

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM TRIGO
(*Triticum aestivum* L.) NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO

ANTONIO JOAQUIM BRAGA PEREIRA BRAZ
Engenheiro Agrônomo

Orientador : Prof. Dr. GERHARD BANDEL

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.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1983

À memória de meu pai, *Silvino*

A minha mãe, *Anália*

Aos meus irmãos,

Ana Maria e Afonso Carlos

Ao meu tio, *Fernando*

D E D I C O

Vera Lúcia

O F E R E Ç O

- : AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização desse trabalho, em especial as seguintes pessoas e instituições:

Prof. Dr. Gerhard Bandel, pela orientação segura, estímulo e amizade, demonstrada no decorrer do curso;

Prof. Dr. Natal Antonio Vello, pela orientação e auxílio na execução das análises estatísticas;

Docentes do Departamento de Genética da ESALQ/USP, pelos ensinamentos recebidos durante o curso;

Ao Engº Agrº, MS, Itamar Soares de Melo, pelas sugestões, ajuda e elaboração do Summary;

Aos Engº Agrº, Dr. Cláudio Lopes de Souza Júnior e a Engº Agrº Ana Cristina Vello, pelo estímulo e sugestões;

Aos Engº Agrº Mário Luiz Teixeira de Moraes, Engº Agrº João Antonio da Costa Andrade e a Engº Agrº Rita de Cássia Panizzi, da UNESP - Campus de Ilha Solteira, pelo auxílio na coleta dos dados;

Aos Profs. Dr. Sival Silveira Neto e Dr. Ricardo Pereira Lima Carvalho, pela amizade, estímulo e os primeiros passos dados na pesquisa;

Funcionários do Departamento de Genética e da Biblioteca Central da ESALQ/USP, especialmente a Srta. Érica Spruck, Sra. Eisa Aparecida Azeredo César, Sra. Terezinha de Jesus Ludovico Barreto, Sr. Luiz Carlos Veríssimo e Sr. Euríce Amaral Mello, pela maneira atenciosa com que sempre nos atenderam;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), especialmente ao Engº Agrº, MS, Juvenal Caldas Leite;

A todos os colegas e amigos, especialmente aos Engº Agrº Oscar Francisco Swenson Pontes, Engº Agrº Jorge Luiz Loyola Dantas, Engº Agrº Carlos da Silva Martins e ao Zootecnista Ademir Flório, pelo excelente convívio.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
RESUMO	vi
SUMMARY	xx
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Importância da interação genótipo x ambiente	4
2.2. Interação genótipo x ambiente em trigo	9
2.3. Interação genótipo x ambiente em outras cul- turas	12
2.4. Coeficiente de determinação genotípica "b"	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Material	17
3.2. Métodos	19
3.2.1. Condução do experimento	19
3.2.2. Análise Estatística	20
3.2.2.1. Análise da variância	20
3.2.2.2. Estimativas dos componentes da variância	23
3.2.2.3. Coeficiente de Determinação Genotípica (b)	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Análises individuais dos ambientes	26
4.2. Análise conjunta para os quatro ambientes	27
4.3. Coeficiente de determinação genotípica "b"	34

Página

5. CONCLUSÕES.	35
6. LITERATURA CITADA	37
7. TABELAS.	44
8. APÊNDICE.	54

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM TRIGO (*Triticum aestivum* L.) NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO

Antonio Joaquim Braga Pereira Braz

Prof. Dr. Gerhard Bandel
- Orientador -

RESUMO

Pelo fato de ser a avaliação comparativa de cultivares um dos principais problemas enfrentados no melhoramento de plantas, devido ao comportamento das mesmas diferirem por influência das variações de ambiente, objetivou-se neste trabalho avaliar a magnitude da interação genótipo x local, em trigo, para as áreas de Planaltina-DF com uma latitude de $15^{\circ}35' S$, longitude $47^{\circ}42' W$ e uma altitude de 1077 metros e Selvíria-MS, com uma latitude de $20^{\circ}22' S$, longitude $51^{\circ}22' W$ e uma altitude de 335 metros; assim como estimar o coeficiente de determinação genotípica "b".

Foram avaliados dados de produção de grãos (gramas/5 m²) do Ensaio Norte Brasileiro de Variedades em Cultivo, coordenado pela Comissão Norte Brasileira de Pesquisa de Trigo, nas localidades de Planaltina-DF e Selvíria-MS, em solos de cerrado, nos anos agrícolas de 1981 e 1982. Foram utilizadas as cultivares de trigo ALONDRA 4546, BH-1146, BR-1,

.vii.

BR-2, CNT-7, CNT-8, COCORAQUE, CONFIANÇA, EL PATO, IAC-5, IAC-13, IAC-17, IAC-18, ITAPUA-5, JUPATECO, MITACORÉ, MONCHO, NAMBU, PARAGUAI-281, PAT-24 e PAT-7219.

Os experimentos foram conduzidos em blocos casualizados, com 4 repetições. A área das parcelas foi de 5m², com 5 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,20 m, sendo que as distâncias entre as parcelas foram de 0,50 m. A semeadura foi feita manualmente em filete contínuo, com uma densidade de semeadura de aproximadamente 350 sementes/m². Dentro de cada parcela, todas as plantas foram colhidas manualmente, beneficiadas em trilhadeira e levadas para laboratório para determinação do peso de grãos. Foram tomados também, dados de altura de planta (em centímetros), peso hectolitro (em kilograma/hectolitro), peso de 1000 grãos (em gramas) e espigamento (em dias)

Nos ensaios, foram utilizadas análises simples e conjunta da variância na identificação das interações tratamento x local e tratamento x ano. Foi calculado também o coeficiente de determinação genotípica "b", ao nível de médias de tratamentos.

De acordo com os resultados obtidos, podemos concluir que:

a) Foram evidenciadas significâncias estatís-

cas para o efeito de tratamentos, nas análises individuais e na conjunta, indicando a existência de variabilidade genética entre eles.

- b) As interações tratamento x local e tratamento x ano foram não significativas, possibilitando, assim, a utilização das mesmas cultivares, tanto em Planaltina-DF, como em Selvíria-MS.
- c) As produções de grãos relativamente superiores das cultivares BR-1, IAC-18 e BH-1146, indicaram possível superioridade dessas cultivares, mostrando uma maior adaptação às condições de cerrado.
- d) O valor calculado do coeficiente de determinação genotípica "b" ao nível de médias de tratamentos foi de 0,66 mostrando existir possibilidade de se poder alterar a produção de grãos, através dos métodos usuais de melhoramento de trigo.

GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTIONS IN WHEAT
(*Triticum aestivum* L.) IN BRAZILIAN MIDDLE WEST

Antonio Joaquim Braga Pereira Braz

Prof. Dr. Gerhard Bandel

- Adviser -

SUMMARY

The present research was carried out to evaluate the magnitude of the genotype x environment interaction in wheat for the areas of Planaltina-DF (15°35' Lat. S, 47°42' Long. W and Altitude of 1077 meters) and Selvíria-MS (20°22' Lat. S, 51°22' Long. W and Altitude of 335 meters) and, to estimate the coefficient of genotypic determination "b".

Data were obtained from the North Brazilian Wheat Variety Trial, co-ordinated by North Brazilian Wheat Research Commission, in Planaltina and Selvíria, in soil type Cerrado, in the years of 1981 and 1982. The following cultivars were analysed: ALONDRA 4546, BH-1146, BR-1, BR-2, CNT-7, CNT-8, COCORAQUE, CONFIANÇA, EL PATO, IAC-5, IAC-13, IAC-17, IAC-18, ITAPUA-5, JUPATECO, MITACORÉ, MONCHO, NAMBU, PARAGUAI-281, PAT-24 and PAT-7219.

A randomized block design, with four replications was used. Plot area was 5 m² with 5 lines of 5 m of length, spaced by 0,20 m. The sowing was made manually in continuous row, with a density of 350 seeds/m².

Within each plot all plants were harvested manually, threshed and taken to the laboratory for determination of the grain weight. Also, were obtained data on plant height (in centimeters), hectoliter weight (in kilograms/hectoliter), weight of 1000 seeds (in grams) and wheater set (in days).

The experimental results allowed the following conclusions:

- a) Significant differences among treatments were detected, indicating the existence of genetic variability among them;
- b) Genotype x location interactions and genotype x year interactions were not significant, pointing out, the possibility of using the same cultivars in Planaltina and in Selvíria;
- c) The relatively higher yields of the cultivars BR-1, IAC-18, and BH-1146, indicated the superiority of these cultivars,

showing good large adaptation to Cerrado environment;

- d) An estimate of the coefficient of genotypic determination "b" was obtained, giving value of 0.66 at the level of mean of treatment across replications, localities and years, showing the possibility of changing the grain yield, through the methods of selection generally used in wheat breeding.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) no Brasil, está distribuída entre os paralelos de 32° a 12°S, abrangendo os Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Santa Catarina, Distrito Federal, Goiás e em escala experimental Mato Grosso e Brasília.

