

## Repetibilidade de caracteres fenotípicos e das distâncias genéticas em aveia-branca na presença e ausência de fungicida

### Repeatability of phenotypic characters and genetic distances in white oats in the presence and absence of fungicide

Eduardo Alano Vieira<sup>1</sup>, Fernando Irajá Félix de Carvalho<sup>2</sup>, Antonio Costa de Oliveira<sup>2</sup>, Giovani Benin<sup>2</sup>, Irineu Hartwig<sup>2</sup>, José Antônio Gonzalez da Silva<sup>2</sup>, Igor Pires Valério<sup>2</sup>, Andreza Figueiro-la Martins<sup>2</sup>, Ivandro Bertan<sup>2</sup>, Taciane Finatto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Autor para correspondência. Embrapa Cerrados. BR 020, km 18, s.n, CEP 73310-970, Planaltina (DF), Brasil. vieirae-a@cpac.embrapa.br

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPEl).

#### Resumo

Em aveia, o fator ano apresenta grande influência na manifestação do fenótipo, fazendo com que a estimativa da distância genética entre cultivares, pela avaliação de um único ano, tenha baixa precisão. Os objetivos deste trabalho foram estimar: os coeficientes de repetibilidade e o número de anos necessários para uma predição acurada do valor real dos indivíduos em experimentos com e sem fungicida e a repetibilidade da distância genética, bem como o número de anos necessários para uma predição acurada do valor real da distância genética, baseada em caracteres fenotípicos. Em quatro anos agrícolas, nove cultivares de aveia foram avaliadas na presença e na ausência de fungicida, em delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições. Os coeficientes de repetibilidade dos caracteres e a distância de Mahalanobis foram determinados. Posteriormente, foi estimada a distância baseada nos dados de quatro anos de avaliação, nas condições de presença e ausência de fungicida, e sua correlação. Os resultados indicaram a necessidade da condução dos experimentos por, pelo menos, seis anos, quando se objetiva a estimativa da distância genética baseada em caracteres fenotípicos. Também, foi evidenciada a necessidade da condução de experimentos na presença e ausência de fungicida, uma vez que tais condições geram resultados distintos, conforme ficou demonstrado pela pequena correlação entre as distâncias ( $r=0,004$ ).

**Palavras-chave adicionais:** *Avena sativa*, divergência genética, ferrugem da folha da aveia, melhoramento de plantas.

#### Abstract

In oats, the year factor has a large influence on the phenotype expression. As a consequence, one year estimates of genetic distance between cultivars often have very little precision. The objectives of this work were to estimate: the coefficients of repeatability and the number of years needed for an accurate prediction of real genetic value of individuals in contrasting experiments regarding the presence or absence of fungicide application. Also, the genetic distance repeatability as well as the number of years needed for an accurate measure of genetic distance based on morphological characters was assessed. In four crop seasons, nine oat cultivars were evaluated with and without fungicide application in a random block design, with six replications. Repeatability coefficients and Mahalanobis' distance were determined. Afterwards, the distances based on four years of evaluation in the conditions with/without fungicide application were assessed as well as their correlations. The results indicated the need for conducting the experiment for at least six years, when one intends to estimate the genetic distance based on phenotypic characters. Also, the need for conducting experiments with and without fungicide application was evident, since these two conditions generate distinct data. A low correlation value was seen between the distance estimates in the two conditions ( $r = 0.004$ ).

**Additional keywords:** *Avena sativa*, genetic divergence, crown rust, plant breeding.

#### Introdução

A aveia-branca (*Avena sativa* L.) possui uma ampla área de cultivo dentro do território brasileiro, desde São Paulo e Minas Gerais, até

o extremo sul do Rio Grande do Sul, abrangendo distintas condições edafoclimáticas (BENIN et al., 2005). Estas condições apresentam grande influência na manifestação do caráter rendimento de grãos e de outros caracteres de importância

agronômica, conforme constatado por BENIN et al. (2003a), BENIN et al. (2005) e LORENCETTI et al. (2004). As diferenças de ambiente são evidenciadas principalmente pela presença de interação genótipo x local (FEDERIZZI et al. 1993; BENIN et al., 2003a; LORENCETTI et al., 2004), e genótipo x ano, sendo o fator ano mais importante do que o fator local na manifestação dos fenótipos (BENIN et al., 2005).

O efeito de ambiente é altamente dependente do caráter e do organismo estudado e afeta de forma intensa a acurácia da estimativa de parâmetros genéticos quantitativos (FALCONER, 1981), tal como a distância genética (BENIN et al., 2003a).

