

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE TRIGO  
RECOMENDADOS NO BRASIL**

**WAGNER PEREIRA REIS**

**Engenheiro Agrônomo**

**Orientador: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO**

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

**PIRACICABA**

**Estado de São Paulo - Brasil**

**Fevereiro - 1998**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP**

Reis, Wagner Pereira

Divergência genética entre cultivares brasileiros de trigo recomendados no Brasil /  
Wagner Pereira Reis. - - Piracicaba, 1998.  
77 p. : il.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.  
Bibliografia.

1. Análise multivariada 2. Divergência genética 3. Melhoramento genético vegetal  
4. Trigo 5. Variedade (Brasil) I. Título

CDD 633.11

## À DEUS

Por intermédio do Nosso Senhor **Jesus Cristo** o qual tem nos transformado pela renovação de nossas mentes e, temos experimentado a vossa boa, perfeita e agradável vontade, que por **Ele** todas as coisas são possíveis

## OFEREÇO

À minha querida e preciosa mãe: Sônia, pela fidelidade e perseverança e, ao meu pai Gabriel “in memoriam”.

Aos meus filhos amados: Pedro e Bruno, que sempre estiveram com os braços abertos e, ao André “in memoriam”,

## DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus familiares , professores, amigos e funcionários que direta e indiretamente orientaram, aconselharam, auxiliaram e se dispuseram na realização de meu treinamento, em especial.

Aos meus irmãos Ricardo, Gilmar e Rosana pelo apoio, incentivo e afeto dedicados.

Ao prof. Natal pela orientação, cordialidade e compreensão nas diversas fases deste treinamento.

Ao prof. Magno por sua presença constante em todas as etapas de minha vida profissional orientando, aconselhando, estimulando, acreditando e pela amizade paciente, especialmente nesta etapa.

Ao prof. Daniel que ativamente participou do projeto deste estudo elaborando o programa RXY utilizado, nas análises estatísticas e na orientação segura ao longo do mesmo.

Ao prof. César Augusto B.P. Pinto pelo auxílio teórico na produção do programa utilizado.

À Universidade Federal de Lavras, na pessoa de seus dirigentes, pela oportunidade de cursar o doutoramento e pelo apoio dispensado.

À CAPES/PICD pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Agricultura, seus professores, funcionários e amigos, especialmente ao prof. Rovilson José de Souza, então chefe do departamento, pelo constante apoio e compreensão, principalmente nas horas mais difíceis.

À EMBRAPA, em especial ao Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, por intermédio dos seus pesquisadores Aroldo Linhares e Cantídeo José de Souza, que tão gentilmente nos forneceu a genealogia dos cultivares de trigo, sementes para instalação do experimento e disposição de todos os dados necessários para a realização deste estudo.

Aos amigos e colegas do curso de Genética e Melhoramento de Plantas da ESALQ/USP pela agradável convivência.

Aos professores e funcionários do departamento de Genética da ESALQ/USP pelos ensinamentos e atenção dispensada.

Aos meus irmãos em Cristo, que intercederam por minha vida e para que DEUS me concedesse essa vitória, especialmente aos irmãos Marcelo e Nilma, meus intercessores, discipuladores e amigos.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
RESUMO .....	xi
SUMMARY .....	xiv
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Cultivares de trigo no Brasil .....	3
2.2 Divergência genética .....	10
2.3 Coeficiente de parentesco .....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	21
3.1 Coeficiente de parentesco entre cultivares de trigo no Brasil .....	21
3.2 Avaliação da divergência genética por meio de técnicas multivariadas .....	27
3.3 Análise dos dados .....	29
3.4 Variáveis canônicas .....	31
3.5 Análise de agrupamento .....	33

	Página
4 RESULTADOS .....	35
4.1 Avaliação da divergência genética por meio do coeficiente de parentesco ...	35
4.2 Avaliação da divergência genética por meio da análise multivariada .....	41
5 DISCUSSÃO .....	60
6 CONCLUSÕES .....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Dispersão gráfica dos escores do componente 1 (variável canônica 1) e do componente 2 (variável canônica 2) dos cultivares de trigo avaliados .....	51
2 Dendograma obtido pelo método do vizinho mais próximo (single linkage), a partir das distâncias de Mahalanobis, para os cultivares de trigo avaliados	52
3 Dendograma obtido pelo método do vizinho mais próximo (single linkage), a partir das distâncias Euclidianas, para os cultivares de trigo avaliados .....	53
4 Dendograma obtido pelo método de Ward, a partir dos coeficientes de parentesco, para os cultivares de trigo avaliados	54

## LISTA DE TABELAS

	Página
1 Cultivares de trigo recomendados no Brasil em 1996 e 1997 e cultivares marcantes no germoplasma brasileiro que foram avaliados neste estudo, seu ano de lançamento e genealogia dos mesmos .....	22
2 Média, variância e coeficiente de variação dos coeficientes de parentesco dos cultivares de trigo recomendados no Brasil nos anos de 1996 e de 1997	36
3 Resumo das análises de variância univariadas para os caracteres avaliados visando estimar a divergência genética entre alguns cultivares de trigo .....	42
4 Resultados médios de 13 características avaliadas visando estimar a divergência genética entre 20 cultivares de trigo .....	44
5 Matriz dos coeficientes de correlação fenotípico entre os caracteres avaliados experimentalmente no estudo de divergência genética entre alguns cultivares de trigo .....	46

6	Resultado do critério de Wilks na análise de variância multivariada para os 13 caracteres avaliados no ensaio com os cultivares de trigo, para o teste de hipótese de igualdade do efeito de cultivares .....	47
7	Variâncias, variâncias percentuais e variâncias acumuladas das variáveis canônicas obtidas a partir dos 13 caracteres avaliados, visando estimar a divergência genética entre alguns cultivares de trigo .....	48
8	Autovetores das duas variáveis canônicas principais, ou seja, aquelas que explicaram mais de 90% da variação total acumulada, no ensaio visando estimar a divergência genética de alguns cultivares de trigo .....	49
9	Coefficientes de correlação classificatória de Spearman entre as estimativas de dissimilaridade fornecidas pelo coeficiente de parentesco (f) e pelas distâncias multivariadas (d: distância Euclidiana e $D^2$ : distância generalizada de Mahalanobis), para os cultivares avaliados .....	55
10	Estimativas dos coeficientes de parentesco de Malécot (f), distâncias Euclidiana (d) e distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ) entre os cultivares de trigo avaliados experimentalmente .....	56

# **DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE TRIGO RECOMENDADOS NO BRASIL**

Autor: WAGNER PEREIRA REIS

Orientador: Prof. NATAL ANTONIO VELLO

## **RESUMO**

Entre as principais decisões que os melhoristas de trigo (*Triticum aestivum* L.) tomam constantemente, está a escolha dos genitores que darão origem às populações segregantes, nas quais são efetuadas seleções com o intuito de se extrair linhagens mais produtivas. Entre as metodologias disponíveis, aquelas que avaliam a divergência genética entre diferentes cultivares possibilitam inferências a esse respeito. Para obter informações sobre a divergência genética dos cultivares em recomendação no Brasil, foi conduzida esta pesquisa em duas etapas. Na primeira foram estimados os coeficientes de parentesco de 94 cultivares de trigo recomendados nos anos de 1996 e 1997 e mais cinco cultivares, que embora não sejam recomendados atualmente, foram utilizados como genitores de inúmeros cruzamentos que deram origem a várias linhagens importantes. Os coeficientes de parentesco ( $f$ ) foram estimados com o uso do programa RXY, sendo

obtidas também as estimativas do  $f$  médio para cada um dos cultivares envolvidos. Na segunda etapa, foi estimada a divergência genética utilizando marcadores morfológicos com o emprego de técnicas multivariadas. Para isso, 20 cultivares escolhidos em função das estimativas do  $f$  médio, foram avaliados a campo no ano agrícola de 1997, na área experimental da Universidade Federal de Lavras, em um experimento conduzido em blocos casualizados com três repetições. Nesse experimento foram obtidos os dados de 13 caracteres, ou sejam, comprimento das folhas (comp. folha), largura das folhas (larg. folha), comprimento das bainhas das folhas (comp. bai. fol.), altura das plantas (alt. planta), número de dias para o espigamento (espigamento) e para a maturidade, perfilhamento, comprimento do ráquis (comp. ráquis), número de espiguetas por espiga ( $n^\circ$  espig./espiga), número de grãos por espiguetas ( $n^\circ$  grãos/espiguetas), peso de 1000 grãos (peso 1000 gr.), peso hectolítrico (PH) e produtividade de grãos, em kg/ha. Com esses dados foram estimadas a distância Euclidiana e de Mahalanobis e, estabelecidos os respectivos dendogramas e o gráfico de dispersão dos agrupamentos com base nos escores das variáveis canônicas. Essas medidas de divergências foram comparadas com a do coeficiente de parentesco por meio de estimativas da correlação de Spearman. Concluiu-se que: o coeficiente de parentesco (genealogias) deve ser considerado apenas como critério auxiliar na seleção dos parentais, a qual deve ser baseada também nos caracteres agronômicos relevantes à adaptação das plantas aos ambientes de cultivo; o germoplasma brasileiro tem um nível adequado de divergência genética para assegurar sucesso com a seleção por médio a longo prazo; a melhor medida de dissimilaridade foi a distância de Mahalanobis quando comparada com a distância Euclidiana, observada devido às correlações detectadas entre os caracteres para os cultivares utilizados; não

houve concordância entre os métodos de estimação da divergência genética baseados nos coeficientes de parentesco (genealogias) e nas análises multivariadas (marcadores morfológicos) e, independentemente do método utilizado o germoplasma brasileiro pode ser classificado em três grupos distintos em divergência genética, embora cada método utilizado tenha apresentado alguns cultivares diferentes dentro de cada grupo.

# **GENETIC DIVERGENCE BETWEEN WHEAT CULTIVARS RECOMMENDED IN BRAZIL**

Author: WAGNER PEREIRA REIS

Adviser: Prof. NATAL ANTONIO VELLO

## **SUMMARY**

Among the main decisions the wheat (*Triticum aestivum* L. - spring wheat) plant breeders make constantly is the choice of parents that will give origin to the segregative populations in which the selections are done aiming to extract more yielding lines. Among the methodologies available, those which evaluate the genetic divergence between the different cultivars make inferences in this respect possible. To obtain information about the genetic divergence of the spring wheat cultivars recommended in Brazil, two studies were carried out in two phases. In the first, the parentage coefficients of 94 wheat cultivars recommended in Brazil were estimated in 1996 and 1997, plus five additional cultivars that, although are not currently recommended, were used as parents of several crossings that gave origin to several important lines. The parentage

coefficients (f) were estimated using the RXY program, also obtaining the estimates of the average f for each one of the cultivars involved. In the second phase, the genetic divergence was estimated using morphological markers employing multivariate techniques. For such, 20 cultivars chosen as a function of the estimates of the average f were evaluated in the field during the 1997 growing season, in the experimental area of the Federal University of Lavras, in an experiment carried out in randomized blocks with three replications. In this experiment, the data of 13 traits were obtained: leaf length and width, leaf sheath length, plant height, number of days to spike and maturity, tillering, rachis length, number of spikelets per spike, number of grains per spikelets, weight of 1,000 grains, hectoliter weight and productivity of grains, in kg/ha. With this data, the Euclidian and Mahalanobis distances were estimated and, the respective dendograms and grouping dispersion graph were established based on the canonic variable scores. These divergence measurements were compared to the parentage coefficient measurement through estimates of the Spearman's correlation. It was concluded that: the parentage coefficient (genealogies) should be considered only as an auxiliary criterion in parental selection, which should also be based on the agronomic traits relevant to the adaptation of the plants in the cultivation environments; the Brazilian germplasm has an adequate genetic divergence level to ensure a successful medium to long term selection; the best dissimilarity measurement was the Mahalanobis distance, when compared to the Euclidian distance, observed due to the correlations detected among the traits for the cultivars used; there was no agreement between the estimation of genetic divergence methods based on the parentage coefficients (genealogies) and on the multivariate analysis (morphological markers) and, independently from the method used, the Brazilian

germplasm can be classified in three distinct groups in terms of genetic divergence, although each method used have presented some different cultivars within each group.

## 1 INTRODUÇÃO

A produtividade de trigo no Brasil está por volta de 1700 kg/ha, trigo este denominado de primavera e, são recomendados anualmente, algumas dezenas de cultivares. Alguns deles, também participam dos programas de hibridação visando obter no futuro materiais mais promissores que venham suplantar os atuais patamares de produtividade.

Diante disto, uma das principais decisões que os melhoristas de trigo tomam constantemente, está a escolha dos genitores que hibridizados darão origem as populações segregantes, nas quais são efetuadas seleções com o intuito de se obter linhagens mais produtivas.

O que se espera em uma população segregante promissora é que esta associe média alta com grande variabilidade. Existem procedimentos que possibilitam prever o mais cedo possível a média das linhagens na geração  $F_{\infty}$  e, assim, identificar populações com maior potencial. O mais difícil é obter estimativas fidedignas da variância esperada entre essas linhagens originadas de um dado cruzamento.

Entre as metodologias disponíveis, aquelas que avaliam a divergência genética entre diferentes cultivares possibilitam obter inferências a esse respeito.

Genitores mais divergentes, quando cruzados, darão origem a populações segregantes com maior variabilidade.

Como medida da divergência genética há alguns procedimentos, tais como, marcadores moleculares (Autrique et al., 1996; Barbosa Neto et al., 1996; Cox et al., 1985 e Kim & Ward, 1997), uso de marcadores morfológicos associados a técnicas multivariadas (Ahmad et al., 1980; Cruz, 1990; Ferreira, 1993; Jaradat, 1991 e Viana et al., 1991) e medida dos coeficientes de parentesco (Autrique et al., 1996; Barbosa Neto et al., 1996; Kim & Ward, 1997; Martin et al., 1995; Toledo, 1992 e Vello et al., 1988).

As informações são restritas com relação ao parentesco dos cultivares atualmente recomendados, sobretudo porque a estimativa do parentesco entre cultivares envolve genealogias muito complexas e exige uma elevada quantidade de cálculos para a sua determinação. Essa informação do parentesco possibilita inferir sobre a diversidade genética dos cultivares de trigo brasileiros e aquilatar o potencial de sucesso nos futuros programas de hibridação e seleção.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de estimar o coeficiente de parentesco de cultivares de trigo em recomendação no Brasil, e também, para verificar a associação dessas estimativas com medidas de divergência genética baseada em marcadores morfológicos e avaliada por meio de técnicas multivariadas.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A revisão foi dividida em duas partes. Na primeira, foram abordados trabalhos sobre o histórico do melhoramento de trigo no Brasil e os cultivares que tiveram relevância no germoplasma brasileiro. Na segunda, foram destacados os trabalhos realizados visando conceituar o que vem a ser a divergência genética e suas aplicações, especialmente para o trigo. Adicionalmente, serão apresentadas algumas metodologias disponíveis para medir a divergência genética, com a aplicação direcionada preferencialmente, também, para esta cultura.

### **2.1 Cultivares de trigo no Brasil**

Cultivar “é uma designação comum aos indivíduos de uma mesma espécie de plantas que apresentam pequenas diferenças e obtidos por meio de cultivo” (Ferreira, 1975). Esta definição é dada segundo o dicionário da Língua Portuguesa, e dá a designação de indivíduos que serão nomeados segundo a instituição de melhoramento que o obteve.

Segundo a Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997, que instituiu a Lei de Proteção de Cultivares, no Artigo 3º e parágrafo IV, cultivar é: “a variedade de qualquer gênero ou espécie vegetal superior que seja claramente distinguível de outras cultivares conhecidas por margem mínima de descritores, por sua denominação própria, que seja homogênea e estável quanto aos descritores através de gerações sucessivas e seja de espécie passível de uso pelo complexo agroflorestal, resultante do melhoramento genético realizado pelo melhorista” (Biotecnologia, 1997).

Os primeiros cultivares de trigo foram obtidos no Brasil já no início do século, isto é, por volta de 1914. Um químico de nome Jorge Polyssu selecionou em Nova Tirol (PR), a partir de sementes provenientes de Guaporé (RS), um cultivar de trigo que foi denominado de ‘Polyssu’, também conhecido por ‘Ponta Grossa 142’. Levado para a Estação Experimental de Ponta Grossa (PR), este material foi submetido a nova seleção dando origem ao cultivar PG1, que é mantido até os dias atuais (Osório, 1982).

O estabelecimento da Estação Experimental de Ponta Grossa (PR) e da Estação Experimental de Alfredo Chaves (RS), no ano de 1920, marcou o início oficial do melhoramento genético do trigo no país (Lagos, 1983).

Segundo este último autor, Carlos Gayer introduziu em 1919 materiais de trigo das mais diferentes partes do mundo objetivando verificar a sua adaptação. Ao mesmo tempo, selecionou o material que encontrou nas lavouras, principalmente de pequenos produtores que imigraram da Itália. A partir de um trigo colonial denominado

‘Turco’, foram selecionadas as linhagens Alfredo Chaves, as quais foram posteriormente incorporadas nas genealogias de quase todos os cultivares até hoje cultivados no Brasil.

Ao que tudo indica, o trigo ‘Turco’ teria entrado nos Estados Unidos da América (EUA), levado por imigrantes, mais ou menos na mesma época que chegou ao Brasil (Paiva, 1943). Nos EUA recebeu a denominação ‘Turkey’. Esse material, constituiu-se na espinha dorsal da triticultura nas grandes planícies. A sua principal vantagem é a elevada tolerância à acidez do solo. Salienta-se que, provavelmente devido a essa tolerância, em todas as hibridações feitas no Brasil a partir desta época, pelo menos um dos genitores tem na sua genealogia o trigo ‘Turco’.