A cultura localizou-se por muitos anos na zona de clima temperado, que vai do Rio Grande do Sul até o Sul do Paraná, que muitos julgavam ser a única região capacitada para uma produção comercial do cereal. Todavia nos últimos anos a cultura do trigo tem-se expandido para o Centro Oeste brasileiro, sendo cultivada em solos cobertos com vegetação de Cerrado e tem-se mostrado promissora, com os resultados obtidos até o momento (SILVA, 1976)

A diversidade de áreas de cultivo constitui uma solução para diminuir a variação na produção total, porque as divergências em uma região, causadas pelo clima, dificilmente

coincidem com aquelas de outras regiões. Isso aumenta a estabilidade da produção total, como acontece com as outras culturas (arroz, milho, feijão, mandioca e cana-de-açúcar) que, por serem cultivadas em todo o país, dificilmente sofrem oscilações de produção superiores a 10%. A produção de trigo na parte central do país reduzirá os custos e as desvantagens do transporte, já que se trata de um importante centro de consumo, cuja população está crescendo acima da média nacional e onde se localizam grandes centros urbanos (SILVA, 1982).

Apesar dos esforços despendidos, o Brasil ainda não conseguiu a sua auto-suficiência na produção do cereal, pois segundo os dados da revista AGROANALYSIS (1982), a safra tritícola de 1982 foi de 1,8 milhões de toneladas, sendo necessários para este ano de 1983, a importação de 4,0 milhões de toneladas, para suprir a demanda interna.

O Brasil tem uma produtividade média de trigo de apenas 644 kg/ha, sendo que os Estados do Paraná e Rio Grande do Sul lideram a produção de trigo no Brasil, com cerca de 83% do total nacional; o Estado de São Paulo tem uma produtividade de 1000 kg/ha (BRASIL-FIBGE, 1982).

A avaliação comparativa de cultivares é um dos principais problemas enfrentados no melhoramento de plantas, pois o comportamento das mesmas diferem por influência das variações de ambiente.

O estudo da interação genótipo-ambiente possibilita a identificação de cultivares mais adaptadas a determinadas regiões, onde as mesmas poderão expressar o seu potencial genético. Assim, os estudos sobre a magnitude de tal interação, podem ser úteis na regionalização de cultivares, objetivando localizar cultivares em áreas onde as mesmas possam expressar o máximo que as condições ambientes particulares permitam.

COMSTOCK e MOLL (1963) afirmaram que um óbvio e importante efeito da interação genótipo x ambiente é o de reduzir a correlação entre o fenótipo e o genótipo, fazendo que a obtenção de inferências válidas torne-se mais complicada, tanto em trabalhos de melhoramento, como em estudos de herança.

Assim sendo, dada a grande variabilidade de condições ecológicas do cerrado brasileiro, o presente trabalho tem por objetivos: avaliar a magnitude da interação genótipo x ambiente, para as áreas de Planaltina-DF e Selvíria-MS e estimar a variabilidade genotípica entre cultivares de trigo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da interação genótipo x ambiente

O estudo da interação genótipo x ambiente, possibilita a avaliação do comportamento de cultivares nos diferentes locais e anos, fornecendo ao melhorista de plantas, subsídios para a escolha de seus materiais.

Do ponto de vista do melhorista de plantas, conforme ALLARD (1971), os valores genótipos devem ser medidos em relação a um grupo particular de ambientes. Estes ambientes são, em geral, os que ocorrem num certo período de anos, num certo número de locais e dentro de uma área geográfica relativamente homogênea. As mensurações experimentais de valores genotípicos, são sempre baseados apenas numa amostra dos ambientes que existem dentro da área geográfica e que constituem a população de ambientes.

LIANG e WALTER (1966) salientaram que no estu-

do dos caracteres quantitativos, os melhoristas de plantas estimam certos parâmetros de componentes de produção da interação genótipo x ambiente que influenciam nos resultados dos programas de melhoramento. As estimativas proporcionam uma base para a escolha entre o método de melhoramento e o conhecimento para avaliar a importância de várias causas ambientais, atuando na avaliação experimental dos genótipos.

Para se conhecer melhor as interações genótipo x ambiente, ALLARD e BRADSHAW (1964) dividiram as variações ambientais em duas categorias: previsíveis e imprevisíveis. Variações previsíveis correspondem às características permanentes do ambiente, como as características do clima e do solo, bem como aqueles que flutuam de maneira sistemática, como o comprimento do dia. Também, estão incluídos os aspectos ambientais determinados pelo homem e, que podem, portanto, ser mais ou menos fixados, tais como época de plantio, densidade de semeadura, métodos de colheita e outras práticas agrônomicas. As variações e distribuição de chuvas, temperatura, além de outros fatores.

A existência da interação genótipo x ambiente e seus efeitos sob o progresso de seleção são amplamente reconhecidos. A interação genótipo x ano é sempre de importância no desenvolvimento de variedades, ao passo que a interação genótipo x ambiente é relativamente de pouca importância na se-

leção do material para adaptação local, mas frequentemente assume um papel dominante na seleção para uma adaptação ampla (SCHUTZ e BERNARD, 1967).

JATASRA e PARODA (1981) comentaram que a importância da interação genótipo x ambiente tem sido bem reconhecida pelos melhoristas de plantas. No trigo (*Triticum aestivum* L.) os estudos que têm sido feitos até agora são baseados no rendimento varietal e informações sobre a estabilidade de parâmetros de gerações segregantes.

BAIHAKI *et alii* (1976) contestam a importância de um melhorista ser obrigado a testar seus materiais em muitos ambientes. Os testes em muitos ambientes, somente são possíveis com poucos genótipos, em estágios avançados num programa de melhoramento. Nos estágios preliminares onde temos um grande número de linhas envolvidas, elas necessitam ser manuseadas, sendo testadas em somente um ou, no máximo dois locais. Entretanto, pela restrição do número de locais na presença de uma ampla interação genótipo x ambiente, o melhorista corre o risco de descartar material superior.

A adaptação de uma variedade sobre uma grande extensão de ambientes segundo PARODA *et alii* (1973), é considerada significativa no incremento dos cultivos. Muitas dificuldades são usualmente encontradas quando variedades interagem com seus ambientes. Estas interações freqüentemente criam

dificuldades na interpretação dos resultados de experimentos conduzidos nos diferentes ambientes. Recentemente têm sido desenvolvidos métodos para estimar a magnitude dos componentes lineares e não lineares da interação genótipo x ambiente.

Em experimentação agrícola é freqüente a necessidade da análise conjunta de grupos de experimentos. Isso ocorre quando se deseja inferir resultados para as condições gerais de uma região. Nesse caso, uma série de experimentos é efetuada em locais representativos da região durante um número suficiente de anos que represente as alternativas de clima da região. Essa situação ocorre em programas de melhoramento de plantas cultivadas, quando o critério de lançamento de novas cultivares comerciais se baseia na análise do comportamento relativo das cultivares em diversos locais por um determinado período de anos (IGNACZAK e SILVA, 1978)

Outra maneira para se estudar a interação genótipo x ambiente, segundo VENCovsky (1978), e no sentido de se fazer zoneamento ecológico. Para isso tem-se necessidade de conduzir experimentos em locais e anos representativos, procurando-se descobrir grupos de localidades dentro dos quais a componente de interação σ_{ta}^2 é minimizada, podendo ser maximizada entre agrupamentos; estudos dessa natureza foram feitos por ROSITO (1974) em trigo, para o Estado do Rio Grande do Sul, onde esse autor constatou uma razoável compatibilidade entre

a regionalização existente e a estabelecida pelo estudo realizado, considerando a interação genótipo x ambiente; além disso, foi verificada a existência de diferenças ecológicas entre as sub-regiões sugeridas, quando a utilização de cultivares precoce foi comparada com as tardias.

A regionalização de cultivares foi também estudada por HORNER e FREY (1957) em aveia, sendo que esses autores dividiram para fins experimentais o Estado de Iowa, em duas, três, quatro e cinco sub-regiões, conseguindo reduzir a grandeza da interação genótipo x ambiente dos ensaios realizados em 11, 21, 30 e 40%, respectivamente, quando comparadas com aquela calculada para o Estado como um todo. Esses autores salientaram que o ganho em um programa sub-regional pode ser maior do que em um programa regional.

O estudo da interação genótipo x ambiente também poderia ser enfocada conforme VENCOVSKY (1978), através do estudo da estabilidade de cultivares, baseando-se na investigação da variabilidade do caráter, entre os ambientes, para cada cultivar, pois o método teria a grande vantagem de permitir uma particularização da interação para cada tratamento, o que, evidentemente uma simples análise conjunta dos ensaios não esclareceria.

A presença da interação genótipo x ambiente o ponto crítico em pesquisas de melhoramento genético de plan

tas cultivadas, e a regionalização é uma das abordagens de caráter prático utilizadas para o seu controle (SILVA, 1981).

Através desses trabalhos citados, podemos verificar que o conhecimento da magnitude da interação genótipo x ambiente, permitem ao melhorista de plantas conhecer sobre o possível sucesso da sua seleção; bem como o grau de adaptação de seus genótipos selecionados.