A obtenção de estimativas de distância genética, que realmente forneçam subsídios para a identificação de genitores geneticamente divergentes, é de fundamental importância, pois fornece suporte ao pesquisador na escolha das combinações híbridas mais promissoras. Ou seja, que possam garantir a obtenção de populações segregantes com ampla variabilidade genética para os caracteres de interesse, e com uma elevada frequência de indivíduos transgressivos (CRUZ & REGAZZI, 1997). Cabe ressaltar que, além de os genitores serem divergentes, é imprescindível que os mesmos associem média elevada para os caracteres de interesse (BENIN et al., 2003b; VIEIRA et al., 2005).

Dentre as ferramentas utilizadas na estimativa da distância genética entre genótipos de aveia, podem ser destacadas a utilização de dados moleculares (FU et al., 2004), do coeficiente de parentesco (VIEIRA et al., 2005) e da utilização de caracteres agronômicos associados a técnicas multivariadas (BENIN et al., 2003a,b, VIEIRA et al., 2005). A grande diferença existente entre as três técnicas decorre do fato de as estimativas das distâncias, efetuadas por meio de marcadores moleculares e do coeficiente de parentesco, não sofrerem influência de ambiente, enquanto a estimativa, realizada por meio de caracteres agronômicos, tem participação mais intensa do ambiente (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Em função da grande influência do fator ano na manifestação do fenótipo, fica evidente que a estimativa das distâncias genéticas entre cultivares, por meio da avaliação de um único período de cultivo, não confere alta precisão (BENIN et al., 2005). Desta forma, surge a necessidade de estimar o número de anos em que devem ser avaliados os caracteres, para que seja obtida uma aferição mais precisa dos caracteres fenotípicos e das distâncias genéticas. Neste contexto, a utilização do coeficiente de repetibilidade dos caracteres e das distâncias genéticas representa uma alternativa viável para contornar essa dificuldade de precisão.

O conceito de repetibilidade pode ser enunciado como sendo a correlação entre as medidas de determinado caráter em um mesmo indivíduo, que foram repetidas no tempo ou espaço (CRUZ & REGAZZI, 1997). Tal coeficiente permite expressar a proporção da variância total, que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas variações atribuídas ao ambiente permanente. Valores elevados do referido coeficiente indicam que é possível prever o valor real de um genótipo com um número menor de aferições, o que indica um ganho pouco expressivo em acurácia com o aumento do número de medições (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram estimar os coeficientes de repetibilidade e o número de anos necessários para uma predição acurada do valor real dos indivíduos para os caracteres dias da emergência à floração; dias do florescimento à maturação; estatura de planta; rendimento de grãos; massa do hectolitro e massa de mil grãos, bem como a repetibilidade da distância genética entre nove cultivares de aveia, e o número de anos necessários para uma predição acurada do valor real da distância genética, na presença e ausência de fungicida.

## Material e métodos

Os dados experimentais foram provenientes de experimentos do Ensaio Brasileiro de Cultivares Recomendadas de Aveia (EBCRA), conduzidos nos anos agrícolas de 2000, 2001, 2002 e 2003, na área experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF), no município do Capão do Leão (RS), situado a 31° 52' 00" de latitude sul e 52° 21' 24" de longitude oeste, a uma altitude de 13 m. Todos os ensaios foram instalados em delineamento experimental, em blocos completos casualizados, com seis repetições por tratamento (três com a aplicação de fungicida e três sem). Cada parcela experimental foi composta por cinco fileiras de 5 m x 0,20 m, com densidade de semeadura de 70 sementes viáveis por metro linear de sulco. A área útil da parcela foi constituída pelas três fileiras internas (3 m<sup>2</sup>). De acordo com o ano, foi efetuada de uma a duas aplicações do fungicida Tebuconazole (Folicur<sup>®</sup>), na dose de 0,75 L do produto comercial por hectare. As adubações de base e de cobertura e os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia (2000).

As cultivares utilizadas no presente trabalho e suas genealogias estão listadas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Genótipos de aveia avaliados com as respectivas genealogias.  
*Table 1 - Evaluated oat genotypes and their pedigrees.*

Genótipo	Genealogia*
UPF 15	QR 306 = Coker 82-33 // IL3376/OA338
UPF 16	Coronado / X1799-2 // Sel 11 Passo Fundo // X3530-40
UPF 18	UPF 85S0238 / UPF 12
UFRGS 14	805165 // Cor <sup>2</sup> / Ctz <sup>3</sup> / Pendek / ME1563
UFRGS 15	Cor <sup>2</sup> / Ctz <sup>3</sup> / Pendek / ME1563 / C16 CRcpx / C7512 / SRcpx74C8014
UFRGS 17	Cor <sup>2</sup> / Ctz <sup>3</sup> / Pendek / ME1563 // 76-29 / 76-23 / 75-28 / CI833
UFRGS 18	Cocker 81C42 // Cor <sup>2</sup> / Ctz <sup>3</sup> / Pendek / ME1563
URS 20	UFRGS 86 <sup>A</sup> 1194-2 / UFRGS 8
URS 21	UFRGS 10 / CTC 84B993

\*simbologia semelhante à proposta por Purdy et al. (1968).