Destaque especial deve ser dado ao trabalho do geneticista sueco Iwar Beckman, que nos anos 20 cruzou as seleções ‘Polyssu’ e ‘Alfredo Chaves’, e selecionou famílias para a maior adaptação aos solos ácidos. Como fruto deste trabalho, destacam-se os cultivares Fronteira, Surpresa, Missões, Guarani, Minuano, SLG 242.30 e M5, lançados em 1934 e com enorme difusão. Salienta-se que o cultivar Fronteira participou da genealogia de importantes cultivares utilizados em todo o mundo (Osório, 1982).

Além dos trabalhos iniciais realizados no sul do país, em Belo Horizonte (MG), no então denominado Instituto Agrônomo de Belo Horizonte, os trabalhos iniciaram-se no ano de 1934. A principal contribuição foi a criação do cultivar BH 1146. Esse material tem sido utilizado, até os dias atuais, como uma das principais fontes de tolerância aos solos com problema de acidez. Destaque também para o ‘BH 546’ e o ‘Horto’, todos tendo em sua genealogia trigos coloniais provenientes do Rio Grande do

Sul. Deve ser ressaltado, que esse cultivar BH 1146, foi obtido por uma equipe de pesquisadores provavelmente sem muitos conhecimentos de genética e que tinha como um dos princípios a realização de grande número de hibridações por ano (Osório, 1982 e Sousa, 1994).

De maneira geral, além da característica de adaptação a solos ácidos, os materiais primitivos que eram cultivados no sul do país nessa época, possuíam porte elevado, ciclo longo, alta susceptibilidade à ferrugem do colmo e deficiência na granação. Esses problemas foram amenizados com a criação do cultivar Frontana em 1945 e, novas perspectivas se avisaram na triticultura naquela ocasião. O sucesso do cultivar Frontana deveu-se ao fato de reunir a boa adaptação do genitor Fronteira e a ampla aclimação do Mentana. Este cultivar Frontana possuía ciclo mais precoce e porte mais baixo que os demais disponíveis, vindo a ser cultivado em áreas de campo. Deste modo, o 'Frontana' contribuiu para o cultivo mecanizado, propiciando um aumento significativo na área de cultivo com o trigo. Levado para os programas de melhoramento da maioria dos países africanos, 'Frontana' entrou na genealogia de importantes cultivares e foi uma das grandes contribuições feitas à triticultura mundial (Osório, 1982).

Apesar da introdução do trigo no Brasil ter sido feita por São Paulo, seu cultivo não teve sucesso imediato nesse Estado, em razão dos cultivares distribuídos aos produtores quase sempre terem sido provenientes de importações diretas de materiais não adaptados às condições climáticas do Estado. De fato, Alcover (1972) afirma que foram

distribuídos aos agricultores, inclusive cultivares de trigo de inverno, os quais não chegavam nem a espigar.

Foi o Prof. Carlos Teixeira Mendes, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP de Piracicaba, que obteve os primeiros resultados positivos no Estado de São Paulo, já no ano de 1935. O sucesso ocorreu devido as introduções efetuadas da Índia, especialmente os cultivares Pusa 4 e Pusa 12, que mostraram boa adaptação. Além desses materiais, a introdução do ‘Frontana’, do Rio Grande do Sul, possibilitou incremento expressivo na área cultivada com trigo em São Paulo (Alcover, 1972).

Em 1937, no Instituto Agronômico de Campinas (IAC), foram realizados os primeiros cruzamentos com materiais introduzidos e adaptados provenientes dos Estados Unidos. O primeiro cultivar criado pelo IAC foi ‘Cacique’ (IAC 1), distribuído aos agricultores quase 30 anos após, em 1965. O cultivar de maior destaque do IAC, foi o IAC 5 - Maringá, lançado no ano de 1966, o qual foi recomendado em todos os estados onde se cultiva o trigo (Sousa, 1994). Esse cultivar possui excelente comportamento e amplitude de adaptação, tendo sido empregado nos programas de várias instituições brasileiras e mesmo estrangeiras, como do México (Lagos, 1983).

No início da década de 80, a prioridade do programa desse Estado era a criação de multilinhas, tendo por base os cultivares BH 1146, IAS 20 - Iassul do Instituto Agronômico do Sul (IAS), RS e os ‘Sonora 63’ e ‘Sonora 64’. Atualmente, o programa está concentrado no IAC, coordenado pelo Dr. Carlos Eduardo de Oliveira Camargo,

que desenvolveu vários cultivares de trigo nos últimos anos considerando os seguintes aspectos: resistência ao acamamento, ciclo precoce, resistência a pragas e doenças, tolerância à toxicidade de Al, Mn e Fe e eficiência na absorção de fósforo e, melhores qualidades nutritivas e tecnológicas (Camargo & Felício, 1986). Fruto desses trabalhos 16 cultivares de trigo do IAC foram recomendados nos anos de 1996 e 1997 no Brasil. Os trabalhos do IAC são realizados com estreita colaboração do Instituto Biológico e Instituto de Tecnologia de Alimentos, ambos de Campinas (SP).

Um marco expressivo no desenvolvimento da triticultura no Brasil foi o estabelecimento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e implantação do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), em Passo Fundo (RS), no ano de 1974. Essa instituição tem como meta coordenar todos os trabalhos com a cultura do trigo ao nível nacional e foi a responsável pela criação dos cultivares com a sigla CNT. Além do CNPT em Passo Fundo (RS), a EMBRAPA realiza trabalhos de melhoramento de trigo em Dourados (MS), em Londrina (PR) e em Brasília (DF) através do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (CPAC). Este centro coordena os trabalhos de trigo na região do Brasil Central (Minas Gerais, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso e Bahia). Ao longo dos anos, os cultivares lançados pela EMBRAPA foram substituídos pelos nomes de 'Trigo BR' ou 'EMBRAPA', materiais estes provenientes de cultivares introduzidos do exterior ou de genótipos obtidos pela instituição (Sousa, 1994).

Nesta mesma época, no ano de 1973, o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) conjuntamente com a EMBRAPA, em Londrina (PR), iniciou os trabalhos de melhoramento de trigo sob a liderança do Dr. Milton Alcover (Federizzi et al., 1997). Com a sigla IAPAR, os cultivares têm sido criados para cada região ecológica do Estado do Paraná, visando principalmente produtividade, boa qualidade industrial e resistência a pragas e doenças. Ressalta-se a importância do Estado na produção de trigo, respondendo por aproximadamente 90% da produção nacional desse cereal.

Outros programas de melhoramento localizados no sul do país devem ser destacados, como o de Júlio de Castilhos (RS), onde foram selecionados cultivares de grande rusticidade como os ‘Toropi’ (tardia com alta resistência a doenças), ‘Nobre’ e ‘Jacuí’ (Osório, 1982). Destacam-se também, os cultivares Anahuac e Jupateco 73, que foram introduzidos do México e alcançaram grande aceitação na lavoura comercial do Brasil (Souza & Sobrinho, 1983). Os outros programas que forneceram cultivares com siglas para as condições de cultivo do país foram: OCEPAR (Organização das Cooperativas do Estado do Paraná) atualmente denominada COODETEC (Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda.), CEP (Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa) em Cruz Alta (RS) (Sousa, 1994), e o IAS (Instituto Agronômico do Sul) criado em 1943 em Pelotas (RS), sob a liderança do Dr. Ady Raul da Silva, onde desenvolveu-se um programa de melhoramento de trigo de sucesso (Federizzi et al., 1997; Sousa, 1995, 1997a e 1997b).

Todas estas instituições e programas, visam a criação de cultivares com melhor desempenho agrônômico em cada área de produção do país. Colocando a disposição dos agricultores cultivares superiores e com maior estabilidade ao longo dos anos, este fato por si só, pode levar o país à autosuficiência na produção de trigo.

É interessante mencionar uma iniciativa da EMBRAPA-CNPT, que colocou à disposição de pesquisadores com trigo, um programa de computador denominado “Sistema de cultivares de trigo recomendados no Brasil”. Este programa emite relatórios de diferentes tipos, ou seja, por cultivar, por abreviatura, por número de linhagem, por período de lançamento, por tipo de material e por agrupamento especial. Este programa fornece a genealogia dos cultivares de trigo, dando subsídios para o estudo de diversidade e parentesco teórico entre os cultivares de trigo do Brasil.<sup>1</sup>

## 2.2 Divergência genética

Inicialmente, há que se ressaltar que a espécie dos cultivares de trigo utilizados no Brasil (*Triticum aestivum* L.) é alohexaplóide, proveniente do cruzamento natural entre uma espécie tetraplóide de trigo (*T. dicoccum* L.) e uma gramínea silvestre (*Aegilops squarrosa* L.), provavelmente uma forma anual diplóide, cujo produto, após sofrer uma duplicação cromossômica natural, deu origem ao trigo cultivado atualmente.

---

<sup>1</sup> Maiores informações contactar:  
EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT)  
Caixa Postal 569, CEP 99001-970, Passo Fundo (RS)  
E-Mail: postmaster@cnpt.embrapa.br

Espécies tetraplóides, por sua vez, foram originadas do cruzamento natural entre um espécie diplóide de trigo (*T. monococcum* L.) e uma gramínea silvestre (*Aegilops speltoides* L.), também diplóide, que após sofrer uma duplicação cromossômica natural, deu origem às mesmas. Dessa forma, o trigo alohexaplóide cultivado atualmente tem seus genomas designados por AABBDD, sendo que cada um deles veio de uma espécie diferente e, apresenta uma grande variabilidade e um considerável número de formas desenvolvidas (Soares Sobrinho & Souza, 1983). Provavelmente, o trigo cultivado no país apresenta uma diversidade genética esperada superior às espécies diplóides de plantas.

Deve-se enfatizar que os melhoristas de plantas dispõem atualmente de um elevado número de cultivares e/ou linhagens a sua disposição, para serem utilizados nos programas de hibridação. Para se ter uma idéia desse número, no caso da cultura de trigo, já no ano de 1976 haviam sido catalogados 14000 cultivares em todo o mundo (Zeven & Zeven-Hissink, 1976). Considerando ainda o número de entradas nos bancos de germoplasma, fica fácil de imaginar o número de combinações híbridas possíveis. Depreende-se, então, que como os recursos são finitos, a etapa de escolha dos genitores no programa de hibridação é fundamental para o seu sucesso, pois diminui os comprometimentos iniciais do programa de melhoramento e aumenta a probabilidade de obter genótipos superiores ao longo do mesmo.

Embora esse assunto seja amplamente pesquisado, ainda não há consenso sobre a melhor estratégia para escolher os genitores que darão origem às famílias

segregantes superiores. Baezinger & Peterson (1992), discutindo a esse respeito, classificaram os métodos de escolha dos genitores em duas categorias. A primeira envolve métodos que utilizam apenas as informações dos próprios genitores, como o desempenho médio, o coeficiente de parentesco e a divergência genética. A segunda categoria, utiliza as informações sobre o comportamento das famílias oriundas do cruzamento, nesse caso entre as várias alternativas estão os cruzamentos dialélicos. Nessa revisão o interesse principal é na primeira alternativa, sobretudo no emprego da divergência genética.

Considera-se que, quanto mais divergentes forem as linhagens envolvidas no cruzamento, maior deverá ser a proporção de locos segregantes e, conseqüentemente, mais ampla será a variação disponível ao melhorista. Vale ressaltar também que a heterose ( $H$ ) é fornecida pela expressão  $H = y^2 \cdot d$ , onde  $y$  é a medida da divergência genética (diferença nas freqüências alélicas dos genitores) e  $d$  o desvio do heterozigoto em relação à média dos homozigotos cruzados, sendo que  $d$  será diferente de zero quando ocorrer dominância (Falconer, 1987). Do exposto, desde que ocorra dominância no controle do caráter, a heterose do cruzamento será função da divergência genética entre os genitores.

Deste modo, a medida da divergência pode trazer importantes contribuições ao melhoramento. Na obtenção da divergência entre cultivares e/ou linhagens de trigo podem ser utilizados métodos baseados em coeficientes de parentesco em genealogias, marcadores morfológicos e fisiológicos, e marcadores moleculares com

o emprego de isoenzimas ou DNA (Autrique et al., 1996; Kim & Ward, 1997; Sristava & Nema, 1993). Desses, os menos onerosos são aqueles baseados em genealogias e os que empregam marcadores morfológicos. O coeficiente de parentesco em genealogias será comentado posteriormente em 2.3. Portanto, nesse tópico, será dada ênfase ao uso de marcadores morfológicos.

Para avaliar a divergência genética utilizando os marcadores morfológicos, deve-se anotar o maior número de caracteres dos materiais envolvidos. O problema está em utilizar toda essa informação simultaneamente, para se obter as estimativas da divergência. Isto é possível, com o emprego de estatística multivariada (Cruz, 1990 e Ferreira, 1993). Até bem pouco tempo, a realização de análise multivariada era difícil devido ao enorme número de cálculos envolvidos. Contudo, com as facilidades computacionais atuais, esse problema já não existe e o seu emprego é freqüentemente relatado (Ahmad et al., 1980; Cruz, 1990; Ferreira, 1993; Jaradat, 1991 e Viana et al., 1991).

Em princípio, é realizada uma análise de variância multivariada. Esta é semelhante a uma análise univariada, considerando contudo todas as variáveis simultaneamente. Inclusive, ela pode ser aplicada a qualquer tipo de delineamento experimental (Negriolo & Pierre, 1987). A mesma possibilita mostrar ao nível multivariado, se os materiais avaliados são diferentes e fornece subsídios para as posteriores análises de agrupamento.

A análise de agrupamento tem por finalidade classificar os cultivares ou genitores, em grupos distintos, a partir de algum critério de avaliação. Desse modo,

espera-se homogeneidade (similaridade) dentro e heterogeneidade (dissimilaridade) entre os grupos (Mardia et al., 1979 e Sneath & Sokal, 1973). Neste tipo de análise, algumas questões podem ser levantadas. Por exemplo: Qual a medida de dissimilaridade a ser utilizada? Qual o número de grupos desejados?

Cruz & Regazzi (1994) e Ferreira (1993) sugerem, dentre outras, as distâncias Euclidianas e de Mahalanobis ( $D^2$ ), como medidas de dissimilaridades. A adoção de uma destas medidas depende, entre outros fatores, das unidades amostrais avaliadas e da precisão das estimativas (Cruz, 1990).

A partir da estimativa da medida de similaridade entre os cultivares, procede-se à adoção de uma técnica de agrupamento para a formação dos conglomerados. Os métodos de agrupamento mais utilizados no melhoramento de plantas são o hierárquico e o de otimização (Cruz & Regazzi, 1994). Ferreira (1993) considera que o hierárquico baseia-se no princípio de que com  $n$  cultivares inicia-se a formação de  $n$  grupos, cada um com um cultivar; a partir de então, reúnem-se os dois cultivares mais similares (de menor distância), formando  $n-1$  grupos; os grupos remanescentes são combinados para formar  $n-2$  grupos, e assim por diante. Finalmente, um único grupo é formado contendo  $n$  cultivares, formando um diagrama de árvore ou dendograma. Este agrupamento, usando a menor distância, é denominado método do vizinho mais próximo (“single linkage method”). O inverso ocorre quando a distância entre dois grupos é definida como a máxima distância entre os pares, tomadas de cada grupo. Nesse caso o método é denominado de vizinho mais distante (“complete linkage

method”) (Johnson & Wichen, 1988). Além desses, outro método de agrupamento proposto é o de Ward (1963).

No caso do método hierárquico não há preocupação com o número ótimo de grupos, uma vez que o interesse maior está na “árvore” e nas “ramificações” obtidas. As delimitações podem ser estabelecidas por um exame visual do dendograma.

No método de otimização, a formação de grupos é realizada pela adequação de algum critério de agrupamento. O método de Tocher é um deles, onde se mantém a distância média intragrupo sempre inferior a qualquer distância intergrupo. Deste modo maximiza a variação intergrupo e minimiza a variação intragrupo.

A análise de variância pode ser utilizada no agrupamento, devido à simplicidade de cálculo e à sua utilidade nos testes de significância (Scott & Knott, 1974). Sua utilização como método de agrupamento obedece o seguinte critério: os cultivares são divididos em dois grupos compactos e o processo é repetido até que o dendograma seja formado. A divisão maximiza a soma de quadrados entre grupos e minimiza a soma de quadrados dentro dos grupos, utilizando a matriz de dissimilaridade entre as  $n$  cultivares (Edwards & Cavalli-Sforza, 1965).

Devido ao comportamento de cultivares ser alterado em função do ambiente, os estudos de divergência em que se baseiam em um único ambiente tem sido criticados. A interação genótipos x ambientes ( $G \times A$ ) pode prejudicar a consistência do agrupamento nos diferentes ambientes (Bainiwal & Jatasra, 1980; Jain et al., 1981).

De maneira geral, ao se fazer o agrupamento, as informações em nível de indivíduos são perdidas, restando apenas aquelas sobre a média dos grupos. Por isso, o uso do agrupamento dos genótipos ou cultivares com base nas dispersões em relação a eixos cartesianos, tem se apresentado como de grande utilidade em estudos de divergência genética. Isto explica a tendência de se realizar, simultaneamente, a análise de agrupamento por técnicas de conglomeração e por variáveis canônicas (Cruz, 1990).

A análise multivariada com base em variáveis canônicas foi relatada inicialmente por Rao (1952). Trata-se de um processo alternativo para a avaliação do grau de similaridade genética entre indivíduos. A identificação dos cultivares semelhantes ou não, é realizada por intermédio de gráficos de dispersão bi ou tridimensionais, e cada variável canônica é uma combinação linear das variáveis originais. Além disso, são independentes entre si e estimadas com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo da informação em termos de variação total, contida nos dados iniciais. Essa técnica, possui princípios semelhantes ao processo de agrupamento baseado na distância  $D^2$  de Mahalanobis (Cruz & Regazzi, 1994).