2.2. Interação genótipo x ambiente em trigo

Os trabalhos realizados, para verificar o comportamento de cultivares de trigo, através de estudo da interação genótipo x ambiente, mostraram tratar-se de um assunto que merece muita atenção por parte dos melhoristas de plantas.

Os efeitos dos locais e anos, no rendimento de grãos de trigo, foram relatados por CAMPBELL e LAFEVER(1980), onde eles salientaram a influência de anos sobre a interação genótipo x local, auxiliando muito nos testes dos programas de melhoramento dentro das regiões de trigo de inverno. A variação ano a ano nos locais semelhantes sugere que os genótipos considerados poderiam ser testados em vários anos e que a substituição de locais por anos poderia ser minimizada.

As informações obtidas das estimativas das diferentes interações variedade x local poderão ser usadas com

eficiência num programa de avaliação de variedades, conforme LIANG *et alii* (1966) analisando a interação genótipo x ambiente na cultura do trigo, em diferentes locais do Kansas, onde eles verificaram que a interação variedade x local foi altamente significativa, sendo que a interação variedade x ano foi não significativa. Os autores salientaram que as variedades tiveram produções semelhantes nos vários locais em estudo, o que mostra a possibilidade de redução do número de locais de testes para a recomendação de cultivares.

Os melhoristas de plantas têm duas opções com respeito a manipulação da interação genótipo x ambiente: desenvolver cultivares especificamente adaptados para sub-regiões ou locais particulares, ou desenvolver cultivares que são bem adaptadas para todos os locais dentro da região segundo BRENNAN e BYTH (1979); esses autores estudaram a interação genótipo x ambiente em trigo, observando que a interação genótipo x local foi significativa, ao passo que a interação genótipo x ano foi não significativa, dessa maneira existiriam diferentes respostas dos genótipos para os efeitos ambientais, mas isto não poderia ser atribuído simplesmente para os efeitos de cada ano ou local.

BAKER (1969) analisando a interação genótipo x ambiente para rendimento de grãos em trigo no Canadá, encontrou que a interação genótipo x local foi significativa, e

que ocorreu ausência de interação entre genótipo x ano, indicando que os testes em muitos anos seria desnecessário, desde que o erro padrão da média de uma cultivar, pudesse ser reduzido para um nível aceitável, testando-se num único ano.

As cultivares melhoradas que são adaptadas numa razoável área geográfica e que mostram alguns graus de estabilidade de ano para ano é o principal problema enfrentado pelos melhoristas de plantas segundo relato de CAMPBELL e LAFEVER (1977); sendo que os mesmos estudaram a interação genótipo x ambiente em trigo para produção de grãos, verificando que as interações cultivar x local e cultivar x ano, foram significativas. Os autores sugerem que as cultivares poderiam ser testadas mais do que um ano, entretanto, testes com mais três anos parecem ser de pequeno valor especialmente a medida que o número de locais foi aumentado.

O estudo da interação genótipo x ambiente em trigo, no Estado de Mysore, na Índia, foi relatada por GOUD *et alii* (1973), onde para o caráter produção de grãos, observaram que a interação genótipo por locais foi não significativa. Alguns caracteres são afetados mais pelas interações do que os outros, sugerindo-se a necessidade de se ter mais áreas de testes num programa de melhoramento de plantas.

A análise da interação genótipo x ambiente na cultura do trigo no Estado do Rio Grande do Sul foi feita por

ROSITO (1974), onde ele verificou a existência de interação significativa entre genótipo x local, mesmo tratando-se de cultivares já selecionadas pela média de produção do Estado. O autor também observou um razoável grau de compatibilidade entre a regionalização tritícola existente e a interação de genótipo x local.

SILVA (1981) classificando os ambientes para estudo da interação genótipo x ambiente em trigo, no Rio Grande do Sul, conclui que a natureza das interações cultivar x ambiente, através dos componentes de variância, indicou alguma vantagem na separação dos locais nas três regiões da atual regionalização do Estado, isto se verifica nas análises regionais realizadas dentro de cada ano em estudo.

Na análise desses trabalhos, sobre genótipo x ambiente em trigo, podemos verificar que a seleção de bons genótipos, poderá trazer progresso, nos futuros programas de melhoramento, com a cultura.

2.3. Interação genótipo x ambiente em outras culturas

O estudo da magnitude da interação genótipo x ambiente, realizado com diferentes culturas, são mostrados através de alguns trabalhos, em vários locais e anos.

Os dados da magnitude dos componentes de va-

riância da interação genótipo x ambiente foram verificados por MILLER *et alii* (1959), em algodão, para o caráter rendimento. As interações genótipo x local e genótipo x ano, foram não significativas. Os autores concluíram ser desnecessária a divisão da área estudada para fins de testes de rendimento. Conclusões semelhantes foram obtidas por JONES *et alii* (1960), em fumo.

No estudo da interação genótipo x ambiente, em fumo, GUPTON *et alii* (1974), observaram que para rendimento, a interação variedade x local foi significativa, o mesmo não ocorrendo para a interação variedade x ano. Os autores salientaram que os anos e locais podem ser considerados ambientes aleatórios. A adição de mais anos eleva os custos, fato contrário observado com a adição de ambientes; contudo, o uso de vários locais por dois anos parece ser, segundo os autores, melhor procedimento para testar variedades de fumo.

Em sorgo, LIANG e WALTER (1966) estudando a interação genótipo x ambiente, verificaram que as interações genótipo x local e genótipo x ano foram significativas, indicando que a região poderia ser subdividida em sub-regiões, baseando na variação da temperatura, precipitação e tipo de solo.

RAO e RAO (1978) e PARODA *et alii* (1973) verificaram que a interação variedade x local no rendimento de sorgo, foi altamente significativa, mostrando uma variação no po

tencial de produção dos genótipos nos diferentes locais. Conclusões semelhantes foram obtidas por MAURYA e SINGH (1977) com arroz.

ESTEVES (1978) obteve valores altamente significativo para o efeito da interação tratamento x local, para o caráter rendimento de grãos em milho; contudo houve adaptação de cultivares em ambos os locais, o que mostrará a possibilidade de uso de intercâmbio de materiais sintetizados ou selecionados nas instituições dos locais estudados.

A interação tratamento x local estudada por RUSCHEL (1968), revelou que os genótipos de milho testados, mostraram-se sensíveis as diferentes condições ambientais existentes nas localidades estudadas para as seguintes características: produtividade, altura da planta e da espiga e peso de 50 grãos. Dentre os genótipos estudados, não foi possível escolher um que fosse mais produtivo em todas as localidades estudadas, mas para todas as localidades havia cultivares que podem ser recomendadas para o local e imediações.

As recomendações de cultivares de milho têm sido feitas segundo SILVA (1970), com base no comportamento médio em dois ou mais locais, dentro de uma região. Esse método, tem sido seguido apesar do efeito da interação cultivar x local se mostrar significativo na maioria dos anos.

SILVA *et alii* (1963) trabalhando com cultiva

res de milho, constataram que o efeito de localidades sobre a variabilidade de produção de cultivares é o mais importante, seguido dos efeitos de anos e das repetições, onde para a região estudada a influência do solo mostrou-se bem mais importante, do que as influências das variações climáticas de um ano para o outro.

Pelos trabalhos relatados podemos verificar a preocupação dos autores, em selecionar cultivares que tenham uma boa adaptação para as diferentes regiões em estudo.

2.4. Coeficiente de determinação genotípica "b"

O coeficiente de determinação genotípica "b" é semelhante ao coeficiente de herdabilidade (h^2) no sentido amplo e é utilizado quando os efeitos genéticos são fixos. Os valores de b variam de 0 a 1.

A variância genotípica entre as cultivares de efeito fixo e a variância fenotípica entre as médias das cultivares foram relacionadas através de um processo utilizado por CESNIK (1972), na estimação do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (h^2), em cana-de-açúcar. Este coeficiente foi denominado por FONSECA (1978) de coeficiente de determinação genotípica "b", em seus estudos das características foliares e produção de folhas em amoreira.

Outro estudo, para estimar o coeficiente de de terminação genotípica "b" foi realizado por SERA (1980), em ca feeiro, sendo que a partir desse coeficiente "b", ele classi ficou as cultivares quanto à variação genética disponível en tre as progênies selecionadas.

Também MONTEIRO (1980) estudou esse coeficien te em populações de *Centrosema pubescens* Benth, encontrando que os caracteres número de vagens produzidas por plantas, com primento médio de internódios, número de ramificações e peso da matéria verde, apresentaram um coeficiente de determina ção genotípica maior, enquanto os caracteres comprimento da ramificação e peso da matéria seca, apresentaram um coeficien te menor.

Através desse coeficiente podemos medir a quan tidade relativa de variabilidade genética entre as cultivares.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Para o presente trabalho, foram utilizados os dados de rendimento de grãos ($g/5 m^2$), das cultivares ensaiadas nos experimentos do Ensaio Norte Brasileiro de Variedades em Cultivo, coordenado pela Comissão Norte Brasileira de Pesquisa de Trigo, os quais foram instalados pelo Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados e pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" "Campus de Ilha Solteira", nas localidades de Planaltina-DF e Selvíria-MS, respectivamente, nos anos agrícolas de 1981 e 1982.