\*schemes according to Purdy et al. (1968).

Os dados aferidos foram: rendimento de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) (RG); massa de mil grãos (g) (MMG); massa do hectolitro (kg hL<sup>-1</sup>) (MH); estatura de planta (cm) (EP); dias da emergência à floração (DEF), e dias do florescimento à maturação (DFM). Os dados foram primeiramente submetidos à análise de variância, considerando os efeitos de genótipos como fixo, e os anos como aleatórios, sendo realizadas duas análises independentes: uma para o experimento com a aplicação de fungicida, e outra para o experimento sem a aplicação de fungicida. As médias dos caracteres avaliados, nos quatro anos de estudo, foram comparadas por meio da distância mínima significativa (DMS), em nível de 5% de probabilidade de erro. Posteriormente, foi estimada a distância generalizada de Mahalanobis (D<sup>2</sup>), com base nos quatro anos de avaliação dos experimentos, nas condições com e sem aplicação de fungicida. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional Genes (CRUZ, 2001). Com base nas matrizes de distâncias genéticas geradas, foram construídos dois dendrogramas, utilizando o método de agrupamento da média das distâncias (UPGMA). Na estimativa do ajuste entre as matrizes de dissimilaridade e os dendrogramas gerados, foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (SOKAL & ROHLF, 1962), utilizando o programa computacional NTSYS (ROHLF, 2000). A estimativa da significância da correlação (associação) entre as duas matrizes de distância genética (com e sem fungicida) foi obtida pelo emprego do teste de comparação de matrizes de Mantel, com 1.000 permutações (MANTEL, 1967), por meio do programa computacional NTSYS (ROHLF, 2000).

Posteriormente, para cada um dos anos estudados, foi realizada uma análise de variância e estimada a distância generalizada de Mahalanobis (D<sup>2</sup>), entre as nove cultivares estudadas, nas condições com e sem aplicação de fungicida, por meio do programa computacional Ge-

nes (CRUZ, 2001). As estimativas do coeficiente de repetibilidade dos caracteres aferidos e das distâncias genéticas estimadas, nas duas condições de realização dos experimentos, foram obtidas a partir do método dos componentes principais, com base na matriz de correlações (ABEYWARDENA, 1972). Determinou-se, também, o número de medições necessárias para a predição do valor real dos indivíduos e das distâncias, com valores de determinação genotípica (R<sup>2</sup>) de 0,80; 0,85; 0,90; 0,95 e 0,99. Tais estimativas foram efetuadas por meio do programa computacional Genes (CRUZ, 2001).

## Resultados e discussão

Os valores de quadrado médio de tratamentos, resultantes das análises de variância, nas condições com e sem a aplicação de fungicida, estão inseridos na Tabela 2.

Observa-se que houve diferenças significativas, em nível de 5% de probabilidade de erro, para as fontes de variação cultivares, anos e interação (cultivares x anos), para todos os caracteres avaliados, exceto para o fator cultivares, no experimento com a aplicação de fungicida, para os caracteres RG e MMG. A existência de diferenças significativas para o efeito de cultivares na maioria dos caracteres, nos dois experimentos, evidencia a ocorrência de diferenças genéticas entre as cultivares para estes caracteres.

A ausência de diferenças significativas entre as cultivares para os caracteres RG e MMG, na condição de aplicação de fungicida, e a presença de diferenças significativas, na condição sem a aplicação de fungicida, para os mesmos caracteres, permitem estabelecer a hipótese de que as cultivares estudadas apresentam potencial genético de rendimento de grãos similares, e graus distintos de resistência à ferrugem da folha da aveia, que é a principal doença fúngica da aveia na região Sul do Brasil.

**Tabela 2** - Resumo da análise de variância univariada dos caracteres dias da emergência à floração (DEF), dias do florescimento à maturação (DFM), estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), massa do hectolitro (MH) e massa de mil grãos (MMG), em quatro anos de experimentos, com nove cultivares de aveia, nas condições com e sem a aplicação de fungicida.