Na análise por variáveis canônicas são requeridos diversos caracteres, que são medidos nos diferentes cultivares, visando reproduzir a variabilidade total. De modo geral, parte desta variação pode ser avaliada em menor número de variáveis canônicas, mantendo quase a totalidade da informação existente quando os vários caracteres iniciais foram obtidos. Quando mais de 70% da variação entre os cultivares podem ser atribuídas às primeiras variáveis canônicas, os caracteres originais podem ser substituídos por estas

variáveis (Bock, 1975). Cruz & Regazzi (1994), entretanto, afirmam que este número deve ser acima de 80%, considerando o estudo da divergência genética por meio das distâncias geométricas entre indivíduos em gráficos de dispersão. Dessa forma, este estudo é concentrado na variabilidade disponível entre as primeiras variáveis.

Segundo Ferreira (1993), pode-se resumir os objetivos das variáveis canônicas em:

a) Resumir o número de caracteres em um grupo de variáveis independentes entre si, de menor dimensão e que possuam uma fácil explicação biológica.

b) Avaliar a importância de cada caráter e verificar a possibilidade de seu descarte. Isto, pode ser realizado por intermédio do coeficiente de correlação com cada variável canônica.

c) Construir índices que possibilitem o agrupamento de indivíduos.

d) Permitir o agrupamento de cultivares com o mais alto grau de similaridade, observando a dispersão gráfica no espaço bi ou tridimensional desses cultivares.

Diversos trabalhos visando determinar a divergência genética de cultivares e/ou genótipos de trigo têm sido relatados, estudos estes envolvendo os aspectos relatados neste tópico, destacando-se: análise de variância multivariada (Ahmad et al., 1980 e Jaradat, 1991), análise de agrupamento (Autrique et al., 1996; Gupta et al., 1996; Kim & Ward, 1997; Lee & Kaltsikes, 1973; Martin et al., 1995; Murphy et al., 1986; Van Beuningen & Busch, 1997 e Walia & Garg, 1996) e análise com base em variáveis

canônicas (Jaradat, 1991). Outra alternativa de avaliar divergência em trigo é através do coeficiente de parentesco, que será comentada em seguida.

### 2.3 Coeficiente de parentesco

O coeficiente de parentesco entre dois indivíduos ou cultivares é a probabilidade de que dois gametas tomados ao acaso, um de cada indivíduo, carreguem alelos que são idênticos por ascendência. Isso, se refere a dois indivíduos e expressa o grau de parentesco entre os genitores desses indivíduos (Falconer, 1987).

O coeficiente de parentesco ou coeficiente de Malécot, geralmente é expresso por  $f$ , sendo que primeiramente foi definido por Wright (1922), como sendo a correlação entre gametas que se unem. Essa definição segue a dada por Malécot (1948) e Crow (1954).

Utilizando esse coeficiente pode-se estimar a divergência genética entre diferentes cultivares. O valor do coeficiente de Malécot ( $f$ ) igual a zero ( $f = 0$ ) indica nenhum parentesco e máxima divergência. Parentesco igual a um ( $f = 1$ ) indica parentesco total e divergência genética nula. Divergência genética associada com média dos genitores poderão predizer combinações que resultem em cruzamentos superiores.

Diversos trabalhos têm sido realizados com o trigo visando determinar a divergência genética entre diferentes materiais, com a utilização do coeficiente de parentesco.

Estudando a divergência genética de vinte e dois cultivares de trigo dos Estados Unidos por meio da análise do coeficiente de parentesco, foram encontrados valores variando de 0,02 a 0,90 e com média de 0,21 (Kim & Ward, 1997). Barbosa Neto et al. (1996) testaram genótipos de trigo, num total de 53 experimentos, sendo conduzidos durante os anos de 1991 (17 experimentos), 1992 (6 experimentos), 1993 (10 experimentos) e 1994 (20 experimentos) em 8, 7, 12 e 11 locais diferentes, respectivamente. Setenta e nove cultivares foram agrupados em 22 classes, segundo os seus coeficientes. Os coeficientes variaram de 0,00 a 0,56 e sua média foi 0,09. Martin et al. (1995) encontraram coeficiente médio de 0,35 para um grupo de sete cultivares de trigo e Autrique et al. (1996) valor médio de 0,20 para 51 cultivares. Neste caso, os cultivares ficaram agrupados em quatro classes distintas. Nestes estudos, os cultivares foram analisados com base no coeficiente de parentesco e agrupados em classes distintas.

Destaque deve ser dado ao estudo da divergência genética de 270 cultivares de trigo. Destes, 47 cultivares foram provenientes do Canadá, 133 dos Estados Unidos da América e 90 do México. A análise de agrupamento baseada na matriz do coeficiente de parentesco mostrou 20 classes diferentes de cultivares. Foi apresentada a representação tridimensional da distância interclasses resultante da análise de coordenadas principais, usando a matriz do coeficiente de parentesco médio (Van Beunigen & Busch, 1997).

Usando o coeficiente de parentesco de Malécot, Picardi et al. (1992a) investigaram a divergência genética de trigo comparando a distância por meio de

genealogias, caracteres agronômicos e bioquímicos. Não foi observada correlação entre as distâncias na determinação da diversidade genética.

Outros trabalhos objetivando estudar a diversidade genética entre genótipos de trigo, utilizando o coeficiente de parentesco, foram encontrados nesta revisão. De modo geral, os pesquisadores sugerem a utilização da divergência genética visando a seleção de genitores nos programas de melhoramento, procurando aumentar a base genética. No entanto, a utilização dos coeficientes de parentesco e das distâncias multivariadas não foram correlacionados para determinar a divergência dos materiais estudados (Cox & Murphy, 1990; Jost et al., 1988; Martinov, 1989; Mercado et al., 1996; Moser & Lee, 1994; Picardi et al., 1992b; Sorrels et al., 1995 e Souza et al., 1994).



TABELA 1 - Cultivares de trigo recomendados no Brasil em 1996 e 1997 e cultivares marcantes no germoplasma brasileiro que foram avaliados neste estudo, seu ano de lançamento e genealogia.

	Cultivar	Ano de lançamento	Genealogia
1	Anahuac 75 <sup>mg</sup>	1981	II 12.300//Lerma Rojo 64/8156/3/Norteno 67
2	BH 1146 <sup>mg</sup>	1955	PG 1//Fronteira/Mentana
3	Candeias	1982	Cardenal//Sonora 64/Klein Rendidor
4	CEP 11	1984	PF 6968*2/Hadden
5	CEP 14 - Tapes	1985	PEL 72380/Arthur 71
6	CEP 24 - Industrial	1992	BR 3/CEP 7887//CEP 7775/CEP 11
7	CEP 27 - Missões	1995	CEP 8057/Butuí//CEP 8324
8	COODETEC 101	1997	AU/UP 301//Maitaca
9	EMBRAPA 10-Guajá	1992	CNT 8*3/Sonora 64
10	EMBRAPA 15	1992	CNT 10/BR 5//PF 75172/Sel Tifton 72-59
11	EMBRAPA 16	1992	Hulha Negra/CNT 7//Amigo/CNT 7
12	EMBRAPA 21 <sup>mg</sup>	1993	PAT 10/Alondra Sib//Veery 5
13	EMBRAPA 22 <sup>mg</sup>	1993	Veery Sib/3/Klto Sib/Pat 19//MO/Jupateco 73
14	EMBRAPA 24	1993	Tifton 72-59 sel/PF 79763/3/Nobeoka Bozu/3 * LD//B 7908
15	EMBRAPA 27	1993	PF 83743/5/PF 83182/4/CNT 10 * 4//LV * 5/Agá/3/LD * 4/Agent//LD * 3/NBAY
16	EMBRAPA 40	1995	PF 7650/NS 18-78//CNT 8/PF 7577
17	EMBRAPA 41 <sup>mg</sup>	1995	PF 813/Polo 1
18	EMBRAPA 42	1995	LAP 689/MS 7936
19	EMBRAPA 49	1996	BR 35/PF 83619//PF 858/PF 8550
20	EMBRAPA 52	1996	Hulha Negra/CNT 7//Amigo/CNT 7
21	EMBRAPA 119	1997	PF 82252/BR 35//IAPAR 17/PF 8550
22	EMBRAPA 120	1997	PF 83899/PF 813//F 27141
23	FUNDACEP 29	1997	BR 23/CEP 8423//Buc Sib
24	IAC 5 - Maringá	1966	Frontana/Kenya 58//PG 1
25	IAC 13 - Lorena	1977	Ciano 67/IAS 51
26	IAC 18 - Xavantes	1979	BH 1146 * 4/S 12
27	IAC 24 - Tucuruí <sup>mg</sup>	1982	IAS 51/IRN 597-70
28	IAC 27 - Pantaneiro	1987	Sonora 63 * 2/Lagoa Vermelha
29	IAC 60 - Centenário	1987	IRN 33-70/IAC 5
30	IAC 120 - Curumí	1992	IRN 33-70/IAC 5
31	IAC 227 - Anhumas	1990	CNT 9/BH 1146
32	IAC 231 - Kalypso	1996	Desconhecido
33	IAC 286 - Takaoka	1992	IAC 5/IRN 559-75

(Continua ...)

TABELA 1 - Cultivares de trigo recomendados no Brasil em 1996 e 1997 cultivares marcantes no germoplasma brasileiro que foram avaliados neste estudo, seu ano de lançamento e genealogia.

	Cultivar	Ano de lançamento	Genealogia
34	IAC 287 - Yaco	1990	Him/Cocorague 75//Nacozari 76/Yaco Sib
35	IAC 289 - Marruá	1992	Kavkaz/Buho Sib//Kalyan/Blue Bird, Veery 5, Seri 82
36	IAC 350 - Goiapa	1996	Desconhecido
37	IAC 1001 - Guil <sup>td</sup>	1996	Desconhecido
38	IAC 1002 - Graal <sup>td</sup>	1996	Desconhecido
39	IAC 1003 - Gallareta <sup>td</sup>	1996	Desconhecido
40	IAPAR 6 - Tapejara	1982	Desconhecido
41	IAPAR 17 - Caeté	1986	Jupateco 73/Bluejay Sib
42	IAPAR 28 - Igapó	1988	Kavkaz/Buho Sib//Kalyan/Blue Bird, Veery 3, Genaro F 81
43	IAPAR 29 - Cacatú	1988	Bluejay Sib/Jupateco 73, Opata 85
44	IAPAR 41 - Tamacoré	1990	Tifton/Mascarenhas//Kavkaz/HD 2009
45	IAPAR 42 - Ibiara	1990	CEP 7779//MR Sib/Cocoraque 75
46	IAPAR 46	1991	Mascarenhas/Alondra Sib//IAC 5
47	IAPAR 47	1991	Kavkaz/Tanori 71//Tito Sib/Chat Sib
48	IAPAR 53	1992	Sulino/IA 7929
49	IAPAR 60	1993	Bluejay Sib/Jupateco 73//Tanager Sib
50	IAPAR 78	1996	Veery Sib/Bobwhite Sib
51	Jupateco 73	1978	II 12300//Lerma Rojo 64/8156/3/Norteno 67
52	Manitoba 97	1997	Veery 5/Panda
53	MG 1 <sup>mg</sup>	1986	IAS 64/Aldan Sib
54	OCEPAR 7 - Batuira	1984	TZPP * 2/Andes E 64//Inia/3/Ciano/Jaral 66//Kavkaz/Kea Sib
55	OCEPAR 10 - Garça	1984	IAC 5/Aldan Sib
56	OCEPAR 12 - Maitaca	1985	PF 71124/PAT 72162
57	OCEPAR 14	1988	IAS 64/Aldan Sib/6/Coc 75/5/Pichon/4/KT 54 * 2/N 10B//K 54B/3/NAR 59
58	OCEPAR 15	1988	CNT 7//Kavkaz/Buho Sib/3/PEL 72390
59	OCEPAR 16	1989	Siskin Sib/Veery Sib
60	OCEPAR 17	1989	Kalyan/Blue bird//Alondra Sib/B 7408
61	OCEPAR 18	1990	Kavkaz/Buho Sib//Kalyan/Blue bird, Veery Sib
62	OCEPAR 19	1990	Alondra Sib/Pavon Sib

(Continua ...)

TABELA 1 - Cultivares de trigo recomendados no Brasil em 1996 e 1997 e cultivares marcantes no germoplasma brasileiro que foram avaliados neste estudo, seu ano de lançamento e genealogia.

	Cultivar	Ano de lançamento	Genealogia
63	OCEPAR 21	1992	CEP 11/4/Kalyan/Blue bird//Cajeme Sib/3/Alondra Sib
64	OCEPAR 22	1994	Kalyansona/Blue bird//Cajeme Sib/3/Alondra Sib/4/RS 3
65	OCEPAR 23	1996	IAC 5/Aldan Sib//CEP 7780
66	OR 1	1996	EMBRAPA 27 Sib/Bagula Sib
67	OR Juanito	1995	CAR 853/Cocoraque//Veery Sib/Bobwhite Sib
68	Panda	1989	IDS 1528/SA 45//Paraguai 281
69	Peladinho	1978	Desconhecido
70	RS 1 - Fenix	1984	PF 70100/J 15157-69
71	RS 8 - Whestphalen	1991	CNT 10/Burgas 2//Jacuí
72	Trigo BR 10 Formosa	1983	D 6301/Nainari 60//Weique/Red Mace/3/Ciano * 2/Chris, Aldan 45 Sel
73	Trigo BR 11 - Guaraní	1984	Bluebird//Tobari 66/8156
74	Trigo BR 15	1985	IAS 54 * 2/Tokai 80//PF 69193
75	Trigo BR 17 - Caiuá	1986	Tezanos Pinto Precoz//IRN 46/Ciano/3/II 64-27
76	Trigo BR 18 - Terena	1986	D 6301/Nainari 60//Weique/Red Mace/3/Ciano * 2/Chris, Aldan Sib
77	Trigo BR 20 - Guató	1987	BH 1146 * 3/Alondra Sib
78	Trigo BR 21 - Nhandeva	1987	Cajeme 71/PF 70553
79	Trigo BR 23	1987	Corre Caninos/Alondra Sib/3/IAS 54-20/Catiporã//CNT 8
80	Trigo BR 24 <sup>mg</sup>	1988	IAS 58 * 2/Eagle
81	Trigo BR 25	1988	BH 1146 * 3/Alondra Sib
82	Trigo BR 26 - São Gotardo <sup>mg</sup>	1988	Kavkaz/Buho Sib//Kalyan/Blue bird, Veery Sib
83	Trigo BR 29 - Javaé		Siskin Sib/Pavon Sib
84	Trigo BR 30 - Cadiué	1988	Ciano/8156/Tob/Ciano/4/No/3/II 12300//LR 64/8156/5/Pun Sib
85	Trigo BR 31 - Mirití	1988	Kavkaz/Buho//Kalyan/Blue bird, Veery 1, Glennson 81

(Continua ...)

TABELA 1 - Cultivares de trigo recomendados no Brasil em 1996 e 1997 e cultivares marcantes no germoplasma brasileiro que foram avaliados neste estudo, seu ano de lançamento e genealogia.

	Cultivar	Ano de lançamento	Genealogia
86	Trigo BR 32	1988	IAS 60/Indus//IAS 62/3/Alondra Sib/4/IAS 59
87	Trigo BR 33 - Guará	1989	Buck buck Sib/Bluejay Sib
88	Trigo BR 34	1989	ALZ 110/2 * IAS 54/6/TP/4/TZPP/Sonora 64//Napo/3/Ciano/5/PF 6968
89	Trigo BR 35	1989	IAC 5 * 2/3/CNT 7 * 3/Londrina//IAC 5/Hadden
90	Trigo BR 36 - Ianoma- mi	1990	Jupateco 73 * 3/Amigo
91	Trigo BR 38	1990	IAS 55 * 4/Agent//IAS 55 * 4/CI 14123
92	Trigo BR 40 - Tuica	1991	Anahuac 75/Huacamayo Sib
93	Trigo BR 41 - Ofai	1991	BH 1146 * 6/Alondra
94	Trigo BR 42 - Nambi- quara	1991	Jupateco 73 * 6//Lagoa Vermelha * 5/ Agatha
95	Frontana <sup>d</sup>	1940	Fronteira/Mentana
96	Jacui <sup>d</sup>	1973	S 8/Toropi
97	PG 1 <sup>d</sup>	1924	Seleção Polyssu
98	Sonora 64 <sup>d</sup>	1975	Yaktana 54/Norin 10 B//2 * Yaqui 54
99	Toropi <sup>d</sup>	1965	Petiblanco 8//Frontana 1971-37/Quaderna A

d - Cultivares destaques/marcantes no germoplasma brasileiro.

mg - Cultivares recomendados no Estado de Minas Gerais.

td - Cultivares de trigo duro (*Triticum durum* L. - tetraplóides)

- Demais cultivares

Os coeficientes foram obtidos com o uso do programa RXY: Sistema para cáculo de parentesco de Malécot (Ferreira & Zambaldi, 1997). O programa RXY utilizado neste trabalho, e os arquivos das genealogias e dos coeficientes de parentesco entre os 99 cultivares recomendados no Brasil, estão em disquete anexo. A rotina para utilizar o RXY está inserida no manual do mesmo.

As genealogias dos cultivares de trigo (Tabela 1) foram obtidas junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Trigo da EMBRAPA, Passo Fundo (RS), do programa “Sistema de cultivares de trigo recomendados no Brasil” e complementadas utilizando informações relativas na literatura (Kohli, 1986; Lagos, 1983; Osório, 1982; Sousa, 1994; Sousa, 1995; Sousa, 1997a; Sousa, 1997b; Souza & Sobrinho, 1983 e Zeven & Zeven-Kissink, 1976). A partir do momento em que não foi encontrado registro da genealogia de um determinado cultivar, o mesmo foi considerado como desconhecido.

