, G.K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environment components of variability. Heredity, London, 29:237-45, 1972.
- SILVA, J.G. & BARRETO, J.N. aplicação de regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo por ambiente. In: Simpósio de estatística aplicada à experimentação agrônômica, 1., Piracicaba, 1985. Resumos. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.49-50.
- SMITH, H.H. Fixing transgressive vigour in (Nicotiana rustica) In: GOWEN, j.w., ed. Heterosis. Iowa, Iowa college press, 1952, p.161-74.
- TEBB, G. & THODAY, J.M. Stability in developmental and relational balance of x-chromossomes in (Drosophila melanogaster).

Nature, London, 174:1109-10, 1954.

VENCOVSKY, R.; MORAIS, A.R.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M.
Avaliação do progresso devido ao melhoramento do milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, 1986. Resumos. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1986. p. 61.

VENCOVSKY, R. & TORRES, R.A.A. Estabilidade geográfica e temporal de alguns cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, 1986. Resumos. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1986. p. 55.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURPHY, B.R. Limitations of conventional regression analyses. A proposed modification. Theoretical and Applied Genetics, Berlin, 53:89-91, 1976.

WADDINGTON, G.H. Canalization of development and the inheritance of acquired characters. Nature, London, 150:563-5, 1942.

WESTERMAN, J.M & LAWRENCE, M.J. Genotype-environment interactions and developmental regulation in (Arabidopsis thaliana); I. Inbred lines; description. Heredity, London, 25:609-27, 1970.

WITICOMB, J.R. & WHITTINGTON, W.J. A study of the genotype by environmental interactions shown by germinating seeds of (Brassica napus). Heredity, London, 26:397-411, 1971.

YATES, F. & COCHRAN, W.G. The analysis of groups of experiments.
Journal Agriculture Science, New York, 28:556-80, 1938.

APENDICE 1

IDENTIFICAÇÃO DOS HÍBRIDOS

H1= CONTIMAX 322; H2= CONTIMAX 133; H3= G 03 C; H4= XL 678;
H5= XL 605; H6= CAMPEAO CBR 02; H7= CARGILL 111; H8= CARGILL 115;
H9= IAC HMD 8222; H10= AG 401; H11= RO 91; H12= IAC HMD 8214;
H13= DINA 10; H14= IAC HMD 8214; H15= CAMPEAO CBR 02.

APENDICE 2

IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS

ANO AGRICOLA DE 1983/84:

L1= Coimbra MG; L2= Rio Paranaíba MG; L3= Sete Lagoas MG;
L4= Altinópolis SP; L5= Birigui SP; L6= Campinas SP;
L7= Jardinópolis SP; L8= Jacarezinho PR; L9= Brasília DF;
L10= Goiânia GO.

ANO AGRICOLA DE 1984/85:

L1= Capinópolis MG; L2= Lavras MG; L3= Sete lagoas MG;
L4= Jaboticabal SP; L5= Matão SP; L6= Ribeirão Preto SP;
L7= Goiânia GO; L8= Guarã SP; L9= Santa Helena GO;
L10= Jataí SP.

ANO AGRICOLA DE 1985/86

L1= Capinópolis MG; L2= Rio Paranaíba MG; L3= Sete Lagoas MG;
L4= Londrina PR; L5= Cravinhos SP; L6= Mococa SP;
L7= Ribeirão Preto SP; L8= Goiânia GO; L9= Itumbiara GO;
L10= São João da Barra SP.

APENDICE 3

- Coluna 1(RA) - Designação do ano agrícola.
- Coluna 2(MC) - Média de produção de grãos dos cultivares comuns ao ano agrícola posterior.
- Coluna 3(DA) - Diferença de produção de grãos entre um ano agrícola e o anterior (desvio ambiental) para cultivares comuns.
- Coluna 4(DP) - Desvio ambiental percentual que é dado pela razão entre o desvio ambiental e a média de produção de grãos de cultivares comuns ao ano anterior.
- Coluna 5(NC2) - Número de cultivares comuns a dois anos agrícolas consecutivos.
- Coluna 6(NC3) - Número de cultivares comuns a três anos agrícolas consecutivos.
- Coluna 7(CV) - Coeficiente de variação.
- Coluna 8(MG) - Média de produção de grãos para todos os cultivares.