*Table 2 - Summary of univariate analysis of variance for the traits days from emergence to flowering (DEF), days from flowering to maturation (DFM), plant stature (EP), grain yield (RG), hectoliter mass (MH), and mass of a thousand grains (MMG), in four years of experiments with nine oat cultivars, in the conditions with and without fungicide.*

F.V.	GL/ DF	Quadrado médio					
		DEF (dias)	DFM (dias)	EP (cm)	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	MH (kg hL <sup>-1</sup> )	MMG (g)
<b>Sem fungicida</b>							
Cultivares	8	391*	268*	1.399*	2.791.146*	296*	99*
Anos	3	6.056*	1.296*	4.672*	14.391.845*	392*	1063*
Cultivares x anos	24	24*	34*	122*	766.224*	79*	41*
Resíduo	64	5	9	18	118.715	5	12
Média		92	38	105	1480	35	24
CV (%)		2	8	4	23	6	14
<b>Com fungicida</b>							
Cultivares	8	205*	182*	600*	302.595 <sup>ns</sup>	57*	46 <sup>ns</sup>
Anos	3	5.370*	2.750*	1.522*	21.318.838*	490*	884*
Cultivares x anos	24	66*	38*	106*	362.295*	27*	55*
Resíduo	64	3	6	26	192.130	6	19
Média		61	41	111	2.732	45	32
CV (%)		2	6	5	16	5	13

\*significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.  
<sup>ns</sup>significant at the 5% level of probability according to test F.

Uma vez que os caracteres RG e MMG são, comprovadamente, influenciados pela presença de ferrugem da folha (CAEIRÃO et al., 2001). Ou seja, quando não ocorreu a aplicação de fungicida, somente as cultivares mais resistentes (URS 20 e URS 21) expressaram esta condição, e não evidenciaram grande redução na produtividade e na massa média de grãos, em relação à condição de aplicação de fungicida (Tabela 3).

O elevado nível de resistência de estas cultivares à ferrugem da folha da aveia, em função da pequena redução na produtividade, quando da ausência de aplicação de fungicida, já havia sido detectado e relatado por BENIN et al. (2003a) e BENIN et al. (2005). Além disso, na condição de ausência de aplicação de fungicida, as cultivares URS 20 e URS 21 mostraram médias de RG significativamente superiores às demais cultivares. Por sua vez, a cultivar URS 20 expressou a maior MMG (Tabela 3).

A presença de significância para o fator ano e para a interação genótipo x ano, em todos os caracteres avaliados, em ambos os experimentos, reforça a necessidade da estimativa dos coeficientes de repetibilidade dos caracteres e das distâncias genéticas, visto que os resultados evidenciam que a sensibilidade às variações no fator ano foi marcante, e não da mesma intensidade para os diferentes genótipos (Tabela 3). Portanto, a ordem de classificação das cultivares, quanto ao desempenho para os caracteres

avaliados, não foi a mesma ao longo dos quatro anos do experimento. Dessa forma, fica evidente que as distâncias genéticas estimadas em cada ano são diferentes e podem levar a equívocos de interpretação, caso seja considerada somente a estimativa de um ano. A presença de significância para o efeito principal de anos, para o caráter rendimento de grãos, também foi reportada por BENIN et al. (2005), inclusive com magnitude superior do fator principal anos, em relação ao fator principal locais.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade dos caracteres DEF, DFM, EP e MH foram de magnitudes medianas em ambas as condições de realização dos experimentos (com e sem fungicida; Tabela 4), o que evidencia uma moderada acurácia nas aferições e na regularidade da superioridade do desempenho das cultivares de um ano para outro e que a expressão destes caracteres apresenta um controle genético mediano (Tabela 4).

Em todos estes caracteres, para a obtenção de um coeficiente de determinação de 0,85, foi estimado um tempo indicativo de, pelo menos, quatro anos de experimentos, com exceção para o caráter MH, na condição sem fungicida, que necessitaria de cinco anos para obtenção de tal coeficiente de determinação (Tabela 4).

Estes resultados, juntamente com a presença de forte interação significativa para o efeito de anos e de cultivares x anos (Tabela 2),

reforçam a hipótese de que são necessários alguns anos de avaliação para uma estimativa precisa do desempenho das cultivares, quanto aos caracteres quantificados fenotipicamente.

A repetibilidade representa o valor máximo que a herdabilidade pode atingir (FALCONER, 1981), sendo que a diferença entre a repetibilidade e a herdabilidade é devida ao fato de a variância genotípica utilizada para o cálculo da repetibilidade não ser somente de origem genética, uma vez que o componente de variância do ambiente permanente entre genótipos permanece confundido com essa. Assim, a repetibilidade

é tão mais próxima da herdabilidade quanto menor for a variância dos efeitos permanentes do ambiente (CRUZ & REGAZZI, 1997). Dessa forma, caso a variância estimada fosse puramente genética, os coeficientes de repetibilidade estimados corresponderiam à herdabilidade dos caracteres. Neste sentido, os valores de repetibilidade medianos, estimados no presente trabalho para os caracteres DEF, DFM e EP, concordam com os valores de herdabilidade observados para a cultura da aveia para tais caracteres (MITTELMANN et al., 2001).