As genealogias apresentadas seguem o mesmo critério utilizado pelo CIMMYT (Centro Internacional de Pesquisa de Milho e Trigo), que é o seguinte: na simbologia dos cruzamentos foram usados os sinais /, //, /3/, ..., /X/ indicando a ordem que os cruzamentos foram realizados. Os retrocruzamentos estão simbolizados com um asterisco (\*) e o número indica quantas vezes foi utilizado o genitor recorrente. Exemplificando, observe o cultivar de nº 74 da Tabela 1, cultivar Trigo BR 15 lançado em 1985 e com genealogia IAS 54 \* 2/Tokai 80//PF 69193. Os cruzamentos que deram origem ao cultivar foram:

- IAS 54 x Tokai 80 e retrocruzado com IAS 54

IAS 54 x (IAS 54 x Tokai 80)

- Este produto de cruzamento foi cruzado com a linhagem de Passo Fundo PF 69193.

[IAS 54 x (IAS 54 x Tokai 80)] x PF 69193 = Trigo BR 15

O cultivar da esquerda foi utilizado como fêmea e da direita como macho.

As abreviações dos cultivares e/ou linhagens das genealogias normalmente podem ser encontradas na literatura citada anteriormente, juntamente com o trabalho apresentado por McCuistion (1972).

### **3.2 Avaliação da divergência genética por meio das técnicas multivariadas**

A divergência genética foi estimada utilizando-se 20 cultivares dentre os 99 relatados na Tabela 1. Eles foram selecionados a partir das estimativas dos coeficientes de parentesco de maior variação e mais cinco cultivares com contribuição expressiva para a triticultura brasileira.

O experimento com os 20 cultivares (Tabela 4) foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Lavras (MG), com semeadura no mês de maio de 1997, sob regime de cultivo irrigado em um solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo corrigido de acordo com a análise do solo, seguindo as recomendações da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo durante todo o ciclo da cultura (EMBRAPA, 1996).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições, composto por parcelas de cinco fileiras de 5 m x 0,20 m. A área útil da parcela foi constituída pelos 4 m centrais das três fileiras intermediárias, totalizando 2,4 m<sup>2</sup> de área útil. Duas fileiras laterais e 0,5 m nas extremidades das parcelas foram consideradas como bordadura de parcela.

Os seguintes caracteres foram avaliados utilizando basicamente os procedimentos apresentados por Cavariani & Souza (1983) e Scheeren (1984):

- a) Índice de perfilhamento (a partir de agora denominado perfilhamento): foi obtido a partir de dois metros lineares de fileira útil, determinando-se o estande inicial e o número de perfilhos por ocasião da colheita, obtendo o perfilhamento dos cultivares na base de número médio de perfilhos por planta germinada.
- b) Espigamento (em dias): duração do subperíodo da emergência ao espigamento, ou seja, quando 50% das espigas estavam fora da bainha da folha bandeira.
- c) Maturidade (em dias): número de dias da emergência à maturidade de colheita (grãos com umidade próxima a 13%).
- d) Altura média da planta (cm): foram medidas as alturas de dez plantas competitivas nas parcelas, desde o solo até o ápice das espigas, excetuando-se as aristas e, posteriormente, calculada a altura média; as alturas foram determinadas 30 dias após o espigamento, ocasião que as plantas atingiram altura máxima.
- e) Comprimento da folha (cm): foram medidos os comprimentos do limbo foliar da folha bandeira de dez plantas competitivas de cada parcela, por ocasião da maturidade fisiológica.
- f) Largura da folha (cm): obtida da largura da folha bandeira de dez plantas competitivas na parcela, por ocasião da maturidade fisiológica.
- g) Comprimento da bainha da folha (cm): foram medidos os comprimentos da bainha do colmo principal em dez plantas de cada parcela, por ocasião da maturidade fisiológica.

- h) Comprimento do ráquis (cm): tomados em dez perfilhos, indo desde a inserção da espiguetas inferior até o final do ráquis, na maturidade.
- i) Número de espiguetas por espiga (denominado n° espig./espiga): foi contado o número de espiguetas de dez espigas do colmo principal de cada parcela.
- j) Número de grãos por espiguetas (denominado n° grãos/espig.): foi obtido o número de grãos de cinco espiguetas do terço médio de cinco espigas, tomadas ao acaso de plantas competitivas de cada parcela.
- k) Peso hectolitro (PH): foi determinado o peso hectolitro (PH) de uma amostra de 0,2 l de grãos da área útil de cada parcela.
- l) Peso de 1000 grãos (peso 1000 gr): foram contados 1000 grãos de trigo produzidos na área útil de cada parcela e determinado o peso em gramas.
- m) Produtividade (kg/ha): foi obtido o peso de grãos na área útil de 2,4 m<sup>2</sup> de cada parcela, posteriormente transformados para produtividade em kg/ha.

Os caracteres avaliados com base em uma amostra de dez plantas da área útil da parcela, foram representados pela média aritmética dos dez valores obtidos.

### 3.3 Análise dos dados

Todos os caracteres foram submetidos à análise de variância univariada, seguindo o modelo estatístico:

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

sendo que:

$Y_{ij}$ : valor observado na unidade experimental referente ao  $i$ -ésimo cultivar do  $j$ -ésimo bloco;

$m$ : média geral do experimento;

$t_i$ : efeito do  $i$ -ésimo cultivar,  $i = 1, 2, \dots, 20$ ;

$b_j$ : efeito do  $j$ -ésimo bloco,  $j = 1, 2, 3$ .

$e_{ij}$ : erro experimental referente ao  $i$ -ésimo cultivar do  $j$ -ésimo bloco, onde  $e_{ij} \cap N(0, \sigma^2)$ .

As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Scott & Knott (1974).

Posteriormente, foi efetuada a análise de variância multivariada, adotando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m_k + t_{ik} + b_{jk} + e_{ijk}$$

sendo que:

$Y_{ijk}$ : valor observado na unidade experimental referente ao  $i$ -ésimo cultivar do  $j$ -ésimo bloco para o  $k$ -ésimo caráter;

$m_k$ : média geral do experimento para o  $k$ -ésimo caráter;

$t_{ik}$ : efeito do  $i$ -ésimo cultivar para o  $k$ -ésimo caráter;

$b_{jk}$ : efeito do  $j$ -ésimo bloco para o  $k$ -ésimo caráter;

$e_{ijk}$ : erro experimental referente ao  $i$ -ésimo cultivar do  $j$ -ésimo bloco associado ao  $k$ -ésimo caráter; onde  $e_{ijk}$  são considerados independentes, com distribuição

multinormal, com vetor média zero e a matriz de covariância  $\Sigma$ ,  $i = 1, 2, \dots, 20$ ;  $j = 1, 2, 3$  e  $k = 1, 2, \dots, 13$ .

Utilizou-se o critério de Wilks, citado por Gomes (1987), para verificar se houve diferenças entre os vetores médios dos cultivares, que é dado por:

$$\lambda = \frac{\text{Det}(E)}{\text{Det}(E + H)}$$

sendo que:

Det(E): determinante da matriz E;

E: matriz de soma de quadrados e produtos residuais;

Det(E+H): determinante da matriz E+H;

H: matriz de soma de quadrados e produtos entre cultivares.

### 3.4 Variáveis canônicas

A partir da análise da variância multivariada foram obtidas as somas de quadrados e produtos E e a relativa aos cultivares, T.

Na técnica de variáveis canônicas pode-se reduzir os k caracteres a um novo conjunto, que são combinações lineares das variáveis originais, que são não correlacionadas entre si.

As variáveis canônicas podem ser representadas da seguinte maneira:

$$Y_1 = a_{11}X_{11} + a_{12}X_{12} + \dots + a_{1k}X_{1k};$$

$$Y_2 = a_{21}X_{21} + a_{22}X_{22} + \dots + a_{2k}X_{2k};$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots$$

$$Y_k = a_{k1}X_{k1} + a_{k2}X_{k2} + \dots + a_{kk}X_{kk};$$

sendo que:

a.  $\text{Var}(Y_r) = \lambda_r$ ;

b.  $\text{Cov}(Y_r, Y_p) = 0, r \neq p$ ;

c. A ordem das variáveis é dada por:  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \geq \lambda_k \geq 0$ .

A importância de cada variável canônica (%  $V_r$ ) é dada pela razão:

$$\%V_r = \frac{\lambda_r}{\sum_{r=1}^k \lambda_r}$$

No estudo da divergência genética, adotou-se o número de variáveis canônicas necessário para explicar o mínimo de 80% da variação entre os cultivares de trigo. Os escores das variáveis canônicas selecionadas foram calculados e dispostos em planos cartesianos para a análise preliminar dos grupos.

### 3.5 Análise de agrupamento

Como medidas de dissimilaridade foram utilizados os coeficientes de parentesco e as distâncias Euclidiana, a partir dos dados padronizados, e as distâncias de Mahalanobis.

A distância Euclidiana, é fornecida por:

$$d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^P \left( (X_{ik} - X_{jk}) / S_k \right)^2 \right]^{1/2}$$

sendo que:

$d_{ij}$ : distância Euclidiana média entre os cultivares i e j;

$X_{ik}$ : média do k-ésimo caráter relacionado com o i-ésimo cultivar;

$X_{jk}$ : média do k-ésimo caráter relacionado com o j-ésimo cultivar;

$S_k$ : desvio padrão do k-ésimo caráter.

A distância de Mahalanobis, é fornecida por:

$$D_{ij}^2 = (X_i - X_j) \cdot E^{-1} \cdot (X_i - X_j)$$

sendo que:

$X_i$  e  $X_j$ : vetores médios associados ao cultivar i e j, respectivamente;

E: matriz da soma de quadrados e produtos residuais entre caracteres;

$E^{-1}$ : matriz inversa de E.

Para a delimitação dos grupos, foi usado inicialmente o método hierárquico aglomerativo do “vizinho mais próximo” proposto por Johnson & Wichern (1988) para as distâncias de Mahalanobis e Euclidiana e, o de Ward (1963) para o coeficiente de parentesco, que minimiza a variação intragrupos e maximiza a variação entre grupos.

A medida da associação das técnicas utilizadas em estimar a divergência genética foi estimada por meio da correlação de Spearman (Steel & Torrie, 1980).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Avaliação da divergência genética por meio do coeficiente de parentesco

As estimativas obtidas para os coeficientes de parentesco entre os cultivares de trigo recomendados no Brasil nos anos de 1996 e 1997 e cinco cultivares adicionais com participação expressiva no germoplasma brasileiro, estão apresentadas na Tabela 2. Também, estão apresentadas, as estimativas dos coeficientes de parentesco entre os 20 cultivares avaliados a campo, juntamente com as distâncias Euclidiana e de Mahalanobis, na Tabela 10.

Deve ser destacado que esta pesquisa só pode ser conduzida com o auxílio do programa RXY. Esse programa foi gentilmente elaborado por D.F. Ferreira<sup>1</sup>. O RXY é um programa bastante interativo e de fácil aplicação prática, pode ser usado por qualquer usuário de microcomputadores para estimar os coeficientes de parentesco entre cultivares de plantas autógamas e alógamas de forma precisa, mesmo que apresentem genealogias mais complexas.

---

<sup>1</sup> DANIEL FURTADO FERREIRA (E-Mail: [danielff@ufla.br](mailto:danielff@ufla.br)), Fone: (035) 829-1369. Professor do Departamento de Ciências Exatas/Universidade Federal de Lavras - Campus UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras-MG.

TABELA 2 - Média, variância e coeficiente de variação dos coeficientes de parentesco dos cultivares de trigo recomendados no Brasil nos anos de 1996 e de 1997.

Cultivares	Média $\bar{X}_f$	Variância $\sigma_f^2$	CV <sub>f</sub> (%)
Anahuac 75	0,0670	0,0178	199,1
BH 1146	0,1456	0,0541	159,7
Candeias	0,0429	0,0112	246,6
CEP 11	0,0647	0,0152	190,5
CEP 14 - Tapes	0,0114	0,0102	885,9
CEP 24 - Industrial	0,0439	0,0111	239,9
CEP 27 - Missões	0,0289	0,0101	346,0
COODETEC 101	0,0107	0,0101	939,2
EMBRAPA 10 - Guaja	0,0838	0,0141	141,7
EMBRAPA 15	0,0593	0,0120	184,7
EMBRAPA 16	0,0450	0,0117	240,3
EMBRAPA 21	0,0233	0,0109	448,0
EMBRAPA 22	0,0413	0,0113	257,3
EMBRAPA 24	0,0427	0,0106	241,1
EMBRAPA 27	0,0624	0,0140	189,6
EMBRAPA 40	0,0395	0,0109	264,3
EMBRAPA 41	0,0476	0,0116	226,2
EMBRAPA 42	0,0297	0,0101	338,3
EMBRAPA 49	0,0997	0,0212	146,0
EMBRAPA 52	0,0450	0,0119	241,4
EMBRAPA 119	0,0810	0,0140	146,0
EMBRAPA 120	0,0430	0,0105	238,3
FUNDACEP	0,0341	0,0110	307,5
IAC 5 - Maringá	0,1374	0,0401	145,7
IAC 13 - Lorena	0,0442	0,0115	242,6
IAC 18 - Xavantes	0,1443	0,0522	158,3
IAC 24 - Tucuruí	0,0194	0,0112	545,5
IAC 27 - Pantaneiro	0,0773	0,0127	145,7
IAC 60 - Centenário	0,0788	0,0200	179,4
IAC 120 - Curumí	0,0788	0,0200	179,4
IAC 227 - Anhumas	0,1186	0,0331	153,4
IAC 231 - Kalypso	0,0101	0,0101	995,0
IAC 286 - Takaoka	0,0763	0,0185	178,2
IAC 287 - Yaco	0,0360	0,0104	283,2
IAC 289 - Marruá	0,0210	0,0111	501,7
IAC 350 - Goiapa	0,0101	0,0101	995,0

(Continua...)

TABELA 2 - Média, variância e coeficiente de variação dos coeficientes de parentesco dos cultivares de trigo recomendados no Brasil nos anos de 1996 e de 1997.

Cultivares	Média $\bar{X}_f$	Variância $\sigma_f^2$	CV <sub>f</sub> (%)
IAC 1001 - Guil	0,0101	0,0101	995,0
IAC 1002 - Graal	0,0101	0,0101	995,0
IAC 1003 - Gallaneta	0,0101	0,0101	995,0
IAPAR 6 - Tapejara	0,0101	0,0101	995,0
IAPAR 17 - Caeté	0,0760	0,0193	182,8
IAPAR 28 - Igapó	0,0210	0,0111	501,7
IAPAR 29 - Cacatú	0,0555	0,0135	209,3
IAPAR 41 - Tamacoré	0,0356	0,0103	285,0
IAPAR 42 - Ibiara	0,0529	0,0115	202,7
IAPAR 46	0,1044	0,0214	140,1
IAPAR 47	0,0384	0,0104	265,5
IAPAR 53	0,0281	0,0101	355,8
IAPAR 60	0,0438	0,0124	254,2
IAPAR 78	0,0223	0,0118	487,1
Jupateco 73	0,0853	0,0319	209,3
Manitoba 97	0,0227	0,0129	500,3
MG 1	0,0531	0,0122	208,0
OCEPAR 7 - Batuira	0,0362	0,0101	277,2
OCEPAR 10 - Garça	0,0827	0,0194	168,4
OCEPAR 12 - Maitaca	0,0104	0,0101	966,3
OCEPAR 14	0,0570	0,0112	185,6
OCEPAR 15	0,0282	0,0103	359,8
OCEPAR 16	0,0202	0,0119	540,0
OCEPAR 17	0,0282	0,0108	368,5
OCEPAR 18	0,0276	0,0114	386,8
OCEPAR 19	0,0506	0,0114	211,0
OCEPAR 21	0,0527	0,0131	217,1
OCEPAR 22	0,0452	0,0103	224,5
OCEPAR 23	0,0673	0,0140	175,8
OR 1	0,0388	0,0125	288,1
OR Juanito	0,0329	0,0111	320,2
Panda	0,0251	0,0133	459,4
Peladinho	0,0101	0,0101	995,0
RS 1 - Fenix	0,0223	0,0106	461,6
RS 8 - Westphalen	0,0716	0,0161	177,2
Trigo BR 10 - Formosa	0,0300	0,0116	359,0

(Continua...)

TABELA 2 - Média, variância e coeficiente de variação dos coeficientes de parentesco dos cultivares de trigo recomendados no Brasil nos anos de 1996 e de 1997.

Cultivares	Média $\bar{X}_f$	Variância $\sigma_f^2$	CV <sub>f</sub> (%)
Trigo BR 11 - Guaraní	0,0462	0,0105	221,8
Trigo BR 15	0,0713	0,0137	164,1
Trigo BR 17 - Caiuá	0,0341	0,0101	294,7
Trigo BR 18 - Terena	0,0311	0,0115	344,8
Trigo BR 20 - Guató	0,1362	0,0462	157,8
Trigo BR 21 - Nhandeva	0,0281	0,0105	364,6
Trigo BR 23	0,0782	0,0128	144,6
Trigo BR 24	0,0838	0,0173	156,9
Trigo BR 25	0,1362	0,0462	157,8
Trigo BR 26 - São Gotardo	0,0256	0,0113	415,2
Trigo BR 29 - Javaé	0,0333	0,0110	314,9
Trigo BR 30 - Candiveu	0,0244	0,0101	411,8
Trigo BR 31 - Mirití	0,0194	0,0107	533,2
Trigo BR 32	0,0717	0,0134	161,4
Trigo BR 33 - Guará	0,0349	0,0111	301,8
Trigo BR 34	0,0655	0,0121	167,9
Trigo BR 35	0,1237	0,0326	145,9
Trigo BR 36 - Ianomami	0,0776	0,0282	216,4
Trigo BR 38	0,0101	0,0101	995,0
Trigo BR 40 - Tuiúca	0,0471	0,0137	248,5
Trigo BR 41 - Ofaié	0,1443	0,0530	159,5
Trigo BR 42 - Nambiquara	0,0860	0,0314	206,0
Frontana <sup>d</sup>	0,1337	0,0275	124,0
Jacuí <sup>d</sup>	0,0869	0,0199	162,3
PG 1 <sup>d</sup>	0,1461	0,0445	144,3
Sonoda 64 <sup>d</sup>	0,0709	0,0154	175,0
Toropi <sup>d</sup>	0,0616	0,0154	201,4

d - Cultivares marcantes/destaque no germoplasma brasileiro (5)  
Cultivares recomendados para o cultivo no Brasil (94)

Embora seja de fácil aplicação, os cálculos envolvidos são de magnitude tal que dificilmente poderiam ser realizados sem a ajuda da informática. Para se ter uma idéia dos cálculos envolvidos no presente trabalho, onde foram estimados os 4.851 coeficientes de parentesco de Malécot entre 99 cultivares, foram gastos 216 horas, isto é, nove dias ininterruptos de um microcomputador Pentium de 166 MHz para efetuar os cálculos.