As seguintes cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.), participaram dos ensaios: ALONDRA 4546, BH-1146, BR-1, BR-2, CNT-7, CNT-8, COCORAQUE, CONFIANÇA, EL PATO, IAC-5, IAC-13, IAC-17, IAC-18, ITAPUA-5, JUPATECO, MITACORÉ, MONCHO, NAMBU, PARAGUAI-281, PAT-24 e PAT-7219. Os genótipos correspondem aos tratamentos nos experimentos. As genealogias dessas cul-

3.2. Métodos

3.2.1. Condução do experimento

Os experimentos foram instalados em solo de cerrado, classificado como Latossol Vermelho Escuro, nas localidades de Selvíria-MS, com uma latitude de $20^{\circ}22'S$, Longitude de $51^{\circ}22'W$ e uma altitude de 335 metros, e em Planaltina - DF, com uma latitude de $15^{\circ}35'S$, longitude $47^{\circ}42'W$ e uma altitude de 1077 metros.

Os ensaios foram semeados em Planaltina - DF e Selvíria - MS, nos anos agrícolas de 1981 e 1982.

O delineamento experimental utilizado em todos os ensaios, foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

A área das parcelas foi de 5 m^2 , com 5 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,20 m, sendo que as distâncias entre as parcelas foram de 0,50 m. A semeadura foi feita manualmente, em filete contínuo, com uma densidade de semeadura de aproximadamente 350 sementes/ m^2 .

As áreas experimentais receberam por ocasião do plantio, uma adubação de manutenção e foi feita a correção para acidez do solo.

As análises de solo dos experimentos realizados em Planaltina e Selvíria, no ano agrícola de 1981, se encontram nos Apêndices 2 e 3, respectivamente.

Os ensaios foram irrigados a cada 7 dias, sendo que nos dois anos dos experimentos em Selvíria-MS e no ano de 1982 em Planaltina-DF, utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão; o mesmo não ocorrendo para Planaltina-DF, no ano de 1981, onde o sistema utilizado foi o de corrugação, mantendo-se uma lâmina de água de 30 mm, por um período de 100-110 dias.

Dentro de cada parcela, todas as plantas foram colhidas manualmente, beneficiadas em trilhadeira e levadas para laboratório para determinação do peso de grãos.

Nas parcelas também foram tomados dados de outros parâmetros seguindo os critérios determinados pela Comissão Norte Brasileira de Pesquisa de Trigo, onde para este presente trabalho são apresentados os dados médios de altura de planta (medida do solo até o ápice da espiga, em centímetros), peso hectolitro (em kilogramas/hectolitro), onde o mesmo dá uma idéia do tamanho do grão, peso de 1000 grãos (em gramas) e espigamento (em dias).

3.2.2. Análise Estatística

3.2.2.1. Análise da variância

Para cada experimento foi feita a análise da variância dos dados de produção de grãos, segundo um modelo

misto, onde os efeitos de blocos e do erro, foram considerados aleatórios e o de tratamentos e a média geral fixos. O modelo matemático utilizado é:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = observação do tratamento i , na repetição j .

m = média geral do caráter.

t_i = efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 21$).

b_j = efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3, 4$).

Assim, a análise da variância com o respectivo teste F é:

C.V.	G.L.	Q.M.	F
Blocos	($r-1$)	Q_B	
Tratamentos	($t-1$)	Q_T	Q_T/Q_R
Resíduo	($r-1$)($t-1$)	Q_R	

Como os ensaios foram realizados em dois anos e dois locais, procedeu-se à análise de variância conjunta dos dados de produção de grãos, considerando-se os efeitos de lo-

cais e anos como aleatórios. O modelo matemático utilizado é:

$$Y_{ijkz} = m + t_i + a_j + \ell_k + b_z(kj) + (t\ell)_{ik} + (ta)_{ij} + (\ell a)_{kj} + (t\ell a)_{ikj} + e_{ikjz}$$

Y_{ijkz} = observação do tratamento i , no ano j , no local k , no bloco z ;

m = média geral do caráter;

t_i = efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 21$);

a_j = efeito do ano j ($j = 1$ ou 2);

ℓ_k = efeito do local k ($k = 1$ ou 2);

b_z = efeito do bloco z ($z = 1, \dots, 4$);

$(t\ell)_{ik}$ = efeito da interação entre o tratamento i e o local k ;

$(ta)_{ij}$ = efeito da interação entre o tratamento i e o ano j ;

$(\ell a)_{kj}$ = efeito da interação entre o local k e o ano j ;

$(t\ell a)_{ikj}$ = efeito da interação tripla entre o tratamento i , o local k e o ano j ;

e_{ikjz} = erro experimental.

O esquema da análise de variância, as esperanças matemáticas dos quadrados médios e os respectivos testes F , são encontrados no Apêndice 4.

Para verificar a significância do teste F para tratamentos, obteve-se o número de graus de liberdade utilizando-se o método de Satterthwaite (1946), citado por PIMENTEL GOMES (1982).

Na elaboração da análise conjunta, a homogeneidade da variância do resíduo das análises individuais, foi verificada pelo critério de Box (1954), citado por PIMENTEL GOMES (1982), devendo o quociente entre os quadrados médios dos resíduos ser inferior a quatro.

Na comparação das médias do caráter produção de graos, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2.2.2. Estimativas dos componentes da variância

Os componentes da variância foram estimados com base nas esperanças matemáticas dos quadrados médios (QM), de forma que:

$$\hat{\sigma}_{t\ell}^2 = \frac{Q_{TL} - Q_{TLA}}{ra}$$

$$\hat{\sigma}_{ta}^2 = \frac{Q_{TA} - Q_{TLA}}{r\ell}$$

$$\sigma_{t\ell a}^2 = \frac{Q_{TLA} - Q_R}{r}$$

$$\frac{|(Q_T + Q_{T \times L \times A}) - (Q_{TL} + Q_{TA})|}{r \ell a}$$

$$\hat{\sigma}^2 = Q_R$$

onde:

$\sigma_{t\ell}^2$ = estimativa da variância da interação entre tratamento e local;

$\hat{\sigma}_{ta}^2$ = estimativa da variância da interação entre tratamento e ano;

$\hat{\sigma}_{t\ell a}^2$ = estimativa da variância da interação entre tratamento, local e ano;

\hat{V}_t = estimativa da variância da interação entre tratamentos;

$\hat{\sigma}^2$ = estimativa da variância do erro experimental.

3.2.2.3. Coeficiente de Determinação Genotípica (b)

Este coeficiente, comparável ao coeficiente de herdabilidade (h^2), mede a proporção da variação fenotípica total entre tratamentos que é de natureza genética. Devido ao fato dos tratamentos serem fixos, não é possível estimar parâmetros genéticos a nível populacional, como a herdabilidade.

Portanto, utilizou-se da metodologia citada por CESNIK (1972), na estimação do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (h^2) em cana-de-açúcar, em que relaciona a variância genotípica entre os cultivares, de efeito fixo, e a variância fenotípica entre as médias das cultivares. Na realidade, não se trata de um coeficiente (h^2), pois os tratamentos são fixos. Este coeficiente foi denominado por FONSECA (1978) de coeficiente de determinação genotípica "b", em seus estudos com amoreira; a mesma metodologia foi utilizada por SERA (1980) no cafeeiro, e MONTEIRO (1980) em *Centrosema pubescens* Benth.

O coeficiente "b" foi obtido ao nível de média de tratamentos, para o caráter produção de grãos, através da fórmula:

$$b = \frac{V_t}{\frac{Q_T}{r \ell a}}$$

onde:

V_t = variância entre tratamentos;

Q_T = quadrado médio dos tratamentos;

r = número de repetições;

ℓ = número de locais;

a = número de anos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises individuais dos ambientes

Os quatro ambientes considerados envolveram dois locais (Selvíria e Planaltina) e dois anos agrícolas (1981 e 1982). Os locais se caracterizaram por apresentarem área do tipo cerrado, estando separados por 900 km; Selvíria, localizada no Mato Grosso do Sul, tem altitude de 335 m; Planaltina localizada no Distrito Federal, tem 1077 m.

Os resultados das análises de variância individuais dos dados de produção de grãos, para cada ano agrícola, são encontrados na Tabela 1. Através dela, podemos verificar que o efeito de tratamento foi significativo para os dois locais, sendo que para Selvíria nos anos de 1981 e 1982, detectou-se significância pelo teste F ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, sendo que para as condições de Planaltina encontramos uma situação inversa. Estes efeitos significa

tivos dos tratamentos indicam a existência de variabilidade genética entre eles.

As médias dos dados de produção de grãos das cultivares ensaiadas foram maiores em Planaltina do que em Selvíria, nos dois anos de estudos considerados (Tabela 1)

Os coeficientes de variação foram classificados como médios (14,5 e 20,6%) para os dados da análise de Planaltina e relativamente altos (25,9 e 36,1%) para os de Selvíria conforme PIMENTEL GOMES (1982). Essas magnitudes dos coeficientes de variação obtidas no presente trabalho indicaram uma boa precisão dos dados para a localidade de Planaltina e uma baixa precisão para Selvíria em relação ao caráter estudado.