**Tabela 3** - Comparação de médias por meio da distância mínima significativa (DMS) dos caracteres dias da emergência à floração (DEF), dias do florescimento à maturação (DFM), estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), massa do hectolitro (MH) e massa de mil grãos (MMG), em quatro anos de experimentos, com nove cultivares de aveia, nas condições com aplicação de fungicida (CF) e sem a aplicação de fungicida (SF).

*Table 3 - Comparison of means through the least significant distance (LSD) of traits days from emergence to flowering (DEF), days from flowering to maturation (DFM), plant stature (EP), grain yield (RG), hectoliter mass (mH), and mass of a thousand grains (MMG), in four years of experiments with nine oat cultivars, in the conditions with and without fungicide.*

Cultivar	Caráter					
	DEF (dias)	DFM (dias)	EP (cm)	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	MH (kg hL <sup>-1</sup> )	MMG (g)
<b>Sem fungicida</b>						
UPF 15	95	36	108	1.296	34	24
UPF 16	90	37	96 I	1.278	30 I	22
UPF 18	97 S*	36	122 S	1.600	37	26
UFRGS 14	94	35	103	1.343	31	28
UFRGS 15	100 S	29 I	86 I	771 I	28 I	21
UFRGS 17	93	38	112	1.168	34	23
UFRGS 19	83 I	44 S	98	1.395	35	21
URS 20	89	41	111	2.156 S	43 S	30 S
URS 21	84 I	44 S	112	2.310 S	41 S	25
Média / Mean	92	38	105	1480	35	24
Amplitude <sup>+</sup>	17	15	36	1.539	15	9
DMS / LSD	3,62	5,00	6,92	562,60	3,58	5,58
<b>Com fungicida</b>						
UPF 15	92	39	111	2.553	44	32
UPF 16	92	41	108	2.753	43	29
UPF 18	98 S	35 I	125 S	2.528	45	34
UFRGS 14	92	40	107	2.892	44	36
UFRGS 15	95 S	38	99 I	2.735	41 I	34
UFRGS 17	92	40	114	3.043	47	31
UFRGS 19	85 I	47 S	107	2.687	49	31
URS 20	91	42	110	2.673	47	33
URS 21	85	46 S	116	2.727	46	31
Média	91,33	40,89	110,78	2.732,33	45,22	32,33
Amplitude <sup>+</sup>	13	12	26	515	7	7
DMS	2,90	4,00	8,34	715,8	4,00	7,04

\* Médias seguidas por S e I nas colunas são superiores ou inferiores, respectivamente, à média do caráter, a 5% de probabilidade de erro.

<sup>+</sup> diferença entre a maior e a menor média do caráter.

\*Means followed by S and I in the columns, are superior or inferior, respectively, to the mean of the character at 5% error probability.

<sup>+</sup> Difference between the highest and the lowest character mean.

**Tabela 4** - Estimativa dos coeficientes de repetibilidade ( $r$ ), coeficientes de determinação ( $R^2$ ), e o número de medições necessárias para a obtenção de diferentes  $R^2$ , utilizando o método dos componentes principais com base na matriz de correlações, para os caracteres dias da emergência à floração (DEF), dias do florescimento à maturação (DFM), estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), massa do hectolitro (MH) e massa de mil grãos (MMG), em quatro anos de experimentos, com nove cultivares de aveia, nas condições com aplicação de fungicida (CF) e sem a aplicação de fungicida (SF).

*Table 4 - Repeatability ( $R$ ) and determination ( $R^2$ ) coefficient, and the number of necessary measures to obtain different  $R^2$ , using the principal component methods based on the correlation matrix, for the traits days from emergence to flowering (DEF), days from flowering to maturation (DFM), plant stature (EP), grain yield (RG), hectoliter mass (MH), and mass of a thousand grains (MMG), in four years of experiments with nine oat cultivars, in the conditions with (CF) and without fungicide (SF).*

Caráter		r	R <sup>2</sup>	Anos para obter um R <sup>2</sup> de:				
				0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
DEF	SF	0,83	0,95	1	1	2	4	21
	CF	0,72	0,91	2	2	3	7	38
DFM	SF	0,67	0,89	2	3	4	9	49
	CF	0,74	0,92	1	2	3	7	36
EP	SF	0,73	0,92	1	2	3	7	36
	CF	0,58	0,85	3	4	7	14	72
RG	SF	0,47	0,78	5	6	10	22	113
	CF	0,16	0,43	21	30	47	99	519
MH	SF	0,55	0,83	3	5	7	15	80
	CF	0,59	0,85	3	4	6	13	70
MMG	SF	0,40	0,73	6	9	14	29	150
	CF	0,11	0,33	32	45	72	152	792

A repetibilidade dos caracteres RG e MMG apresentaram diferenças consideráveis entre as distintas condições de realização do experimento, sendo suas estimativas superiores na ausência de aplicação de fungicida, em relação aos experimentos onde foi aplicado fungicida (Tabela 4), indicando menor previsibilidade do desempenho das cultivares de um ano para outro, nesta última condição. Sob o efeito de aplicação de fungicida, os coeficientes de repetibilidade dos caracteres RG e MMG foram extremamente baixos (Tabela 4). Entretanto, apesar de os coeficientes de repetibilidade dos caracteres RG e MMG terem sido superiores na condição sem aplicação de fungicida, os mesmos não foram elevados, sendo necessários seis (RG) e nove (MMG) anos de avaliação para a obtenção de um coeficiente de determinação de 0,85 (Tabela 4).