As estimativas dos coeficientes de parentesco entre os cultivares combinados dois a dois, como era de se esperar, variaram de 0 a 1 (“Relatórios” do RXY que se encontram em disquete anexo). O coeficiente igual a zero ( $f = 0$ ) indica nenhum parentesco e máxima divergência. Se igual a um ( $f = 1$ ) indica parentesco total e divergência genética nula, como foi comentado anteriormente.

Vale salientar que naqueles casos em que faltam dados da genealogia do cultivar, o seu parentesco foi considerado nulo com os demais. Além do mais, foi atribuído o valor 1 à estimativa de  $f$ , quando se considerou o parentesco do cultivar com ele mesmo. Isto, explica os valores médios do coeficiente ( $\bar{X}_f$ ) e da sua variância ( $\sigma_f^2$ ) diferentes de zero para os cultivares com genealogias desconhecidas (Tabela 1). Em realidade, para esses cultivares como IAC 1001-Guil, IAC 1002-Graal, IAC 1003-Galaretta (cultivares de trigo duro), IAC 231-Kalypso, IAC 350-Goiapa, IAPAR 6-Tapejara e Peladinho, os valores de  $\bar{X}_f = 0,0101$  e a  $\hat{\sigma}_f^2 = 0,0101$  correspondem à divisão de 1 por 99; o valor de  $f = 1$  é a estimativa do coeficiente dele com ele mesmo, e o valor 99 é o número de cultivares envolvidos.

A média dos coeficientes de parentesco ( $\bar{X}_f$ ) de um cultivar em particular com o conjunto de cultivares variou de 0,0101 a 0,1461 e a variância ( $\sigma_f^2$ ) de 0,0101 a 0,0541. Como a comparação da magnitude das variâncias é difícil, optou-se por estimar o coeficiente de variação ( $CV_f$ ), que fornece a magnitude da variância em relação à média. Observa-se que os valores do  $CV_f$  apresentaram ampla variação, indo de 124,0% a 995,0%. É oportuno enfatizar que essa magnitude do  $CV_f$  é esperada em função de inúmeras combinações com  $f$  igual a zero. Inclusive, as maiores estimativas do  $CV_f$  ocorreram com os cultivares cujas genealogias não eram conhecidas. Neste caso, foi atribuído o valor de  $f = 0$ , para todos os pares, exceto com ele mesmo ( $f = 1$ ).

Pode ser observado que os cultivares BH 1146, Frontana, IAC 5-Maringá, IAC 18-Xavantes, IAC 227-Anhumas, IAPAR 46, PG 1, Trigo BR 25 e Trigo BR 35 apresentaram as maiores médias de  $f$ , mostrando maior grau médio de parentesco. Chama a atenção, o fato de que esses cultivares apresentaram também as menores estimativas do coeficiente de variação. Isso indica, que a participação desses materiais na genealogia dos cultivares foi mais constante.

Desconsiderando os cultivares com genealogias desconhecidas, nota-se que os cultivares CEP 14-Tapes, COODETEC 101, OCEPAR 12-Maitaca e Trigo BR 38 mostraram o menor parentesco médio com os demais, com menores estimativas de  $f$ . Esses cultivares, também apresentaram um grande número de  $f$  nulos, o que contribuiu para que os valores do CV desses cultivares, fossem elevados. O 'Trigo BR 38' foi inclusive um que não apresentou parentesco com qualquer outro cultivar, comportando-

se como se tivesse genealogia desconhecida mas, realmente se trata de um material totalmente divergente dos demais.

Em princípio poder-se-ia argumentar que as menores estimativas do  $CV_f$  estiveram sempre associadas a médias ( $\bar{X}_f$ ) altas e, o contrário, médias baixas estariam associadas com estimativas altas de  $CV_f$ . Isso realmente ocorreu no caso dos valores extremos, como já salientado e, foi também confirmado pelo valor relativamente alto e significativo ( $r = -0,64$ ) da correlação entre  $\bar{X}_f$  e  $CV_f$ .

#### **4.2 Avaliação da divergência genética por meio da análise multivariada**

Na Tabela 3 está apresentado o resumo da análise de variância univariada, juntamente com as médias e os coeficientes de variação experimental para cada caráter avaliado. Chama atenção as estimativas da precisão avaliadas pelo coeficiente de variação, que variaram de 0,5% para o caráter maturação a 15,5% para o perfilhamento, evidenciando, de modo geral, a boa precisão experimental em que o experimento foi conduzido. Este fato, contribuiu para que se detectassem diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) entre os cultivares com relação a todos os caracteres, sendo uma evidência da presença da divergência entre os cultivares envolvidos no trabalho.

TABELA 3 - Resumo das análises de variância univariada para os caracteres avaliados visando estimar a divergência genética entre alguns cultivares de trigo.

Caracteres	Cultivares		Erro		Média	CV (%)
	GL	QM	GL	QM		
Perfilhamento	19	0,2973**	38	0,0478	1,4	15,5
Espigamento (dias)	19	489,8807**	38	0,6044	67,0	1,2
Maturidade (dias)	19	255,0000**	38	0,2921	119,0	0,5
Altura planta (cm)	19	1315,5589**	38	24,2648	102,9	4,8
Comp. folha (cm)	19	45,2092**	38	3,0283	21,0	8,3
Larg. folha (cm)	19	0,1172**	38	0,0077	1,5	5,8
Comp. bai. folha (cm)	19	28,5948**	38	0,6723	19,2	4,3
Comp. ráquis (cm)	19	2,7180**	38	0,2105	7,5	6,1
Nº espiguetas/espiga	19	9,0142**	38	0,9155	14,2	6,7
Nº grãos/espiguetas	19	0,5752**	38	0,0788	2,9	9,8
PH	19	24,4686**	38	0,4783	73,5	0,9
Peso 1000 grãos (g)	19	43,3117**	38	1,8023	38,6	3,5
Produtividade (kg/ha)	19	97613,3183**	38	8357,8692	2926,0	13,0

\*\* - Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados médios apresentados na Tabela 4 confirmam a existência de variabilidade entre os cultivares avaliados para todos os caracteres. Veja por exemplo, que a produtividade de grãos (kg/ha), variou de 4038 kg/ha com o cultivar EMBRAPA 22 a 1475 kg/ha com o Toropi. Utilizando o teste Scott e Knott foi possível agrupar os cultivares para esse caráter, em quatro classes. Com relação à maturidade, o caráter de maior precisão experimental, foi possível detectar um maior número de grupos. Os cultivares mais precoces foram EMBRAPA 22, EMBRAPA 41, EMBRAPA 42 e Sonora 64 com 109 dias, desde a emergência das plantas até a colheita dos grãos; já o mais tardio, coincidentemente o de menor produtividade, o cultivar Toropi com 139 dias. Destaque também para o fato de que, de modo geral, os cultivares com menor

perfilhamento foram os mais produtivos, devido a alta densidade de semeadura atualmente utilizada para os mesmos.

A medida da associação entre os caracteres avaliados estimada pelo coeficiente de correlação fenotípica, é apresentada na Tabela 5. Confirmando a observação feita anteriormente, a correlação entre produtividade e número de perfilhos foi negativa ocorrendo o mesmo com o espigamento e maturidade. A única correlação positiva, significativa com a produtividade foi o peso hectolitro. A altura da planta apresentou correlação significativa positiva com o perfilhamento, espigamento, maturidade e comprimento da bainha da folha, e correlação negativa com o número de grãos por espigeta.

Já o número de grãos por espigeta apresentou estimativas negativas de correlação fenotípica, na maioria das situações, embora em alguns casos elas não tenham sido significativas. Chama atenção que a maioria das correlações envolvendo o peso de 1000 grãos, também foram negativas. Já o comprimento do ráquis foi correlacionado positivamente com o número de espigetas por espiga. Correlações positivas também ocorreram entre: peso hectolitro com o peso de 1000 grãos ( $r = 0,46^*$ ), como era de se esperar; peso hectolitro e número de grãos por espigeta ( $r = 0,58^{**}$ ); comprimento da bainha da folha com o comprimento do ráquis ( $r = 0,64^{**}$ ); comprimento do ráquis com o comprimento da folha e com a largura da folha.

TABELA 4 - Resultados médios de 13 características avaliadas visando estimar a divergência genética entre 20 cultivares de trigo.

Cultivares	Características avaliadas						
	Ind. perf.	Espigamento	Maturidade	Altura planta	Comp. folha	Largura folha	
1. Anahuac 75	1,0 c	61 g	113 j	82,9 e	16,4 d	1,4 c	
2. BH 1146	1,4 c	60 h	113 j	123,3 b	18,1 d	1,4 c	
3. Trigo BR 26 - São Gotardo	1,2 c	60 h	113 j	78,7 f	20,1 c	1,6 b	
4. CEP 14 - Tapes	1,5 b	81 c	128 d	109,1 d	22,0 c	1,3 d	
5. CEP 27 - Missões	1,5 b	65 f	119 g	79,6 f	21,1 c	1,2 d	
6. EMBRAPA 21	1,5 b	68 d	119 g	91,4 e	17,9 d	1,4 c	
7. EMBRAPA 22	1,1 c	58 i	109 k	86,9 e	24,4 b	1,6 b	
8. EMBRAPA 41	1,1 c	58 i	109 k	83,6 e	18,5 d	1,5 b	
9. EMBRAPA 42	1,0 c	58 i	109 k	89,9 e	20,4 c	1,5 c	
10. Frontana	1,7 b	81 c	127 e	135,1 a	23,9 b	1,4 c	
11. IAC 5 - Maringá	1,4 b	61 g	113 j	132,7 a	19,1 d	1,6 b	
12. IAC 24 - Tucurí	1,3 c	61 g	115 i	87,0 e	18,6 d	1,8 a	
13. IAPAR 46	1,2 c	65 f	116 h	132,4 a	21,8 c	1,6 b	
14. Jacuí	1,5 b	67 e	123 f	125,2 b	22,4 c	1,6 b	
15. Jupateco 73	1,4 c	62 g	116 h	76,0 f	16,3 d	1,2 d	
16. Ocepar 10 - Garça	2,2 a	81 c	130 c	104,3 d	20,1 c	1,9 a	
17. Ocepar 12 - Maitaca	1,5 b	56 i	113 j	115,7 c	20,0 c	1,3 d	
18. PG 1	1,9 a	95 a	137 b	117,6 c	32,9 a	1,7 b	
19. Sonora 64	1,0 c	49 i	109 k	84,0 e	18,5 d	1,3 d	
20. Toropi	1,7 b	94 b	139 a	123,2 b	26,9 b	1,7 b	

(Continua...)

TABELA 4 - Resultados médios de 13 características avaliadas visando estimar a divergência genética entre 20 cultivares de trigo.

Cultivares	Características avaliadas							Produtividade (kg/ha)
	Comp. bai. folha	Comp. ráquis	Nº espig/ espiga	Nº grãos/ espiga	PH	Peso 1000 grãos		
1. Anahuac 75	15,7 e	7,0 d	13,4 c	3,1 a	76,0 a	39,3 d	3913 a	
2. BH 1146	19,8 c	6,7 d	13,8 c	2,4 b	75,5 a	39,0 d	2799 c	
3. Trigo BR 26 - São Gotardo	15,8 e	6,9 d	14,8 b	3,2 a	73,6 b	38,3 d	2228 c	
4. CEP 14 - Tapes	18,8 d	6,2 e	11,3 d	2,6 b	73,9 b	35,4 e	2495 c	
5. CEP 27 - Missões	18,7 d	7,9 c	14,8 b	2,8 b	73,9 b	36,0 e	3192 b	
6. EMBRAPA 21	17,4 d	6,0 e	13,3 c	2,5 b	75,4 a	41,1 c	3625 a	
7. EMBRAPA 22	19,8 c	8,7 b	14,7 b	3,6 a	75,5 a	42,6 b	4038 a	
8. EMBRAPA 41	16,3 e	7,7 c	13,7 c	3,4 a	73,9 b	34,5 e	3047 b	
9. EMBRAPA 42	17,8 d	6,9 d	13,6 c	3,5 a	76,3 a	42,9 b	3128 b	
10. Frontana	20,8 c	7,8 c	13,4 c	2,6 b	72,3 c	40,2 c	2215 c	
11. IAC 5 - Maringá	23,3 b	7,8 c	15,6 b	2,8 b	74,6 b	40,7 c	3579 a	
12. IAC 24 - Tucurí	17,9 d	7,5 c	16,5 a	3,2 a	73,7 b	36,3 e	3907 a	
13. IAPAR 46	22,1 b	9,5 a	17,6 a	2,8 b	76,4 a	38,4 d	3585 a	
14. Jacuí	22,0 b	7,7 c	13,7 c	2,4 b	72,2 b	40,5 b	1711 d	
15. Jupateco 73	15,8 e	6,9 d	13,7 c	3,6 a	75,7 a	40,3 b	2269 c	
16. Ocepar 10 - Garça	19,4 c	8,6 b	18,2 a	2,8 b	71,8 c	31,5 f	2525 c	
17. Ocepar 12 - Maitaca	21,9 b	7,8 c	12,7 c	2,6 b	73,7 b	48,0 a	3567 a	
18. PG 1	26,8 a	8,7 b	14,2 c	2,3 b	67,0 d	37,8 d	2381 c	
19. Sonora 64	14,1 f	5,8 e	11,5 d	2,7 b	74,2 b	37,9 d	2839 c	
20. Toropi	20,6 c	7,6 c	14,6 b	2,1 b	65,4 e	32,1 f	1475 d	

Médias seguidas pela mesma letra, numa mesma coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste Scott & Knott ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5 - Matriz dos coeficientes de correlação fenotípico entre os caracteres avaliados no estudo de divergência genética entre alguns cultivares de trigo.

Caracteres	Espiga- mento	Matu- ridade	Alt. planta	Comp. folha	Larg. folha	Comp. bai. fol.	Comp. râquis	Nº espig. /espiga	Nº grãos /espiguetta	PH	Peso 1000 gr	Produ- ção
Perfilhamento	0,79**	0,84**	0,50*	0,49*	0,37	0,59**	0,33	0,29*	-0,60**	-0,66**	-0,33	-0,49*
Espigamento	-	0,97**	0,46*	0,73**	0,39	0,54*	0,28	0,24	-0,56**	-0,80**	-0,49*	-0,56*
Maturação	-	-	0,46*	0,69**	0,34	0,51*	0,23	0,12	-0,55**	-0,84**	-0,50	-0,64**
Alt.ura planta	-	-	-	0,44	0,24	0,78**	0,38	0,16	-0,69**	-0,35	0,06	-0,27
Comp. folha	-	-	-	-	0,36	0,72**	0,50*	0,07	-0,43	-0,76**	-0,15	-0,39
Larg. folha	-	-	-	-	-	0,37	0,53*	0,74**	-0,07	-0,45*	-0,43	-0,08
Comp.bai. folha	-	-	-	-	-	-	0,64**	0,28	-0,53*	-0,48*	0,14	-0,12
Comp. râquis	-	-	-	-	-	-	-	0,71**	-0,003	-0,25	-0,08	0,10
Nº espig./espiga	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-0,07	-0,35	0,15
Nº grãos/espiguetta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,58**	0,18	0,40
PH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46*	0,64**
Peso 1000 grãos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39
Produção	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*\* e \* - Significativos pelo teste t ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Um outro resultado que corrobora para a existência da divergência genética entre os cultivares de trigo avaliados, é a significância obtida na análise de variância multivariada (Tabela 6). O  $Gl_{num}$  representa o número de Graus de Liberdade do numerador e o  $Gl_{den}$  o número de Graus de Liberdade do denominador, utilizados na aplicação do teste F.

TABELA 6 - Resultado do critério de Wilks na análise multivariada para os 13 caracteres avaliados no ensaio com os cultivares de trigo, para o teste de hipótese de igualdade do efeito de cultivares.

	F	GL	
		Numerador	Denominador
Cultivares	18,5810**	247	314

\*\* - Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Dando prosseguimento ao estudo da divergência foram obtidas as variáveis canônicas com os 13 caracteres avaliados. Na Tabela 7 estão apresentadas as variâncias (autovalores), as variâncias percentuais e as variâncias acumuladas das variáveis canônicas. A primeira variável canônica explicou 87,8% da variação contida no conjunto de caracteres analisados; a segunda variável canônica explicou apenas 4,5% da variação total; as demais variáveis canônicas explicaram ainda menos do que a segunda variável explicou da variação total. Acumulando as duas primeiras variáveis canônicas conseguiu-se explicar 92,3% da variação total.

TABELA 7 - Variâncias, variâncias percentuais e variâncias acumuladas das variáveis canônicas obtidas a partir dos 13 caracteres avaliados, visando estimar a divergência genética entre alguns cultivares de trigo.