4.2. Análise conjunta para os quatro ambientes

Os resultados da análise conjunta dos dados de produção de grãos para Planaltina e Selvíria, nos anos de 1981 e 1982, estão na Tabela 2. Na apreciação desses resultados, verificou-se que a variação entre o efeito de tratamentos e a interação local x ano, revelaram significância pelo teste F, ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. No entanto, não foi detectado significância para a variação entre locais, entre anos, as interações tratamento x local, trata

mento x ano, tratamento x local x ano. A diferença significativa entre os tratamentos, mostrou que pelo menos uma cultivar apresentou um potencial genético contrastante, em relação ao caráter produção de grãos. Devido ao fato da interação tratamentos x locais, ter sido não significativa; as cultivares ensaiadas poderiam ser plantadas em qualquer um dos locais estudados.

O coeficiente de variação foi de 22,0% indicando uma razoável precisão dos dados considerados.

No estudo da interação genótipo x ambiente, FALCONER (1981) salienta, que pode-se admitir, mas nem sempre e justificável, que uma diferença específica de ambiente tem o mesmo efeito sobre diferentes genótipos ou, em outras palavras, que se pode associar certo desvio, causado pelo ambiente, com uma diferença de ambiente independente do genótipo, sobre o qual ela age.

A adaptação de uma cultivar sobre um grande número de locais foi considerada significativa por PARODA et alii (1973), pois esse autor comenta das dificuldades encontradas quando cultivares interagem com seus ambientes.

A obtenção de informações que possam ser extensivas no espaço e/ou no tempo, poderão ser conseguidas através da análise conjunta de grupos de experimentos, quando se deseja estudar as condições gerais de uma região, onde para is

so são executados uma série de experimentos, em locais representativos, durante um numero suficiente de anos.

A existência da interação genótipo x ambiente e seus efeitos ligados ao progresso na seleção foram discutidos por SCHUTZ e BERNARD (1967), onde esses autores comentaram que a interação genótipo x ano seria de muita importância no desenvolvimento de cultivares, e que a interação genótipo x ambiente é de menor importância na seleção de material para adaptação local, mas esta assume frequentemente um papel dominante na seleção para uma adaptação ampla.

Muitos trabalhos sobre a interação genótipo x ambiente mostraram que tal interação pode ser ou não significativa, dependendo dos genótipos, dos locais e dos anos agrícolas.

O estudo do efeito de locais e anos, em trigo, foi mostrado por CAMPBELL e LAFEVER (1980), onde esses autores salientaram a influência dos anos sobre a interação genótipo x local, auxiliando nos testes dos programas de melhoramento. Eles discutiram também, que a variação ano a ano em locais semelhantes, evidenciou que os genótipos deveriam ser testados em vários anos e que a substituição de locais por anos poderia ser minimizada.

Já o trabalho de GOUD *et alii* (1973) com trigo no Estado de Mysore, na Índia, mostrou que a magnitude da in-

teração genótipo x local foi não significativa.

A não existência de interação entre tratamento x local, tratamento x ano e da interação tripla, indicaram a possibilidade de recomendação ampla de cultivares para áreas de cerrado.

Essa possibilidade deve ser encarada com certo cuidado pois os experimentos foram conduzidos em apenas dois locais e dois anos, pois a área de cerrado é muito extensa, correspondendo a 25% do território nacional, experimentos em um maior número de locais e anos agrícolas seria recomendado.

Em trabalhos relatados por LIANG *et alii* (1966), BRENNAN e BYTH (1979) e BAKER (1969), com trigo, verificou-se que a magnitude da interação genótipo x local foi significativa e para genótipo x ano foi não significativa. LIANG *et alii* (1966) sugeriram que, devido às variedades terem tido produções semelhantes, nos locais estudados, haveria possibilidade de redução de locais de testes para recomendação de cultivares; indicaram a divisão do Estado de Kansas em ambientes específicos para melhoramento, como um objetivo desejável. Também BAKER (1969) comentou que os testes em muitos anos seria desnecessário, desde que o erro padrão da média de uma cultivar, pudesse ser reduzido para um nível aceitável, testando-se num único ano; o autor sugeriu ainda a comparação dos efeitos relativos de número de locais e número de repetições por

local, nas pesquisas que visam recomendar cultivares, nesta comparação, seria de importância significativa a consideração dos fatores econômicos.

CAMPBELL e LAFEVER (1977) estudando a interação genótipo x ambiente em trigo, verificaram que as interações cultivar x local e cultivar x ano foram significativas, indicando que os efeitos das cultivares não foram consistentes de um para outros ambientes, isto é, que elas apresentaram comportamentos relativos diferentes nos vários ambientes.

Os valores médios obtidos de produção de grãos ($\text{g}/5 \text{ m}^2$) para cada ambiente, são mostrados na Tabela 3.

Apesar das cultivares terem mostrado comportamento médio bastante diferente entre si, apenas a cultivar COCORAQUE se mostrou estatisticamente inferior a todas as demais cultivares (Tabela 4). As cultivares BR-1, IAC-18, BH-1146 destacaram-se das demais, por terem apresentado produção de grãos relativamente elevada, 2.174 kg/ha.

Com base nos valores médios de outros caracteres, como peso hectolitro, peso de 1000 grãos, altura de planta e espigamento, pode-se observar o comportamento das cultivares em estudo. A cultivar BR-1, apresentou valores de peso hectolitro entre 76,78 e 80,60 com média de 78,34. Apesar dessa média estar próxima do valor de peso hectolitro padrão (78,0) para compra do trigo em grão, ela foi relativamente inferior

as médias das cultivares IAC-18 e BH-1146, com peso hectolitro 81,52 e 82,10, respectivamente (Tabelas 6 e 7). As cultivares Jupateco, Nambu e El Pato, apresentaram um peso hectolitro médio igual a 83,34; 83,46 e 83,49, respectivamente, bem superior ao padrão. Em relação ao peso de 1000 graos (em grammas) a cultivar IAC-18 apresentou valores entre 33,0 e 42,0 com média de 36,6 sendo inferior às médias das cultivares BH-1146 e BR-1, onde estas apresentaram um peso de 1000 grãos de 37,3 e 39,5, respectivamente (Tabelas 8 e 9). A cultivar BR-1 mostrou valores de altura de planta (em centímetros) entre 85,0 e 105,0 com uma média de 95,0. Essa média foi superior à das cultivares IAC-18 e BH-1146 que apresentaram uma altura de planta de 91,2 e 92,5, respectivamente (Tabelas 10 e 11). A cultivar BH-1146 apresentou valores de espigamento (em dias) entre 45 e 56 com uma média de 49,5. Essa média foi inferior às médias das cultivares IAC-18 e BR-1, as quais emitiram espigas com 52,7 e 60,0 dias, respectivamente (Tabelas 12 e 13)

Os rendimentos médios apresentados pelas cultivares ensaiadas foram bem maiores em Planaltina do que em Selvíria, onde pode-se explicar esse fato como sendo devido ao atraso no plantio no ano de 1981, em Selvíria, um pouco fora do prazo estipulado pela Comissão Norte Brasileira de Pesquisa de Trigo; outro ponto a ser considerado, e que essa mesma Comissão estabeleceu um limite para o plantio de trigo irriga

do, sendo acima de 600 m de altitude; condição essa que não e alcançada em Selvíria.

Pelo exposto, por se tratarem de localidades situadas em áreas de cerrado, cujo potencial agrícola pode a longo prazo proporcionar aumento da produção de grãos, ressaltamos a importância deste estudo na escolha das melhores variedades de trigo para cada um destes locais. Estudos semelhantes, inclusive com outras culturas, devem ser conduzidos no cerrado brasileiro, devido a sua grande extensão que, segundo FERRI (1976) existem no Brasil cerca de 183 milhões de hectares de cerrado.

Os cerrados se constituem na maioria das áreas do Brasil Central aptas para a cultura do trigo, pois conforme SILVA (1982) o custo de produção é igual ou inferior ao da zona Sul do País pelo conjunto de fatores abaixo mencionados:

a) Preço da terra mais baixo; b) Facilidade de mecanização; c) Gasto de correção de acidez e de adubação equivalente, ou um pouco maior para rendimento elevados nas culturas irrigadas; d) Menores riscos de moléstias; e) Colheita em época seca sem necessidade de secagem; f) Peso hectolitro mais elevado; g) Ausência de riscos de geadas; h) Menor risco de granizo; i) Maior despesa por area no caso de lavou-
ras irrigadas, mas maior produtividade e segurança de colhei-

ta com custo mais baixo por tonelada produzida.

4.3. Coeficiente de determinação genotípica "b"

Vários pesquisadores FONSECA (1978), OLIVEIRA (1979), MONTEIRO (1980), SERA (1980), MARTINS e VELLO (1981), PONTES e MARTINS (1982), salientaram que caracteres com valores de b próximos a 1, teriam maior possibilidade de serem alterados por seleção.