O fato de os coeficientes de repetibilidade dos caracteres RG e MMG terem sido superiores quando da ausência de fungicida em relação à condição de presença de fungicida, podem ter por base os diferentes graus de resistência à ferrugem das folhas da aveia das cultivares estudadas, uma vez que esta doença afeta de maneira decisiva tais caracteres (CAEIRÃO et al., 2001). Portanto, uma vez que as cultivares avaliadas possuem diferentes níveis de resistência à ferrugem da folha, é esperado que esta resistência se manifeste todos os anos, ou seja, aquelas mais resistentes tendem a ser mais produtivas e a apresentar maior MMG ao longo dos anos em relação aos não resistentes,

quando da ausência de aplicação de fungicida. Tal fato faz com que a ordem de classificação das cultivares se mantenha ao longo dos anos e, desta forma, os coeficientes de repetibilidade tendam a ser mais elevados na ausência de aplicação de fungicida, pelo menos até a seleção de novas raças do patógeno, que diminuam a resistência das cultivares. Por sua vez, na condição de aplicação de fungicida, não é possibilitado às cultivares expressarem os genes de resistência à ferrugem das folhas, e como as cultivares avaliadas apresentam potencial de rendimento e MMG semelhantes, mas a análise estatística evidenciou uma interação significativa entre os fatores cultivares x ano, para tais caracteres (Tabela 2), estas variações acabam por ser potencializadas, e desta forma, ocorre uma grande alteração na ordem de classificação das cultivares para tais caracteres, o que acaba por reduzir o coeficiente de repetibilidade. Além disso, a aplicação de fungicida possibilita condições para as cultivares expressarem todo seu potencial genético; sendo assim, as diferenças de anos de cultivo (ano bom e ano ruim) são detectadas com maior facilidade.

A estimativa da distância genética entre as cultivares, por meio de análise multivariada, considerando o conjunto dos caracteres, permite observar que, na condição de aplicação de fungicida, o coeficiente de repetibilidade das distâncias genéticas ( $r = 0,50$ ) foi ligeiramente superior ao da condição de ausência de fungicida ( $r = 0,40$ ; Tabela 5).

**Tabela 5** - Estimativa dos coeficientes de repetibilidade ( $r$ ), coeficientes de determinação ( $R^2$ ), e do número de medições necessárias para a obtenção de diferentes  $R^2$ , utilizando o método dos componentes principais com base na matriz de correlações, para as estimativas das distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ), em quatro anos de experimentos, com nove cultivares de aveia, nas condições com aplicação de fungicida (CF) e sem a aplicação de fungicida (SF).

*Table 5 - Repeatability ( $R$ ) and determination ( $R^2$ ) coefficient, and the number of necessary measures to obtain different  $R^2$ , using the principal component methods based on the correlation matrix, for the Mahalanobis distance ( $D^2$ ) estimates in four years of experiments, with nine oat cultivars, in the conditions with (CF) and without fungicide (SF) application.*

Condição	r	R <sup>2</sup>	Anos para obter um R <sup>2</sup> de:				
			0,80	0,85	0,90	0,95	0,99
SF	0,40	0,73	6	8	13	28	147
CF	0,50	0,80	4	6	9	19	97

Os coeficientes de determinação das distâncias foram de 0,73 e 0,80 para as condições de ausência e presença de fungicida, respectivamente. Esses resultados de repetibilidade, de magnitude mediana a baixa, evidenciam a necessidade da avaliação das cultivares por vários anos para a obtenção de uma estimativa confiável das distâncias, em ambas as condições de realização dos experimentos. Ou seja, são necessários entre seis e oito anos de condução de experimentos para as condições com e sem a aplicação de fungicida, respectivamente, para a obtenção de um coeficiente de determinação de 0,85 (Tabela 4). Os resultados obtidos apontam para um cenário em que a análise dialéctica que permite a estimativa da capacidade geral de combinação (CGC), relacionada principalmente aos efeitos gênicos aditivos, e a capacidade específica de combinação (CEC), relacionada principalmente aos efeitos gênicos não aditivos (dominância e epistasia) (CRUZ & REGAZZI, 1997), constitui-se em uma alternativa viável e complementar às estimativas das distâncias genéticas na seleção de genitores para programas de melhoramento.