Variáveis canônicas	Variâncias (autovalores)	Variâncias percentuais (%)	Variâncias percentuais acumuladas (%)
1	1.080,3792	87,8	87,8
2	55,9864	4,5	92,3
3	37,8016	3,1	95,4
4	16,8698	1,4	96,8
5	13,4782	1,1	97,9
6	10,2176	0,8	98,7
7	7,3788	0,6	99,3
8	3,5003	0,3	99,6
9	2,2119	0,2	99,8
10	1,4137	0,1	99,9
11	0,8146	0,07	99,9
12	0,4473	0,04	99,9
13	0,3763	0,03	100,00

TABELA 8 - Autovetores das duas variáveis canônicas principais, ou seja, aquelas que explicaram mais de 90% da variação total acumulada, no ensaio visando estimar a divergência genética de alguns cultivares de trigo.

Caracteres	Variáveis canônicas	
	1	2
Perfilhamento	0,0645	- 0,0929
Espigamento	0,1598	- 0,0215
Maturidade	0,2373	0,0163
Altura planta	0,0000...	0,0027
Comp. folha	0,0339	0,1357
Largura folha	- 0,6780	- 3,2401
Comp. bai. folha	- 0,0071	0,1987
Comp. ráquis	0,2060	0,0112
Nº espiguetas/espiga	- 0,1045	- 0,0838
Nº grãos/espiguetas	- 0,0798	0,0459
PH	- 0,0166	0,1209
Peso 1000 grãos	- 0,0183	0,0040
Produtividade	0,0002	0,0006

Os escores obtidos a partir dos autovetores foram utilizados para a representação gráfica no plano bidimensional. Em princípio, é oportuno salientar que a dispersão gráfica dos escores possibilitou o agrupamento mais distinto dos cultivares (Figura 1). Tomando como referência essa dispersão, foram formados três grupos. O primeiro grupo envolveu os cultivares PG 1 (18) e Toropi (20), sendo o ‘PG 1’ um cultivar muito antigo, com expressiva participação no germoplasma brasileiro de trigo e foi obtido no início do programa de melhoramento do Brasil, em 1920, e o ‘Toropi’

obtido em 1965, ambos provenientes de programas do sul do país. O segundo grupo é composto pelos cultivares CEP 14 - Tapes (4), Frontana (10) e OCEPAR 10 - Garça (16), onde o 'Frontana', que também tem participação expressiva no germoplasma brasileiro, lançado na década de 40, e os 'CEP 14 - Tapes' e 'OCEPAR 10-Garça', todos obtidos em programas de melhoramento do sul, sob condições de clima subtropical e temperado. No terceiro grupo, que estão os demais cultivares avaliados, estes são de modo geral, cultivares recomendados para as regiões do Brasil Central, incluindo o Estado de Minas Gerais. Resultado semelhante a esse, pode ser observado no dendograma obtido a partir da distância de Mahalanobis (Figura 2), indicando o mesmo agrupamento que foi obtido com o diagrama de dispersão. Deve ser comentado que o diagrama de dispersão dá uma visão geral mais ampla e dá um entendimento mais fácil de ser percebido dos grupos de cultivares formados do que o dendograma de Mahalanobis.

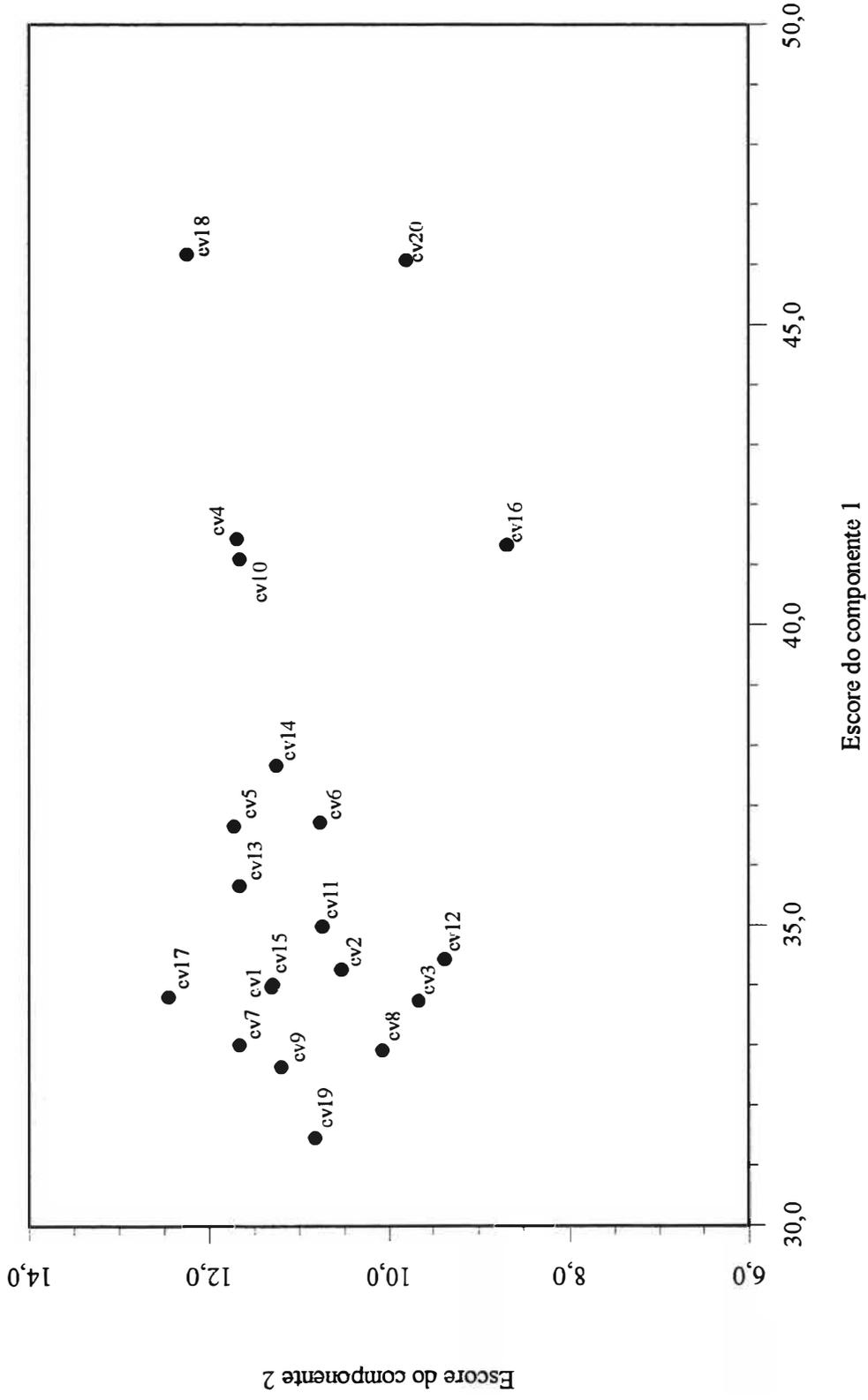


FIGURA 1 - Dispersão gráfica dos escores do componente 1 (variável canônica 1) e do componente 2 (variável canônica 2) dos cultivares de trigo avaliados.

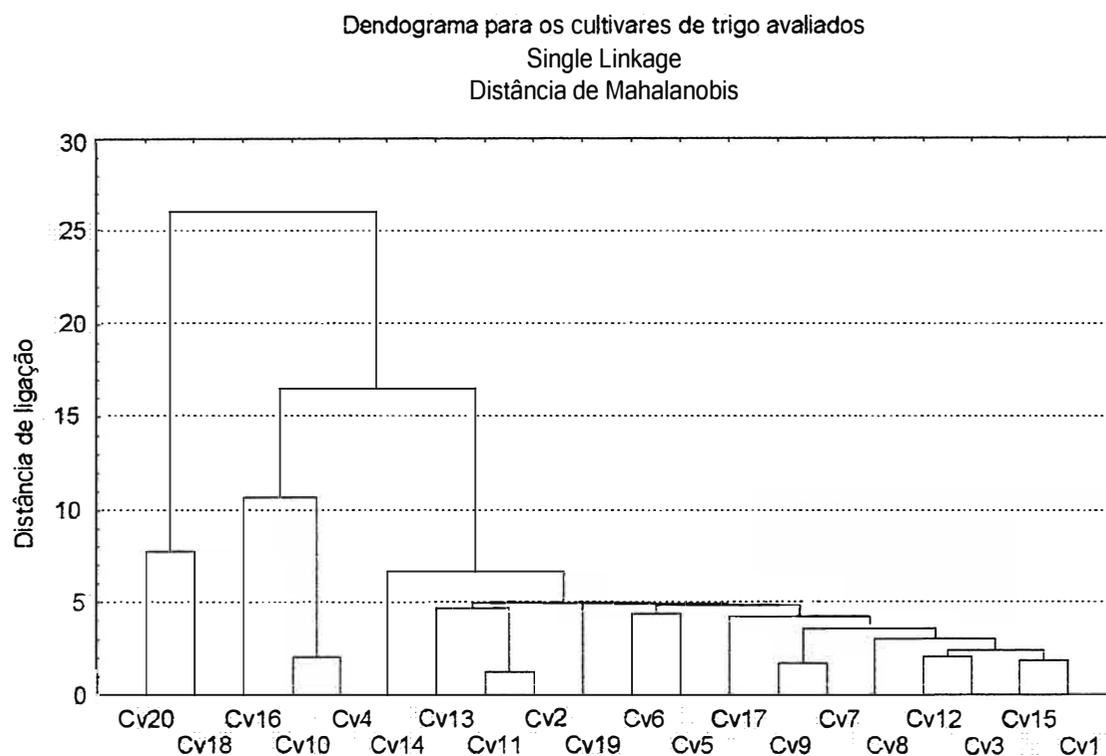


FIGURA 2 - Dendograma obtido pelo método do vizinho mais próximo (single linkage), a partir das distâncias de Mahalanobis, para os cultivares de trigo avaliados.

Os resultados das distâncias Euclidiana (Figura 3), não foram muito coincidentes com os dos escores das variáveis canônicas e das distâncias de Mahalanobis. Considerando novamente três grupos, observa-se que as cultivares 'Toropi' (20) e 'Jacuí' (14) formaram um agrupamento distinto. Outro agrupamento extremo, foi com os cultivares Anahuac 75 (1), IAC 24-Tucuruí (12), EMBRAPA 22 (7), EMBRAPA 21 (6), IAC 5- Maringá (11), IAPAR 46 (13) e OCEPAR 12-Maitaca (17). Finalmente, foi formado um terceiro agrupamento intermediário com os 11 cultivares remanescentes.

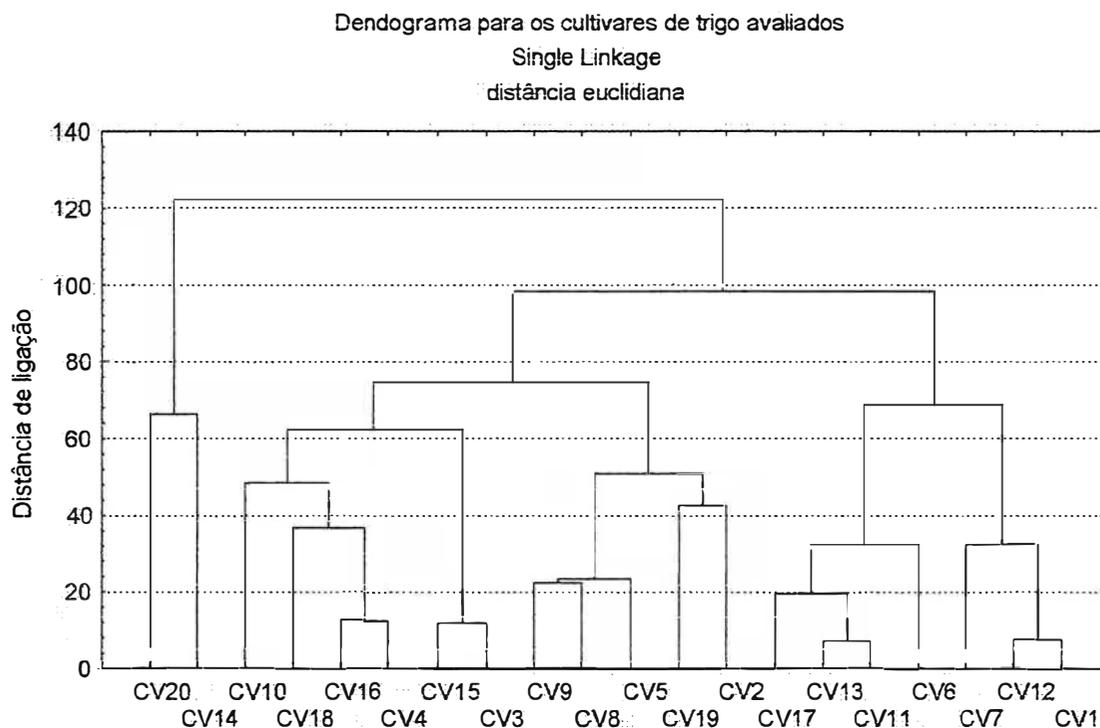


FIGURA 3 - Dendograma obtido pelo método do vizinho mais próximo (single linkage), a partir das distâncias Euclidiana, para os cultivares de trigo avaliados.

O outro agrupamento realizado foi a partir dos coeficientes de parentesco, novamente formando três grupos de cultivares (Figura 4). O primeiro com os 'PG 1' (18) e 'Sonora 64' (19); o segundo ou intermediário com os 'Jupateco 73' (15), 'IAPAR 46' (13), 'Toropi' (20), 'EMBRAPA 41' (8), 'EMBRAPA 22' (7), 'CEP 27-Missões' (5), 'EMBRAPA 42' (9) e 'CEP 14-Tapes' (4) e o terceiro com os cultivares Frontana (10), Jacuí (14), OCEPAR 10-Garça (16), EMBRAPA 21 (6), OCEPAR 12-Maitaca (17) e IAC 24-Tucuruí (12). Deve ser relatado que neste dendograma alguns cultivares ficaram dispersos não formando agrupamento algum, como os cultivares Anahuac 75 (1), Trigo BR 26-São Gotardo (3), BH 1146 (2) e o IAC 5-Maringá (11).

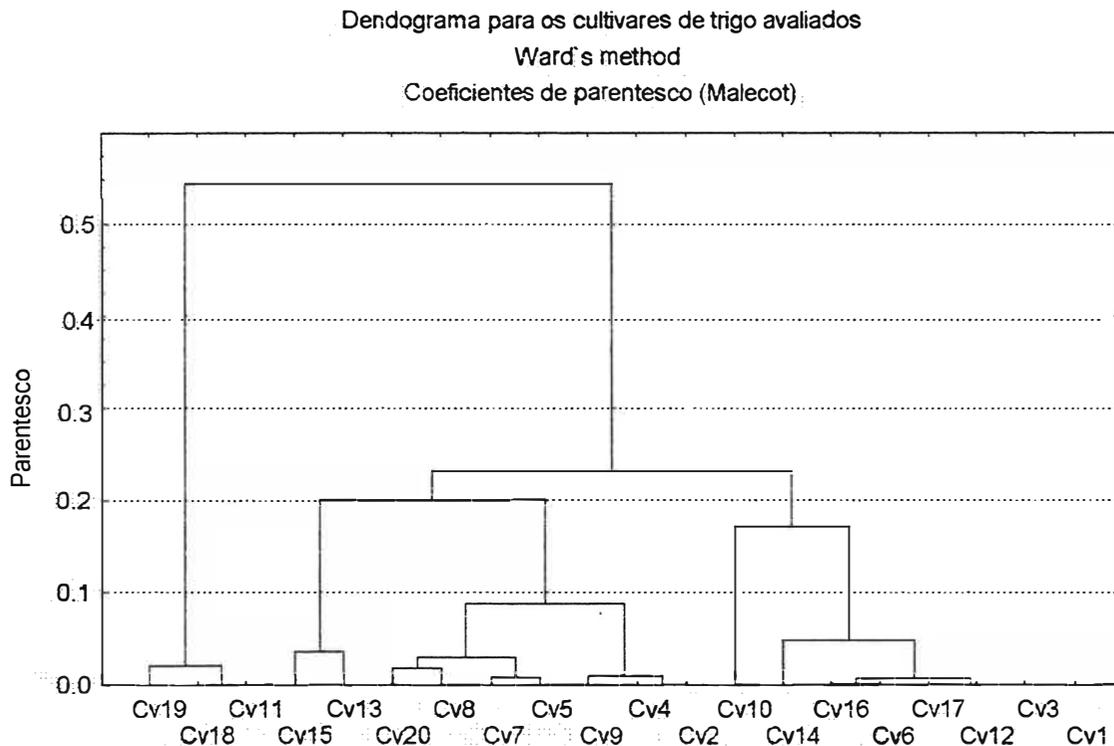


FIGURA 4 - Dendograma obtido pelo método de Ward, a partir dos coeficientes de parentesco, para os cultivares de trigo avaliados.

Coincidentemente, com esses resultados relatados, as correlações classificatórias de Spearman das medidas de divergência utilizadas foram todas de baixa magnitude, inferior a 0,3 (Tabela 9), embora tenha sido observada correlação significativa entre as distâncias de Mahalanobis e as distâncias Euclidiana. Esses resultados evidenciam, mais uma vez, que as metodologias utilizadas para medir a divergência não foram consistentes. São apresentadas também as estimativas dos coeficientes de parentesco, distâncias Euclidiana e distâncias de Mahalanobis entre os 20 cultivares de trigo avaliados experimentalmente (Tabela 10).

TABELA 9 - Coeficientes de correlação classificatória de Spearman entre as estimativas de dissimilaridade fornecidas pelo coeficiente de parentesco (f) e pelas distâncias multivariadas (d: distância Euclidiana e D<sup>2</sup>: distância generalizada de Mahalanobis), para os cultivares avaliados.

	d	D <sup>2</sup>
f	0,0557	0,0738
d	-	0,2189**

\*\* - Significativo pelo teste t ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 10 - Estimativas dos coeficientes de parentesco de Malécot (f), distâncias Euclidiana (d) e distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ) entre os cultivares de trigo avaliados experimentalmente.