Os valores de b foram obtidos a partir das estimativas de componentes de variância da análise conjunta (Tabela 5). Foi estimado o valor de $b = 0,660$ ao nível de médias de tratamentos (repetições, locais e anos). Este valor de b pode ser classificado como intermediário, indicando existir possibilidade de se poder alterar a produção de grãos, através de cruzamentos seguidos de seleções por métodos de melhoramento, tais como: população, genealógico, descendência de semente única, teste precoce, seleção recorrente.

Em conclusão, pode-se considerar que existiu variabilidade entre genótipos de trigo para condições de cerrado. As produções de grãos relativamente superiores das cultivares BR-1, IAC-18 e BH-1146, indicaram possível superioridade dessas cultivares em adaptação as condições adversas ao solo tipo cerrado: pH baixo e teores elevados de elementos tóxicos (alumínio e manganês).

5. CONCLUSÕES

Nas condições dos ensaios realizados em Selvíria e Planaltina, nos anos de 1981 e 1982, os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- a) Foram evidenciadas significâncias estatísticas para o efeito de tratamentos, nas análises individuais e na conjunta, indicando a existência de variabilidade genética entre eles.
- b) As interações tratamento x local e tratamento x ano foram não significativas, possibilitando, assim, a utilização das mesmas cultivares, tanto em Planaltina, como em Selvíria.
- c) As produções de grãos relativamente superiores

res das cultivares BR-1, IAC-18 e BH-1146, indicaram possível superioridade dessas cultivares mostrando uma maior adaptação às condições de cerrado.

- d) O valor calculado do coeficiente de determinação genotípica "b" ao nível de médias de tratamentos foi de 0,66, mostrando existir possibilidade de se alterar a produção de grãos, através dos métodos usuais de melhoramento de trigo.

O estudo da interação genótipo x ambiente, possibilita aos melhoristas de plantas, ter maior certeza na seleção das suas cultivares, abrindo horizontes para os futuros programas de pesquisa, que irão ser desenvolvidos.

6. LITERATURA CITADA

ALLARD, R.W., 1971. *Princípios do Melhoramento Genético das Plantas*. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda. 381p.

ALLARD, R.W. e A.D. BRADSHAW, 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Science*, Madison, 4:503-508.

BAIHAKEI, A.; R.E. STUCKER e J.W. LAMBERT, 1976. Association of genotype x environment interactions with performance level soybean lines in preliminary yield tests. *Crop Science*, Madison, 16:718-721.

BAKER, R.J., 1969. Genotype-environment interactions in yield of wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, 49:743-751.

BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1982. *Anuário Estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 43. 904p.

- BRENNAN, P.S. e D.E. BYTH, 1979. Genotype x environmental interactions for wheat yields and selection for widely adapted wheat genotypes. *Australian Journal Agricultural Research*, Victoria, 30:221-232.
- CAMPBELL, L.G. e H.N. LAFEVER, 1977. Environment interactions in soft red winter wheat yield tests. *Crop Science*, Madison, 17:604-608.
- CAMPBELL, L.G. e H.N. LAFEVER, 1980. Effects of location and years upon relative yields in the soft red winter wheat region. *Crop Science*, Madison, 20:23-28.
- CESNIK, R., 1972. Estudo da herdabilidade de alguns caracteres em cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP, 78p. (Tese de Doutorado).
- COMSTOCK, R.E. e R.H. MOLL, 1963. Genotype-environment interactions. In: HANSON, W.D. e H.F. ROBINSON, Ed. *Statistical Genetics and Plant Breeding*. Washington, National Academy Science, p.164-196.
- ESTEVES, A., 1978. Interação de genótipos por localidades em cruzamentos intervarietais de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP. 70p. (Dissertação de Mestrado).
- FALCONER, D.S., 1981. *Introdução à Genética Quantitativa*. Viçosa, Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa. 279p.

- FERRI, M.G., 1976. Ecologia dos cerrados. In: FERRI, M.G., Coord. *IV Simpósio Sobre o Cerrado*, São Paulo, Editora Universidade de São Paulo, p.15-36.
- FONSECA, T.C., 1978. Estimação de parâmetros visando a seleção de híbridos artificiais de amoreira (*Morus alba* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 51p. (Dissertação de Mestrado).
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - Instituto Brasileiro de Economia, 1982. Mercado de Grãos. *Agroanalysis*. Rio de Janeiro, 6(12):2-16.
- GÓUD, J.V.; T.S. RAO; K.M.D. NAYAR e M.G. RAO, 1973. Variability in wheat. 2. Genotype x environment interactions heritability and genetic advance. *Genética Agrária*, Roma, 27:440-446.
- GUPTON, C.L.; P.D. LEGG; L.A. LINK e H.F. ROSS, 1974. Genotype x environment interactions in barley tobacco variety tests. *Crop Science*, Madison, 14:811-814.
- HORNER, T.W. e K.J. FREY, 1957. Methods for determining natural areas for oat varietal recommendations. *Agroonomy Journal*, Madison, 49:313-315.
- IGNACZAK, J.C. e J.G.C. da SILVA, 1978. Análise conjunta de grupo de experimentos com alguns locais e tratamentos não comuns. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, Série Agronômica, 13:59-66.

- JATASRA, D.S. e R.S. PARODA, 1981. Genotype-environment interaction in segregating generations of wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, 41:12-17.
- JONES, G.L.; D.F. MATZINGER e W.K. COLLINS, 1960. A comparison of flue-cured tobacco varieties repeated over locations and years with implications on optimum plot allocation. *Agronomy Journal*, Madison, 52:195-199.
- LIANG, G.H.L. e T.L. WALTER, 1966. Genotype x environment interactions from yield tests and their application to sorghum breeding programs. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, Ottawa, 8:306-311.
- LIANG, G.H.L.; E.G. HEYNE e T.L. WALTER, 1966. Estimatives of variety x environmental interactions in yield tests of three small grains and their significance on the breeding programs. *Crop Science*, Madison, 6:135-139.
- MARTINS, P.S. e N.A. VELLO, 1981. Performance and variability of agronomic characters in populations of *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. In: SMITH, J.A. e V.W. HAYS, Ed. *Proceedings of the XIV International Grassland Congress*, Kentucky, U.S.A., p.15-24.
- MAURYA, D.M. e D.P. SINGH, 1977. Adaptability in rice. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Delhi, 37:403-410.

MILLER, P.A.; J.C. WILLIAMS e H.F. ROBINSON, 1959.

Variety x environment interactions in cotton variety tests and their implications on testing methods. *Agronomy Journal*, Madison, 51:132-134.

MONTEIRO, W.R., 1980. Estudo da variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em populações de *Centrosema pubescens* Benth. Piracicaba, ESALQ/USP, 70p. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, E.M.P. de, 1979. Avaliação da variabilidade de caracteres morfológicos e agronômicos em populações de *Desmodium uncinatum* (Jacq.) D.C. e *Desmodium intortum* (Mill.) Urb. Piracicaba, ESALQ/USP, 117p. (Tese de Doutorado).

PARODA, R.S.; D.V.S. PANWAR e G.D. SHARMA, 1973.

Genotype x environment interactions for fodder yield in sorghum. *Indian Journal Agricultural Science*, New Delhi, 43:386-388.

PIMENTEL GOMES, F., 1982. *Curso de Estatística Experimental*, 10.^a imp., São Paulo, Editora Livraria Nobel S/A. 430p.

PONTES, O.F.S. e P.S. MARTINS, 1982. Determinação de parâmetros genéticos relacionados à dormência de sementes em soja perene (*Glycine wightii*). Parte I. *O Solo*, Piracicaba, 1/2, p.13-17.

- RAO, S.S. e K.V. RAO, 1978. Genotype stability of sorghum varieties and hybrids. *Indian Journal Agricultural Science*, New Delhi, 48:691-695.
- ROSITO, C., 1974. Interação genótipos por locais em trigo (*Triticum aestivum* L.), no Rio Grande do Sul. Piracicaba, ESALQ/USP, 55p. (Dissertação de Mestrado).
- RUSCHEL, R., 1968. Interação genótipos x localidades na região Centro Sul em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 60p. (Dissertação de Mestrado).
- SCHUTZ, W.M. e R.L. BERNARD, 1967. Genotype x environment interactions in the regional testing of soybean strains. *Crop Science*, Madison, 7:125-130.
- SERA, T., 1980. Estimação dos componentes da variância e do coeficiente de determinação genotípica da produção de grãos de café (*Coffea arabica* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 62p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, A.R., 1982. A cultura do trigo nos Cerrados do Brasil Central. In: OSORIO, E.A., Coord. *Trigo no Brasil*, Campinas, Fundação Cargill, vol.2, p.591-620.
- SILVA, A.R.; J.C. LEITE; J.C.A.J. MAGALHÃES e N. NEUMAIER, 1976. A cultura do trigo irrigado nos cerrados do Brasil Central. *Circular Técnica*, nº 1, CPAC (EMBRAPA), Brasília, 70p.