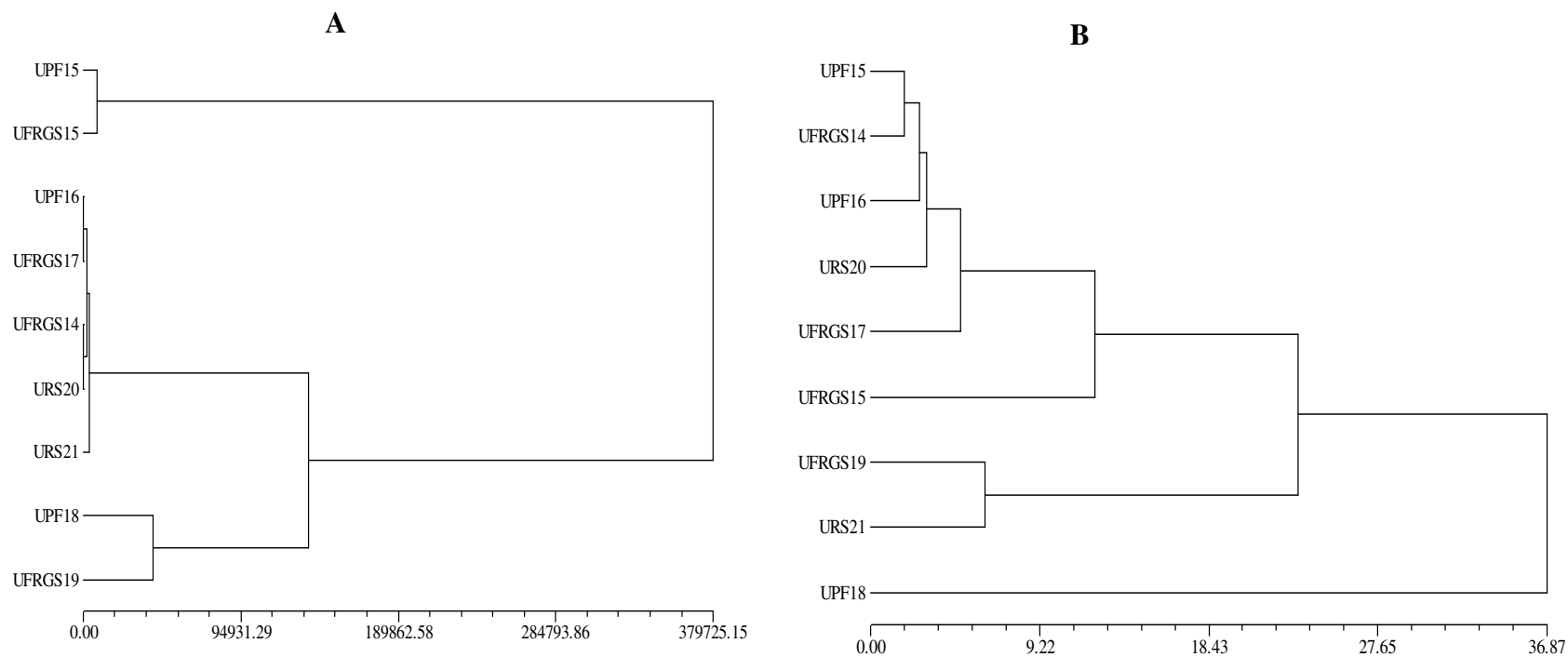
Na ausência da aplicação de fungicida (Figura 1), a representação gráfica das distâncias evidenciou a formação de dois grandes grupos, sendo um dos grupos formado pelas cultivares UPF 15 e UFRGS 15, e o outro grupo dividido em dois sub-grupos: subgrupo 1 (UPF 16, UFRGS 17, UFRGS 14, URS 20 e URS 21) e sub-grupo 2 (UPF 18 e UFRGS 19). O coeficiente de correlação cofenética evidenciou um bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias e a matriz original de distâncias  $r = 0,92$ . Por sua vez, na presença de fungicida (Figura 1), a representação gráfica das distâncias não evidenciou a formação de agrupamentos concisos, como foi observado quando da ausência de fungicida. Além disso, ficou evidente que a cultivar UPF 18 foi a mais dissimilar em relação às demais (Figura 1). A ausência de agrupamentos concisos também pode ser explicada pelo menor coeficiente cofenético expressado pela representação gráfica das distâncias ( $r = 0,75$ ) em tal condição (Figura 1). Também chama a atenção o fato de

as distâncias estimadas na condição de ausência de fungicida terem sido muito superiores às estimadas quando da aplicação de fungicida (Figura 1). Estas maiores distâncias são um reflexo direto da ocorrência de uma gama de variação muito superior nas médias das cultivares, na ausência de aplicação de fungicida (Tabela 3).