Culti- vares	Cv2			Cv3			Cv4			Cv5			Cv6		
	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$
Cv1	0,0423	270,37	5,47	0,0000	404,35	2,38	0,0000...	342,40	54,49	0,0308	173,34	9,43	0,0075	70,39	7,43
Cv2	-	-	-	0,0000	144,15	6,50	0,0000	79,18	58,99	0,0388	104,32	12,74	0,0027	200,99	11,87
Cv3	-	-	-	-	-	-	0,0000	75,87	65,92	0,0078	231,46	15,18	0,0000	335,58	11,79
Cv4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0000...	171,03	25,43	0,0000...	272,34	25,26
Cv5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0018	104,81	4,33
Cv6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Continua...)

TABELA 10 - Estimativas dos coeficientes de parentesco de Malécot (f), distâncias Euclidiana (d) e distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ) entre os cultivares de trigo avaliados experimentalmente.

Culti- vares	Cv7			Cv8			Cv9			Cv10			Cv11		
	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$
Cv1	0,0621	32,22	4,03	0,1141	207,89	3,76	0,0545	188,54	4,04	0,0752	411,59	49,75	0,0305	94,60	7,43
Cv2	0,0585	299,60	7,82	0,0418	71,94	7,73	0,0138	86,06	5,85	0,5000	143,05	53,17	0,5000	187,63	1,21
Cv3	0,0625	434,41	6,11	0,0625	196,70	3,01	0,0039	216,47	4,16	0,0000	62,34	59,90	0,0000	328,89	8,11
Cv4	0,0000...	372,32	75,25	0,0000...	138,51	78,70	0,0000...	156,52	79,85	0,0000	72,22	2,01	0,0000	262,85	61,86
Cv5	0,0084	203,61	17,01	0,1060	37,26	20,55	0,0145	23,38	20,08	0,0463	241,64	24,20	0,0352	107,62	15,50
Cv6	0,0019	100,59	18,20	0,0032	139,76	20,02	0,0048	120,04	18,02	0,0049	341,49	22,71	0,0024	44,34	13,67
Cv7	-	-	-	0,0376	237,97	3,71	0,0100	218,27	1,68	0,0768	441,03	68,75	0,0519	119,39	8,58
Cv8	-	-	-	-	-	-	0,0476	22,44	3,53	0,0501	208,48	71,94	0,0389	137,32	9,29
Cv9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0265	255,79	73,48	0,0143	116,72	7,30
Cv10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5000	328,45	55,03
Cv11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Continua...)

TABELA 10 - Estimativas dos coeficientes de parentesco de Malécot (f), distâncias Euclidiana (d) e distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ) entre os cultivares de trigo avaliados experimentalmente.

Culti- vares	Cv12			Cv13			Cv14			Cv15			Cv16		
	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$	f	d	$D^2$
Cv1	0,0000	7,59	3,50	0,0358	93,59	8,78	0,0494	530,31	18,45	0,4354	394,64	1,83	0,0153	335,08	55,94
Cv2	0,0000	268,41	6,46	0,3152	189,23	4,66	0,2852	261,47	15,48	0,0423	135,89	6,60	0,2500	74,51	62,05
Cv3	0,0000...	403,02	2,03	0,0000	330,16	13,59	0,0000	133,31	21,79	0,0000	11,86	3,97	0,0000	81,03	61,07
Cv4	0,0000	340,58	58,02	0,0000...	263,65	38,34	0,0000	189,49	20,13	0,0000...	68,12	44,09	0,0000	12,56	11,55
Cv5	0,0000	171,89	13,56	0,0252	108,32	7,07	0,0242	358,38	6,61	0,0308	221,75	5,17	0,0801	163,36	34,32
Cv6	0,0000	68,67	9,26	0,0653	43,28	8,78	0,0035	460,57	7,65	0,0075	325,87	4,84	0,0012	265,12	28,96
Cv7	0,0000	33,43	9,65	0,0361	118,38	13,67	0,0372	559,94	28,89	0,1327	424,84	7,67	0,0259	365,12	81,89
Cv8	0,0000	206,54	6,13	0,0295	138,64	15,19	0,0276	323,90	29,80	0,2553	187,26	7,97	0,0194	131,15	75,91
Cv9	0,0000	187,17	8,24	0,0171	118,19	15,38	0,0156	342,45	30,96	0,0545	207,02	7,38	0,0071	149,60	84,78
Cv10	0,0000	409,58	52,86	0,3330	329,40	33,19	0,3828	122,25	16,48	0,0753	65,06	40,64	0,2500	81,21	10,68
Cv11	0,0000	91,18	6,23	0,5532	7,14	5,02	0,2363	448,67	15,74	0,0305	319,80	9,66	0,5000	256,40	62,46
Cv12	-	-	-	0,0000	89,94	10,31	0,0000	528,53	16,82	0,0000	393,38	5,46	0,0000	333,19	49,56
Cv13	-	-	-	-	-	-	0,2144	449,87	7,51	0,0358	321,04	8,57	0,2766	257,09	42,20
Cv14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0494	143,16	13,14	0,1182	197,34	22,01
Cv15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0153	72,79	47,78
Cv16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cv20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Continua...)



## 5 DISCUSSÃO

Inicialmente, há que se comentar, que a ausência de informações da genealogia de alguns cultivares dificultou a interpretação dos resultados obtidos.

Seria importante que no futuro, só pudessem ser recomendados os cultivares cujas genealogias fossem conhecidas, mesmo que os novos cultivares sejam obtidos por seleção recorrente. Em realidade, o temor que algumas instituições têm para divulgar as genealogias não é plenamente justificável. Se foi obtida uma ótima linhagem de um dado cruzamento, nada indica que um outro melhorista, trabalhando com os mesmos genitores tenha sucesso idêntico. Geneticamente isso é fácil de ser visualizado, especialmente quando os genitores são contrastantes para um grande número de locos.

Nesse trabalho, dos 99 cultivares envolvidos, de 7 não foi possível obter as genealogias (Tabela 1). Nesse caso, o fato de ter sido atribuído o valor zero às estimativas de  $f$  a todos os pares em que elas estiveram envolvidas, exceto com elas mesmas, deve ter contribuído para subestimar as estimativas médias do coeficiente de parentesco  $e$ , conseqüentemente, para superestimar as estimativas de variância ( $\sigma_f^2$ ) e de coeficientes de variação ( $CV_f$ ). Contudo, como a participação delas foi inferior a 10%, exceto nas suas próprias estimativas do coeficiente de parentesco médio, o efeito dessa

subestimativa para os demais cultivares foi pequeno. Além do mais, para promover a comparação do coeficiente de parentesco médio de todos os cultivares, com os relatos na literatura, esses cultivares de genealogias desconhecidas não são considerados na estimativa. Esse procedimento tem sido utilizado em outras oportunidades na literatura (Autrique et al., 1996).

A comparação entre as estimativas do coeficiente de parentesco médio de todos os cultivares nem sempre é muito válida, porque há variações nos diferentes trabalhos, no número de cultivares avaliados e nos critérios utilizados nas estimativas de  $f$ . Nesse trabalho, por exemplo, foi mencionado que ao se obter as estimativas do coeficiente de parentesco de um cultivar com ele mesmo, foi atribuído o valor 1. Desse modo, as estimativas de  $f$  obtidas estão superestimadas. Contudo, mesmo assim o coeficiente de parentesco médio encontrado nesse trabalho foi de 0,06, não considerando os sete cultivares de genealogias desconhecidas. Esse valor é inferior ao normalmente relatado na literatura para as estimativas de  $f$  médio para os cultivares de trigo recomendados em outros países (Autrique et al., 1996; Barbosa Neto et al., 1995; Kim & Ward, 1997; Martin et al., 1995; Van Beuningen & Busch, 1997). Em trabalho recente Kim & Ward (1997) avaliando 22 cultivares de trigo norte-americanos, encontraram uma estimativa de  $f$  médio de 0,21. Já Van Beuningen & Busch (1997) estimando o coeficiente de parentesco entre 270 cultivares de trigo em uso na América do Norte, obtiveram  $\bar{X}_f = 0,16$  e 0,25 para os trigos vermelhos e brancos, respectivamente, em cultivos nos EUA e Canadá; também, estimaram em 0,19 o coeficiente de parentesco

médio para os trigos mexicanos do CIMMYT. Autrique et al. (1996), também determinaram os coeficientes de parentesco entre 51 cultivares de trigo encontrando um valor médio de  $\bar{X}_f = 0,20$ . Finalmente, Martin et al. (1995) estudaram o parentesco entre sete cultivares de trigo vermelho de primavera no programa de melhoramento da Universidade de Montana (EUA), obtendo um valor médio de  $\bar{X}_f = 0,35$ .

Considerando que quanto menor a estimativa do coeficiente de parentesco, menos relacionados são os cultivares, pode-se inferir pelo menos em princípio que os cultivares de trigo recomendados no Brasil são menos aparentados entre si que os de outros países. Isso implica que nos programas de melhoramento de trigo conduzidos neste país é explorada uma maior divergência genética que em outros países.

Uma indagação que poderia ser aventada é o porquê da maior divergência do material recomendado no Brasil nos últimos 40 anos. A resposta poderia envolver vários aspectos, contudo, sem dúvida nenhuma, a principal razão é a diferença nas condições de cultivo do trigo no Brasil, em relação aos resultados relatados na literatura, que foram, ao que tudo indica, de regiões bem mais específicas. Em função desse fato, no Brasil a interação genótipos x ambientes deve ser muito mais pronunciada. Isso, porque o trigo é cultivado desde o Sul do país, com características bem próximas às de clima temperado, até a região do Brasil Central, que é tipicamente subtropical a tropical. Em termos climáticos ocorre ampla variação em temperatura e precipitação. Há variação nas propriedades físicas, químicas e de relevo dos solos, e também uma ampla variação no tipo de manejo utilizado. Para obter linhagens adaptadas a essas diferentes condições

de cultivo, os melhoristas brasileiros, para terem sucesso, utilizaram uma base genética mais ampla.

As únicas referências encontradas no Brasil de determinações do coeficiente de parentesco entre cultivares de plantas em cultivo no Brasil foi com a soja (Hiromoto & Vello, 1986 e Vello et al., 1988). No primeiro trabalho, os pesquisadores avaliaram 74 cultivares em uso no Brasil, e encontraram que somente 11 ancestrais contribuíram para 89% do conjunto gênico dos cultivares. Na outra pesquisa, Vello et al. (1988) encontraram um  $\bar{X}_f$  variando de 0,0443 a 0,2272, obtendo uma média de  $\bar{X}_f$  igual a 0,16. Este resultado evidencia um menor grau de parentesco entre os cultivares de trigo do Brasil em relação aos cultivares de soja. Há que se dizer que o trigo e a soja são as duas espécies que possuem os melhores sistemas de organização e divulgação das genealogias dos cultivares.

Observando a genealogia dos cultivares na Tabela 1, pode-se obter explicações para a ampla variação do coeficiente de parentesco médio e do coeficiente de variação do  $f$  entre os cultivares (Tabela 2). Os cultivares com maiores estimativas de  $f$  médio e menor coeficiente de variação são mais antigos, e por terem permanecido até os dias atuais, tiveram maior participação no germoplasma brasileiro. Entre eles, os 'BH 1146', 'Frontana', 'IAC 5-Maringá' e o 'PG 1', que foram obtidos há mais de três décadas e continuam sendo muito utilizados até hoje nos programas de melhoramento, devido sobretudo ao potencial de tolerância às condições de acidez nociva, prevalentes na maioria dos solos brasileiros, que eles transmitem às suas descendências. Aliado à

essa característica, demonstraram ampla estabilidade às variações climáticas ao longo dos anos e adaptação a diferentes condições de cultivo e, por isso, têm participado das genealogias de cultivares recomendados nas regiões Sul, Centro Sul e Brasil Central.

Vale ressaltar que esses cultivares têm todos uma origem comum, embora possam ter sido obtidos em condições distintas. O mais antigo deles é o PG 1, que foi um dos precursores da triticultura brasileira, o qual foi obtido na década de 20. Esse cultivar foi selecionado do Polyssu, fruto do trabalho iniciado em 1914 a partir de um trigo colonial (Osório, 1982). O 'Frontana' foi obtido dez anos após e é descendente do cruzamento de 'Fronteira' com 'Mentana'. Esse cultivar apresentava genes para menor porte e ciclo mais precoce que os cultivares anteriormente cultivados e passou a fazer parte das genealogias de importantes cultivares, tornando-se uma das grandes contribuições à triticultura mundial. O 'Frontana' é inclusive um dos genitores, juntamente com o 'PG 1', do 'BH 1146', obtido em 1955 no então Instituto Agrônomo de Minas Gerais, em Belo Horizonte, daí a sigla BH. Também o cultivar IAC 5-Maringá, possui quase a mesma base genética, ou seja, 50% de 'PG 1', 25% de 'Frontana' e 25% de 'Kenya 58'. Como pode ser observado, esses cultivares basicamente promoveram uma troca de alelos entre si, com pequenas introduções de outros materiais.

Deve ser mencionado que cultivares com destaque na triticultura brasileira em solos corrigidos sem a presença de  $Al^{+++}$ , tais como os 'Anahuac 75' e 'Jupateco', introduzidos do México, apresentaram  $f = 0,07$  e  $0,08$ , respectivamente, ou seja, com coeficiente de parentesco médio  $(\bar{X}_f)$  em torno da média geral. Embora esses cultivares

estejam saindo de recomendação, provavelmente os seus alelos ainda deverão permanecer por muito tempo nas genealogias dos cultivares brasileiros, porque certamente esses materiais deverão continuar sendo utilizados em programas de hibridação.

Desconsiderando os materiais cujas genealogias não são conhecidas, observa-se que os cultivares com menor coeficiente de parentesco médio ( $\bar{X}_f$ ) e maior coeficiente de variação do parentesco ( $CV_f$ ) são aqueles de origem ou introdução recente. Portanto, os mesmos ainda têm participação limitada no germoplasma brasileiro. São eles os cultivares CEP 14-Tapes, COODETEC 101, OCEPAR 12-Maitaca e Trigo BR 38, obtidos há menos de uma década. Nesses casos, seus genitores não são muito comuns e participaram de programas de melhoramento mais restritos.

Também, deve ser salientada, a discrepância nas estimativas do coeficiente de parentesco médio dos cultivares de recomendação recente com os tradicionais. Isso, mostra que os cultivares recém-recomendados possuem uma base genética mais ampla. Pelo menos em princípio, evidencia que há possibilidade de continuar tendo incremento em produtividade de trigo no Brasil, pelo cruzamento de bons cultivares recentemente recomendados. Desse modo poderão gerar populações segregantes com média alta e, provavelmente, grande variabilidade, haja visto que elas são pouco aparentadas (Toledo, 1992).

Para estudar a divergência genética, por meio de marcadores morfológicos, foram escolhidos alguns cultivares com ênfase no resultado do coeficiente de parentesco. O critério de seleção foi a maior discrepância entre as estimativas dos

coeficientes de parentesco médios entre os cultivares recomendados para a região do Brasil Central; também, foram incluídos alguns cultivares, que embora não sejam atualmente recomendados para esta região de cultivo, tiveram participação expressiva em vários programas de melhoramento. Do exposto era esperado que ocorresse divergência entre os materiais utilizando os marcadores morfológicos.

Todas as metodologias utilizadas, tanto as análises univariadas, como as metodologias multivariadas detectaram a presença de diferenças entre os cultivares, o que evidencia, como era esperado, a ocorrência de divergência, pelas razões já citadas. O uso das análises multivariadas para o estudo da divergência em trigo já é relativamente freqüente, tendo sido utilizada uma ampla gama de metodologias (Ahmad et al., 1980; Autrique et al., 1996; Gupta et al., 1996; Jaradat, 1991; Kim & Ward, 1997; Lee & Kaltsikes, 1973; Martin et al., 1995; Murphy et al., 1986; Van Beuningen & Busch, 1997 e Walia & Garg, 1996).

Segundo Cruz & Regazzi (1994), é considerado aceitável um número de variáveis canônicas que explique pelo menos 80% da variação disponível. Um resultado expressivo do emprego da análise multivariada nesse trabalho foi que as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 92,3% da variação global existente, o que facilita sobretudo a interpretação dos resultados. Esse resultado é mais consistente que o encontrado por Jaradat (1991), que trabalhando com trigo duro, observou que foram necessárias três variáveis canônicas para explicar 92% da variação total existente entre os genótipos/linhagens locais. As primeira e segunda variáveis canônicas explicaram 57% e

79%, respectivamente; com adição da terceira variável canônica 92% da variação total foi explicada. Além do mais, dos 11 caracteres morfológicos utilizados pelo pesquisador, três foram descartados, ficando o estudo de divergência entre os 132 genótipos limitado a oito caracteres. Na presente pesquisa, não houve a necessidade de descarte de nenhuma característica avaliada. Diante desses fatos, foi possível estabelecer um gráfico de dispersão dos cultivares considerando apenas dois eixos cartesianos (Figura 1).

Observando os resultados obtidos com os procedimentos multivariados, uma das dificuldades que se apresenta de início, é a não consistência da classificação dos cultivares pelas diferentes metodologias. No presente trabalho, tanto com o uso das distâncias de Mahalanobis quanto com as distâncias Euclidianas, foi possível formar pelo menos três grupos distintos. Contudo, a distribuição dos cultivares dentro de cada um desses grupos foi muito variável, mostrando não haver coerência nos resultados dessas duas metodologias. Talvez, a principal explicação para esse fato, seja a dada por Cruz & Regazzi (1994) que afirmam que as distâncias de Mahalanobis e as distâncias Euclidianas só são similares quando não há correlação entre os caracteres. Como no presente trabalho foi possível detectar diversas correlações significativas entre os caracteres avaliados (Tabela 5), não houve consistência no agrupamento por esses dois procedimentos.