- SILVA, E.C., 1981. Classificações ambientais para controlar a interação genótipo x ambiente com aplicação a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) no Rio Grande do Sul. Piracicaba, ESALQ/USP, 76p. (Tese de Doutorado).
- SILVA, J., 1970. Determinação de áreas para indicação de cultivares de milho. In: *Anais da VIII Reunião Brasileira de Milho*, Porto Alegre, Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, p.30-32.
- SILVA, W.J., L.T. MIRANDA e G.P. VIÉGAS, 1965. Estimativa do progresso genético médio em ensaios de cultivares de milho. *Bragantia*, Campinas, 22:247-258.
- VENCOVSKY, R., 1978. Herança Quantitativa. In: PATERNIANI, E., Coord. *Melhoramento e Produção do Milho no Brasil*. Piracicaba, ESALQ/USP, Fundação Cargill, p.122-201.

7. TABELAS

Tabela 1 - Resumo das análises de variância de variância dos experimentos realizados em Selvíria - MS e Planaltina - DF, nos anos de 1981 e 1982. Produção de grãos (g/5 m²) de trigo.

Fontes de Variação	G.L.	QM		
		Selvília, 1981	Selvília, 1982	Planaltina, 1981 Planaltina, 1982
Blocos	3	112.969*	30.108 ^{ns}	3.074.930** 192.284**
Tratamentos	20	91.291**	88.925*	241.437* 172.458**
Resíduo	60	29.168	42.595	41.611 35.295
Média		658,07	571,36	1.018,09 1.254,10
CV (%)		25,9	36,1	20,0 14,9

* e ** = Significativo aos níveis de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 2 - Resumo da análise conjunta de variância, relativa aos experimentos conduzidos em dois anos e dois locais. Produção de grãos (g/5 m²) de trigo.

Fontes de Variação	G.L.	Q.M. ^{1/}
Tratamentos	20	340.566*
Locais	1	22.830.931 ^{ns}
Anos	1	469.972 ^{ns}
Interação T x L	20	84.529 ^{ns}
Interação T x A	20	101.453 ^{ns}
Interação L x A	1	2.183.402**
Interação T x L x A	20	70.059 ^{ns}
Resíduo Médio	240	37.168

Média = 875,476.

Coefficiente de Variação (%) = 22,0

* e ** = Significativo aos níveis de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

^{1/}As esperanças matemáticas dos quadrados médios são apresentadas no Apêndice 2.

Tabela 3 - Valores médios obtidos para produção de grãos (g/5 m²) das cultivares, nos quatro ambientes.

C u l t i v a r e s	Selvíria, 1981	Selvíria, 1982	Planaltina, 1981	Planaltina, 1982
ALONDRA 4546	518,75	646,25	1177,00	1169,75
BH-1146	821,25	798,25	1157,75	1397,50
BR-1	853,25	749,25	1400,50	1508,20
BR-2	749,50	643,25	987,50	1450,20
CNT-7	825,00	512,75	1189,75	1369,50
CNT-8	533,25	596,75	1240,50	1088,50
COCORAQUE	315,50	491,25	393,75	818,50
CONFIANÇA	594,00	448,75	1207,75	1040,25
EL PATO	459,00	412,00	774,00	1038,00
IAC-5	754,25	568,75	1188,25	1500,50
IAC-13	599,75	330,00	702,00	1170,75
IAC-17	682,50	659,75	858,50	1113,50
IAC-18	961,00	884,00	1143,75	1378,50
ITAPUA-5	583,25	698,75	722,00	1238,00
JUPATECO	554,25	532,75	821,75	1312,25
MITACORÉ	628,25	646,75	1022,25	1578,00
MONCHO	682,25	251,75	1380,50	1086,00
NAMBU	667,25	512,00	986,00	1084,75
PARAGUAI-281	526,00	592,25	991,50	1057,75
PAT-24	755,00	514,75	316,25	1361,00
PAT-7219	756,25	511,75	1121,25	1574,50

Tabela 4 - Valores médios obtidos para produção de grãos (g/5 m²) das cultivares em experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, nos anos 1981 e 1982.

Cultivares	Produção (g/5 m ²)
BR-1	1127,81 a
IAC-18	1091,81 a
BH-1146	1041,81 a
IAC-5	1002,94 ab
PAT-7219	991,56 ab
CNT-7	974,25 ab
MITACORÉ	968,81 ab
BR-2	957,69 ab
PAT-24	886,13 ab
ALONDRA 4546	877,94 ab
CNT-8	864,75 ab
MONCHO	850,13 ab
IAC-17	828,56 ab
CONFIANÇA	822,69 ab
NAMBU	812,50 ab
ITAPUA-5	810,50 ab
JUPATECO	805,25 ab
PARAGUAI-281	791,88 ab
IAC-13	700,63 ab
EL PATO	670,75 ab
COCORAQUE	504,75 b

*As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (TUKEY 5%).

Tabela 5 - Estimativas dos componentes de variância da interação cultivares x locais ($\hat{\sigma}_{t\ell}^2$), cultivares x anos ($\hat{\sigma}_{ta}^2$), da interação tripla ($\hat{\sigma}_{t\ell a}^2$), do componente quadrático da variação entre cultivares (\hat{V}_t) e do erro experimental entre parcelas ($\hat{\sigma}^2$), baseadas na análise conjunta de variância dos experimentos realizados em Planaltina-DF e Selvíria-MS, nos anos de 1981 e 1982. Produção de grãos (g/5 m²) de trigo.

C a r á t e r	\hat{V}_t				
Produção de grãos	1808,75	3924,24	8222,84	14040,17	37167,58

$$b = \frac{\hat{V}_t}{\frac{Q_T}{r\ell a}} = \frac{14040,1652}{\frac{340565,5717}{16}} = 0,659$$

Tabela 6 - Valores médios de peso hectolitro, em kilogramas/hectolitro, nos experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, em 1981.

Cultivares	Selvíria	Planaltina
ALONDRA 4546	81,72	81,70
BH-1146	81,32	82,90
BR-1	76,28	80,60
BR-2	77,63	81,25
CNT-7	77,46	78,80
CNT-8	81,27	82,40
COCORAQUE	82,17	81,95
CONFIANÇA	77,02	82,15
EL PATO	83,80	83,10
IAC-5	80,18	81,50
IAC-13	82,52	81,25
IAC-17	80,92	81,95
IAC-18	81,72	81,25
ITAPUA-5	83,11	82,65
JUPATECO	83,10	83,80
MITACORÉ	80,87	79,90
MONCHO	78,17	83,35
NAMBU	82,65	85,20
PARAGUAI-281	76,56	82,15
PAT-24	78,25	81,25
PAT-7219	82,00	80,80

Tabela 7 - Valores médios de peso hectolitro, em kilogramas/hectolitro, nos experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, em 1982.

Cultivares	Selvíria	Planaltina
ALONDRA 4546	75,78	80,80
BH-1146	82,69	81,50
BR-1	77,48	79,00
BR-2	78,76	80,80
CNT-7	78,80	80,35
CNT-8	77,24	76,55
COCORAQUE	79,58	82,65
CONFIANÇA	68,15	74,30
EL PATO	84,68	82,40
IAC-5	77,08	78,15
IAC-13	78,19	79,00
IAC-17	80,14	80,35
IAC-18	82,08	81,05
ITAPUA-5	80,23	81,50
JUPATECO	82,24	84,25
MITACORÉ	81,21	79,70
MONCHO	70,21	78,15
NAMBU	83,34	82,65
PARAGUAI-281	74,71	74,75
PAT-24	78,01	79,90
PAT-7219	80,83	81,95

Tabela 8 - Valores médios de peso de 1000 grãos, em gramas, nos experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, em 1981.

Cultivares	Selvíria	Planaltina
ALONDRA 4546	39,0	51,0
BH-1146	34,0	41,5
BR-1	36,0	47,0
BR-2	35,5	43,0
CNT-7	39,0	48,0
CNT-8	33,0	43,0
COCORAQUE	35,0	39,0
CONFIANÇA	40,0	44,5
EL PATO	30,5	35,0
IAC-5	34,0	44,5
IAC-13	34,5	37,0
IAC-17	33,5	39,0
IAC-18	34,0	42,0
ITAPUA-5	37,0	42,0
JUPATECO	37,0	42,0
MITACORÉ	36,0	43,0
MONCHO	34,0	45,0
NAMBU	32,0	42,0
PARAGUAI-281	40,0	45,5
PAT-24	36,0	43,0
PAT-7219	30,5	35,0

Tabela 9 - Valores médios de peso de 1000 grãos, em gramas, nos experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, em 1982.

Cultivares	Selvíria	Planaltina
ALONDRA 4546	34,0	42,5
BH-1146	34,5	39,5
BR-1	34,0	41,0
BR-2	30,0	38,5
CNT-7	35,0	39,5
CNT-8	31,0	34,0
COCORAQUE	30,0	40,0
CONFIANÇA	28,0	36,5
EL PATO	33,0	34,5
IAC-5	31,5	37,5
IAC-13	32,5	35,0
IAC-17	33,0	39,0
IAC-18	33,0	37,5
ITAPUA-5	38,0	45,5
JUPATECO	32,0	37,5
MITACORÉ	36,0	43,5
MONCHO	21,0	34,0
NAMBU	31,0	39,0
PARAGUAI-281	31,5	34,5
PAT-24	31,0	40,0
PAT-7219	31,5	35,0

Tabela 10 - Valores médios de altura de planta, em centímetros, nos experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, em 1981.