Vale ressaltar que o gráfico de dispersão dos autovetores mostrou resultado praticamente idêntico ao das distâncias de Mahalanobis (Figuras 1 e 2). Por esses procedimentos foi possível identificar, como já mencionado, três grupos distintos.

O primeiro envolveu o cultivar PG 1, obtido em 1924, que foi um dos primeiros cultivares utilizados no Brasil, e o cultivar Toropi, que não é tão antigo e foi obtido no ano de 1965, porém ambos cultivados apenas no sul do país (Osório, 1982). Inclusive, ficou evidenciada essa não adaptação às condições locais, pois o “Toropi” apresentou a menor produtividade de grãos dentre os 20 cultivares testados a campo (Tabela 4). O segundo grupo envolveu três cultivares, incluindo novamente materiais cultivados apenas no Sul, como ‘Frontana’, ‘CEP 14-Tapes’ e ‘OCEPAR 10-Garça’; deve-se considerar que ‘Frontana’ lançado na década de 40, apresenta participação expressiva no germoplasma brasileiro, constituindo-se inclusive em uma das grandes contribuições à triticultura mundial (Osório, 1982). Finalmente, o terceiro grupo envolveu os demais cultivares, cuja maioria, embora alguns deles não tenham sido desenvolvidos especificamente em programas de melhoramento do Brasil Central, mostrou desempenho superior nos ensaios regionais de avaliação de cultivares, com ampla adaptação, o que possibilitou a sua recomendação para essa região (EMBRAPA, 1996). Esses resultados, mostram que existe concordância entre os agrupamentos obtidos e a utilização prática dos cultivares citados.

O principal objetivo desse trabalho, era verificar a coerência entre o coeficiente de parentesco e procedimentos multivariados, na avaliação da divergência genética. As discrepâncias observadas entre as classificações dos cultivares com base nos coeficientes de parentesco (genealogias) e nas análises multivariadas (marcadores morfológicos), foram confirmadas pela correlação classificatória de Spearman,

praticamente nula (Tabela 9), entre os resultados obtidos pelos dois métodos. Inúmeros resultados apresentados na literatura em várias espécies, inclusive com o trigo, são concordantes com os obtidos nesse trabalho. No caso do trigo, Autrique et al. (1996) estudando 113 genótipos/linhagens locais de trigo duro por meio de RFLPs (Fragmentos Polimórficos de Restrição de DNA), caracteres morfológicos e coeficientes de parentesco não encontraram correlação significativa entre essas metodologias. As correlações entre coeficientes de parentesco e os outros 2 procedimentos de avaliação da divergência genética foram não significativas. Este tipo de resultado também foi alcançado por Barbosa Neto et al. (1996) no estudo da divergência de 112 linhagens de trigo, o qual não detectou correlação significativa entre RFLPs e coeficientes de parentesco. Martinov (1989) também confirmou a falta de correlação entre resultados obtidos por marcadores moleculares, marcadores morfológicos e coeficientes de parentesco entre 57 cultivares de trigo na Rússia.

Algumas considerações podem ser aventadas para explicar a não coerência na classificação da divergência dos cultivares por esses procedimentos. Uma delas, é que dois melhoristas trabalhando em condições ambientais distintas, tais como o sul do país e o Brasil Central, realizam um mesmo cruzamento e obtém no final de cada um deles uma linhagem superior. Embora elas possuam o mesmo coeficiente de parentesco, ou seja, 1 ou 100%, as duas linhagens podem ser totalmente diferentes morfológicamente, especialmente se os dois genitores forem geneticamente muito discrepantes.

Eventualmente, essa diferença pode ser até mesmo superior a de duas outras linhagens cujo coeficiente de parentesco é nulo.

Outro aspecto é que a interação G x A (genótipos por ambientes) envolvida no cálculo das distâncias pode ter sido um fator que levou às baixas correlações encontradas. Além do mais, é que na avaliação da divergência por marcadores morfológicos, são envolvidos normalmente características que podem não receber atenção alguma dos melhoristas durante o processo seletivo. Assim, mesmo sendo aparentadas, elas podem diferir amplamente para uma série de outras características.

Diante do exposto, os resultados obtidos nesse trabalho e em outros relatos na literatura, mostram que o uso do coeficiente de parentesco pelo melhorista na escolha de genitores mais divergentes deve ser feito com ressalva. Esse procedimento deve, sempre que possível, ser acompanhado de outras informações, especialmente relacionadas com a adaptação dos cultivares, ou seja, as estimativas de coeficientes de parentesco devem ser apenas ferramentas auxiliares de outros critérios de seleção: ciclo, perfilhamento, altura da planta, reação a pragas e doenças, tolerância ao complexo de acidez do solo, qualidade industrial da farinha, produtividade. Em relação à produtividade de grãos, é de importância fundamental incluir a homeostase ou algum tipo de controle da interação de genótipos x ambientes para otimizar a seleção dos genitores. Dessa forma, pode-se contribuir para suplantarmos os atuais patamares de produtividade de trigo no país, contribuindo para se alcançar a auto-suficiência da produção de trigo no Brasil.

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados discutidos permitem as seguintes conclusões relativas ao germoplasma de trigo recomendado no Brasil recentemente:

a) O germoplasma brasileiro possui um nível adequado de divergência genética para assegurar progresso por médio a longo prazo;

b) Não houve concordância entre os métodos de estimação de divergência genética baseados nos coeficientes de parentesco (genealogias) e nas análises multivariadas (marcadores morfológicos). Porém, independente do método utilizado, os 20 cultivares de trigo avaliados podem ser classificados em três grupos distintos em divergência genética, embora cada método tenha apresentado alguns cultivares diferentes dentro de cada grupo.

c) O coeficiente de parentesco (genealogias) deve ser considerado apenas como critério auxiliar na seleção de parentais, a qual deve ser baseada também nos caracteres agronômicos relevantes à adaptação das plantas aos ambientes de cultivo;

d) Correlações detectadas entre os caracteres para os 20 cultivares utilizados podem explicar a melhor representatividade de resultados obtidos pelas distâncias de Mahalanobis relativamente às distâncias Euclidianas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, Z.; KATIYAR, R.P.; SHYAM, R. Genetic divergence in triticales. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.1, n.40, p.35-38, 1980.
- ALCOVER, M. **Linhas gerais do trabalho de melhoramento do trigo no Instituto Agrônomo**. São Paulo: Instituto Agrônomo, Secretaria da Agricultura, 1972. 24p. (Circular, 18).
- AUTRIQUE, E.; NACHIT, M.M.; MONNEVEUX, P.; TANKSLEY, S.D.; SORRELLS, M.E. Genetic diversity in durum wheat based on RFLPs, morphophysiological traits, and coefficient of parentage. **Crop Science**, v.3, n.36, p.735-742, 1996.
- BAEZINGER, P.S.; PETERSON, C.J. Genetic variation: its origin and use for breeding self pollinated species. In: STALKER, H.T.; MURPHY, J.P. (Eds.). **Plant breeding in the 1990's**. CAB International, 1992. cap.4, p.69-92.
- BAINIWAL, C.R.; JATASRA, D.S. Genetic divergence in pigeon pea. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v.1, n.40, p.247-250, Mar. 1980.
- BARBOSA NETO, J.F.; SORRELLS, M.E.; CISAR, G. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLP - based estimates of genetic relationship. **Genome**, v.6, n.39, p.1142-1149, 1996.
- BIOTECNOLOGIA, ciência e desenvolvimento. KL3 **Comunicações**, v.1, n.2, p.13-22, jul./ago. 1997.
- BOCK, R.D. **Multivariate statistical methods in behavioral research**. New York: McGraw-Hill, 1975. 623p.
- CAMARGO, C.E.O.; FELÍCIO, J.C. Melhoramento genético do trigo no Instituto Agrônomo. **O Agrônomo**, v.3, n.38, p.213-228, 1986.

- CAVARIANI, C.; SOUZA, M.A. de. Características usadas na descrição de cultivares de trigo. **Informe Agropecuário**, v.9, n.97, p.14-20, jan. 1983.
- COX, T.S.; KIANG, Y.T.; GORMAN, M.B.; RODGERS, D.M. Relationship between coefficient of parentage and similarity indices in soybean. **Crop Science**, v.25, p.529-532, May/June 1985.
- COX, T.S.; MURPHY, J.P. The effects of partial divergence on  $F_2$  heterosis in winter wheat crosses. **Theoretical and Applied Genetics**, v.2, n.79, p.241-250, 1990.
- CROW, J.F. Breeding structure of populations. II. Effective population number. In: KEMPTORNE, O.; BANCROFT, T.A.; GOWEN, J.W.; LUSH, J.L. **Statistics and mathematics in biology**. Ames: Iowa State College, 1954. p.543-556.
- CRUZ, C.D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. Piracicaba, 1990. 188p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. cap.6, p.287-324: Divergência genética.
- EDWARDS, A.W.F.; CAVALLI-SFORZA, L.L. A method for cluster analysis. **Biometrics**, n.21, p.362-375, June 1965.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Recomendações da Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo para os anos de 1995/96**. Planaltina, 1996. 73p. (Documentos, 60).
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- FEDERIZZI, L.C.; MILACH, S.C.K.; BARBOSA NETO, J.F.; PACHECO, M.T. Melhoramento genético de trigo e aveia no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, Lavras, 1997. **Anais**. Lavras: UFLA, 1997. p.129-146.
- FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975. 1499p.
- FERREIRA, D.F. Métodos de avaliação da divergência em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. Lavras, 1993. 72p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

- FERREIRA, D.F.; ZAMBALDE, A.L. Simplificação das análises de algumas técnicas especiais da experimentação agropecuária no Mapgen e Softwares correlatos. In: CONGRESSO DA SBI-AGRO, 1., Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: Agrosoft; Ctsoft; SBI-Agro, 1997. p.285-291.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1987. 467p.
- GUPTA, A.K.; MITTAL, R.K.; ZIAUDDIN, A.; PRASAD, R.N.; AHMAD, Z. Genetic divergence analysis in spring wheat (*T. aestivum* L.). **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.4, n.56, p.556-562, 1996.
- HIROMOTO, D.M.; VELLO, N.A. The genetic base of Brazilian soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] cultivars. **Revista Brasileira de Genética**, v.2, n.9, p.295-306, 1986.
- JAIN, K.C.; PANDYA, B.P.; PANDE, K. Genetic divergence in chickpea. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.2, n.41, p.220-225, 1981.
- JARADAT, A.A. Phenotypic divergence for morphological and yield-related traits among landrace genotypes of durum wheat from Jordan. **Euphytica**, v.3, n.52, p.155-164, 1991.
- JOHNSON, R.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 2.ed. Englewoods cliffs: Prentice-Hall, 1988. 607p.
- JOST, M.; COX, T.S.; MILLER, T.E.; KOEBNER, R.M.D. Cluster analysis of Yugoslavian wheat cultivars based upon coefficient of parentage. **International Wheat Genetics Symposium**, 13., Cambridge. **Proceedings...** v.13, n.19, p.1119-1123, July 1988.
- KIM, H.S.; WARD, R.W. Genetic diversity in Eastern U.S. soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell.) based on RFLPs and coefficient of parentage. **Theoretical Applied Genetics**, v.4, n.94, p.472-479, 1997.
- KOHLI, M.M. **Variedades de trigo del cono sur de Sudamérica**. Santiago: CIMMYT, 1986. 71p.
- LAGOS, M.B. **História do melhoramento genético do trigo no Brasil**. Porto Alegre: IPAGRO, 1983. p.1-80.
- LEE, J.; KALTSIKES, P.J. The application of Mahalanobis's generalized distance to measure genetic divergence in durum wheat. **Euphytica**, v.1, n.22, p.124-131, 1973.

- MALÉCOT, G. **Les mathématiques de l'hérédité**. Paris: Masson, 1948. 63p.
- MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. New York: Academic Press, 1979. 521p.
- MARTIN, J.M.; TALBERT, L.E.; LANNING, S.P.; BLAKE, N.K. Hybrid performance in wheat as related to parental diversity. **Crop Science**, v.1, n.35, p.104-108, 1995.
- MARTINOV, S.P. Cluster analysis of Saratov varieties of spring wheat based on coefficient of parentage. **Tsiologiya i Genetika**, v.4, n.23, p.37-43, 1989.
- McCUISTION, W.L. **Wheat cultivar abbreviation**. Corvallis: Oregon State University, 1972. 122p.
- MERCADO, L.A.; SOUZA, E.; KEPHART, K.D. Origin and diversity of North American hard spring wheats. **Theoretical and Applied Genetics**, v.4, n.93, p.593-599, 1996.
- MOSER, H.; LEE, M. RFLP variation and genealogical distance, multivariate distance, heterosis, and genetic variance in oats. **Theoretical and Applied Genetics**, v.8, n.87, p.947-956, 1994.
- MURPHY, J.P.; COX, T.S.; RODGERS, D.M. Cluster analysis of red winter wheat cultivars based upon coefficient of parentage. **Crop Science**, n.26, p.672-676, July/Aug. 1986.
- NEGRILLO, B.G.; PIERRE, M.A. **Métodos multivariados e aplicações**. Londrina: UEL, 1987. 88p.
- OSÓRIO, E.A. Variedades e melhoramento. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Trigo no Brasil**. Campinas, 1982. cap.5, v.1, p.145-197.
- PAIVA, B.O. **Pequena contribuição à taxonomia dos trigos riograndenses**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1943. 35p. (SIPA 118, série A).
- PICARD, B.; BRANCARD, G.; OURY, F.X.; BERARD, P.; ROUSSET, M. A study of genetic diversity in wheat. II. Application to the prediction of heterosis. **Agronomie**, v.9, n.12, p.683-690, 1992a.
- PICARD, B.; BRANCARD, G.; OURY, F.X.; ROUSSET, M. Investigation on genetic diversity of bread wheat. I. Comparison of biochemical agromorphological and pedigree distances. **Agronomie**, v.8, n.12, p.611-622, 1992b.

- RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Wiley, 1952. 390p.
- SCHEEREM, P.L. **Instruções para utilização de descritores de trigo (*Triticum* sp.) e triticale (*Triticosecale* sp.)**. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1984. 32p. (Documentos, 9).
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, Sept. 1974.
- SNEATH, P.H.; SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W.H. Freeman, 1973. 573p.
- SOARES SOBRINHO, J.; SOUZA, M.A. de. Origem, descrição botânica e desenvolvimento do trigo. **Informe Agropecuário**, v.9, n.97, p.9-13, jan. 1983..
- SORRELS, M.G.; BARBOSA, J.; NACHIT, M.N.; KETATA, N.; AUTRIQUE, E. Relationships among 81 durum genotypes based on RFLPs, gladins, parentage and quality traits. In: DURUM WHEAT QUALITY IN THE MEDITERRANEAN REGION, 22., Zaragoza, 1993. **Proceedings**. Zaragoza: Department of Plant Breeding and Biometry; Ithaca: Cornell University, 1995. p.249-262.
- SOUSA, C.N.A. de. **Cultivares de trigo recomendados no Brasil 1922 a 1992**. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1994. 82p. (Documentos, 16).
- SOUSA, C.N.A. de. **Cultivares de trigo no Brasil**. I. Cultivares disponíveis antes de 1950. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1995. 34p. (Documentos, 24).
- SOUSA, C.N.A. de. **Cultivares de trigo no Brasil**. II. Cultivares de sigla IAS. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1997a. 48p. (Documentos, 30).
- SOUSA, C.N.A. de. **Relação das cultivares comerciais de trigo no Brasil de 1922 a 1997**. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1997b. 46p. (Documentos, 39).
- SOUZA, E.; FOX, P.N.; BYERLEE, D.; SKOVMAND, B. Spring wheat diversity in irrigated areas of two developing countries. **Crop Science**, v.3, n.34, p.774-783, 1994.
- SOUZA, M.A. de; SOARES SOBRINHO, J. Cultivares de trigo para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.9, n.97, p.14-26, jan. 1983.
- SRIVASTAVA, A.N.; NEMA, D.P. Graphical analysis of physiological traits and yield in bread wheat (*Triticum aestivum*). **Indian Journal of Agricultural Science**, v.8, n.63, p.479-483, 1993.

- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistical: a biometrical approach**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- TOLEDO, J.F.F. de. Mid parent and coefficient of parentage as predictor for screening among single crosses for their inbreeding potential. **Revista Brasileira de Genética**, v.2, n.15, p.429-437, 1992.
- VAN BEUNINGEN, L.T.; BUSCH, R.H. Genetic diversity among North American spring wheat cultivars. I. Analysis of the coefficient the parentage matrix. **Crop Science**, v.2, n.37, p.570-579, 1997.
- VELLO, N.A. **Endogamia**. Piracicaba: ESALQ/USP, SGAEA, 1985. 29p. (Publicações Didáticas, 1).
- VELLO, N.A.; HIROMOTO, D.M.; AZEVEDO FILHO, A.J.B.V. Coefficient of parentage and breeding of Brazilian soybean germplasm. **Revista Brasileira de Genética**, v.3, n.11, p.679-697, 1988.
- VIANA, J.M.S.; CARDOSO, A.A.; CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; Del GIUDICE, R.M. Genetic divergence in sugar cane (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Genética**, v.3, n.14, p.753-763, Sept. 1991.
- WALIA, D.P.; GARG, D.K. Evaluation of genetic divergence in wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v.4, n.56, p.452-457, 1996.
- WARD, J.H. Hierarchical grouping to optimize a objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v.58, p.236-244, 1963.
- WRIGHT, S. Coefficients of inbreeding and relationship. **American Naturalist**, n.56, p.330-338, 1922.
- ZEVEN, A.C.; ZEVEN-HISSINK, N.C. **Genealogies of 14.000 wheat varieties**. México: CIMMYT, 1976. 120p.