Cultivares	Selvíria	Planaltina
ALONDRA 4546	55,0	75,0
BH-1146	85,0	100,0
BR-1	85,0	105,0
BR-2	75,0	75,0
CNT-7	75,0	90,0
CNT-8	75,0	90,0
COCORAQUE	40,0	35,0
CONFIANÇA	70,0	100,0
EL PATO	55,0	60,0
IAC-5	80,0	100,0
IAC-13	70,0	70,0
IAC-17	75,0	90,0
IAC-18	85,0	95,0
ITAPUA-5	65,0	105,0
JUPATECO	55,0	65,0
MITACORÉ	75,0	70,0
MONCHO	65,0	80,0
NAMBU	70,0	70,0
PARAGUAI-281	65,0	85,0
PAT-24	80,0	80,0
PAT-7219	80,0	75,0

Tabela 11 - Valores médios de altura de planta, em centímetros, nos experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, em 1982.

Cultivares	Selvíria	Planaltina
ALONDRA 4546	75,0	70,0
BH-1146	90,0	95,0
BR-1	90,0	100,0
BR-2	90,0	100,0
CNT-7	85,0	85,0
CNT-8	95,0	100,0
COCORAQUE	70,0	60,0
CONFIANÇA	85,0	80,0
EL PATO	65,0	60,0
IAC-5	90,0	110,0
IAC-13	70,0	95,0
IAC-17	85,0	100,0
IAC-18	85,0	100,0
ITAPUA-5	70,0	70,0
JUPATECO	70,0	70,0
MITACORÉ	90,0	90,0
MONCHO	80,0	85,0
NAMBU	75,0	75,0
PARAGUAI-281	85,0	85,0
PAT-24	90,0	110,0
PAT-7219	100,0	110,0

Tabela 12 - Valores médios obtidos de espigamento*, em dias, nos experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, em 1981.

Cultivares	Selvíria	Planaltina
ALONDRA 4546	60	61
BH-1146	45	45
BR-1	53	59
BR-2	49	59
CNT-7	60	63
CNT-8	65	77
COCORAQUE	47	59
CONFIANÇA	62	66
EL PATO	48	49
IAC-5	53	61
IAC-13	45	49
IAC-17	48	52
IAC-18	47	56
ITAPUA-5	46	47
JUPATECO-5	56	56
MITACORÉ	53	59
MONCHO	61	70
NAMBU	47	52
PARAGUAI-281	56	70
PAT-24	58	66
PAT-7219	59	63

*Da 1.^a irrigação até o espigamento.

Tabela 13 - Valores médios obtidos de espigamento*, em dias, nos experimentos realizados em Selvíria-MS e Planaltina-DF, em 1982.

Cultivares	Selvíria	Planaltina
ALONDRA 4546	60	67
BH-1146	52	56
BR-1	64	64
BR-2	63	59
CNT-7	65	64
CNT-8	77	75
COCORAQUE	58	54
CONFIANÇA	71	64
EL PATO	51	54
IAC-5	57	59
IAC-13	50	52
IAC-17	52	56
IAC-18	52	56
ITAPUA	52	52
JUPATECO	58	59
MITACORÉ	59	56
MONCHO	69	67
NAMBU	52	54
PARAGUAI-281	66	67
PAT-24	65	64
PAT-7219	68	67

*Da 1.^a irrigação até o espigamento.

8. APÉNDICE

Apêndice 1 - Progenitoras das cultivares que participaram nos experimentos do Ensaio Norte Brasileiro de Varieties em Cultivo, nos anos de 1981 e 1982, em Selvíria-MS e Planaltina-DF.

Cultivares	Progenitoras ^{1/}	Entidade criadora
ALONDRA 4546	D6301/Nainari 60//Meique/Rojal de Murcia/3/Ciano* 2/Chris	CIMMYT - México
BH-1146	Fronteira/Mentana//Ponta Grossa 1	IAMG - Belo Horizonte (MG)
BR-1	IAS 20/IAS 50	CNPT - Passo Fundo (RS)
BR-2	IAS 50/4/IAS 46/3/Vilela Sol* 3//Egypt 101/Timstein	CNPT - Passo Fundo (RS)
CNT-7	IAS 51//IAS 20/North Dakota 81	CNPT - Passo Fundo (RS)
CNT-8	IAS 20/North Dakota 8L	CNPT - Passo Fundo (RS)
COCORAQUE	II 12300//Lerma Rojo 64/II 8156/3/Norteño 67	CIMMYT - México
CONFIANÇA	Tezanos Pintos Precoz* 3/Selkirk	I P B - São Paulo (SP)
EL PATO	Tezanos Pintos Precoz/Sonora 64//Nariño 59	CIMMYT - México
IAC-5	Frontana/Kenia//Polissu	IAC - Campinas (SP)
IAC-13	Ciano 67/IAS 51	IAC - Campinas (SP)
IAC-17	IAS 20/IRN.526.63	IAC - Campinas (SP)
IAC-18	BH-1146* 4/S 12	IAC - Campinas (SP)
ITAPUA-5	Sonora 64/Klein Rendidor	Min. da Agricultura - Paraguai
JUPATECO	II 12300/3/Lerma Rojo 64/II 8156//Norteño 67	CIMMYT - México
NITACORÉ	IAS 50/Jaral	IAPAR - Londrina (PR)
MONCHO	Wren/Gaboto//Kalyansona/Blue Bird	CIMMYT - México
NAMBU	Sonora 64 A/Tezanos Pintos Precoz	OCEPAR - Curitiba (PR)
PARACUAI-281	Klein Cometa//Newthatch/Mentana/3/Menkemen/4/ Egypt 101/Timstein//Mayo 448	Min. da Agricultura - Paraguai
PAT-24	Norteño 67/C 25	FECOTRIGO - Porto Alegre (RS)
PAT-7219	S 12/J 9280.67//Nobre/Toropi	FECOTRIGO - Porto Alegre (RS)

^{1/}A simbologia adotada se encontra explicada no item Material.

Apêndice 2 - Análise de solo do experimento realizado em Plaltina, no ano agrícola de 1981.

Análises analíticas	pH	Al ⁺⁺⁺ e.mg	Ca + Mg e.mg	P ppm	K ppm
Amostra na profundidade de 0 - 20 cm	5,1	0,1	2,5	14,6	65,0

Apêndice 3 - Análise de solo do experimento realizado em Selvíria, no ano agrícola de 1981.

Análises analíticas	pH	Al ⁺⁺⁺ e.mg	Ca + Mg e.mg	P ppm	K ppm
Amostra na profundidade de 0 - 20 cm	4,7	0,1	3,6	13,0	68,0

Apêndice 4 - Análise conjunta da variância com as respectivas esperanças matemáticas dos quadrados médios e os testes F

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.	E (Q.M)	F
Blocos/Locais/Anos	la(r-1)	Q _B	-	-
Tratamentos (T)	(t-1)	Q _T	$\sigma^2 + r\sigma_{tla}^2 + r\sigma_{tla}^2 + r\sigma_{tla}^2 + r\sigma_{tla}^2 + r\sigma_{tla}^2$	$\frac{Q_T + Q_{TLA}}{Q_{TL} + Q_{TA}}$
Locais (L)	(l-1)	Q _L	$\sigma^2 + r\sigma_{la}^2 + r\sigma_{la}^2$	$\frac{Q_L}{Q_{LA}}$
Anos (A)	(a-1)	Q _A	$\sigma^2 + r\sigma_{la}^2 + r\sigma_{la}^2$	$\frac{Q_A}{Q_{LA}}$
T x L	(t-1)(l-1)	Q _{TL}	$\sigma^2 + r\sigma_{tla}^2 + r\sigma_{tla}^2$	$\frac{Q_{TL}}{Q_{TLA}}$
T x A	(t-1)(a-1)	Q _{TA}	$\sigma^2 + r\sigma_{tla}^2 + r\sigma_{tla}^2$	$\frac{Q_{TA}}{Q_{TLA}}$
L x A	(l-1)(a-1)	Q _{LA}	$\sigma^2 + r\sigma_{la}^2$	$\frac{Q_{LA}}{Q_R}$
T x L x A	(t-1)(l-1)(a-1)	Q _{TLA}	$\sigma^2 + r\sigma_{tla}^2$	$\frac{Q_{TLA}}{Q_R}$
Resíduo Médio	la(t-1)(r-1)	Q _R	σ^2	-

onde:

- t = número de tratamentos;
- r = número de repetições;
- l = número de locais;
- a = número de anos;
- Q_T = quadrado médio dos tratamentos;
- Q_{TL} = quadrado médio da interação tratamento x local;
- Q_{TA} = quadrado médio da interação tratamento x ano;
- σ^2 = variância do erro;
- Q_{TLA} = quadrado médio da interação tratamento x local x ano; cal. x ano;
- Q_R = quadrado médio do resíduo;
- σ_{tla}^2 = variância da interação tratamento com local;
- σ_{tla}^2 = variância da interação tratamento com ano;
- σ_{tla}^2 = variância da interação tratamento x local x ano;
- V_t = variância entre tratamentos.