Os resultados do presente trabalho indicaram a necessidade da condução de experimentos com aveia por, pelo menos, seis anos, quando o objetivo é a estimativa da distância genética entre cultivares, com base em caracteres fenotípicos (Tabela 4). Além disso, foi comprovada a necessidade da condução dos experimentos nas condições com e sem fungicida, uma vez estas geram resultados distintos, como demonstra a correlação entre as distâncias estimadas em ambas as condições com base nos quatro anos de avaliação ( $r = 0,004$ ), ou seja, as distâncias estimadas são completamente diferentes (Figura 1).

Apesar destas diferenças, ambas as distâncias são informativas para a recomendação de cruzamentos, uma vez que, na condição de ausência de aplicação de fungicida, as distâncias podem ser encaradas como um indicativo dos diferentes graus de resistência à ferrugem da folha existentes entre as cultivares, enquanto as distâncias estimadas na condição de aplicação de fungicida podem ser um indicativo das diferenças no potencial genético das cultivares.

Desta forma, em relação à recomendação de cruzamentos, os resultados evidenciaram que as cultivares URS 20 e URS 21, que apresentam genealogias distintas (Tabela 1), são genitores promissores, tanto para cruzamento entre si como com qualquer uma das outras cultivares avaliadas. Essas cultivares apresentaram elevado potencial produtivo e resistência à ferrugem da folha (Tabela 3). Além de elevado desempenho, tais cultivares apresentam genealogia distinta (Tabela 1) e revelaram dissimilaridade na condição de aplicação de fungicida (Figura 1).



**Figura 1** - Dendrogramas resultantes da análise de agrupamento de nove cultivares de aveia, obtidos pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância de Mahalanobis (com base nos quatro anos de avaliação) em experimentos: A) sem a aplicação de fungicida (correlação cofenética  $r = 0,92$ ), e B) com a aplicação de fungicida (coeficiente de correlação cofenética  $r = 0,75$ ).

*Figure 1 - Dendrograms resulting from the clustering analysis of nine oat cultivars, obtained by the UPGMA clustering procedure, using the Mahalanobis distance (based on four years of evaluation) in the experiments: A) without fungicide application (cophenetic correlation coefficient value  $r = 0.92$ ) and B) with fungicide application (cophenetic correlation coefficient value  $r = 0.75$ ).*



Entretanto, as cultivares URS 20 e URS 21 agruparam-se conjuntamente na condição de ausência de aplicação de fungicida (Figura 1), o que foi provocado principalmente pelo elevado grau de resistência à ferrugem da folha que tais cultivares apresentam. A dissimilaridade apresentada na condição de aplicação de fungicida sugere que estes genótipos podem apresentar genes distintos relacionados à produtividade, e que estes podem vir a ser combinados em uma terceira constituição genética (gerando um indivíduo transgressivo). Se eles apresentam os mesmos genes ou não para a resistência à ferrugem da folha da aveia, não é possível afirmar-se somente com base nos resultados deste trabalho. Na obtenção de tal resposta, faz-se necessária a inoculação de raças conhecidas do fungo causador da ferrugem da folha da aveia (*Puccinia coronata* f. sp. *avenae*), para a prospecção dos genes de resistência apresentados por tais cultivares de aveia (VIEIRA et al., 2006).

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS, CNPq e CAPES, pelos auxílios recebidos e bolsas de pós-graduação e produtividade em pesquisa.

#### Referências

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, Hajjderabad, v.16, n.1, p.27-51, 1972.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; ASSMANN, I. C.; FLOSS, E. L.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V.; SILVA, J. G. Implicações do ambiente sobre o rendimento de grãos em aveia e suas influências sobre estimativas de parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.3, p.207-214, 2003a.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C.; KUREK, A. J.; SILVA, J. A. G.; CRUZ, P. J.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D. A. M. Comparações entre medidas de dissimilaridade e estatísticas multivariadas como critérios no direcionamento de hibridações em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.657-662, 2003b.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; LORENCETTI, C.; VIEIRA, E. A.; COIMBRA, J. L. M.; VALÉRIO, I. P.; FLOSS, E. L.; BERTAN, I.; SILVA, G. O. Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.295-302, 2005.

CAEIRÃO, E.; CARVALHO, F. I. F.; FLOSS, E.

L.; SÁNCHEZ-CHACÓN, C. D.; LORECETTI, C.; MARCHIORO, V. Efeito de níveis de severidade e incidência da ferrugem-da-folha e ferrugem-do-colmo no rendimento de linhagens de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.43-52, 2001.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. Indicações técnicas para a cultura da aveia. Pelotas: UFPel, 2000. 70p.

CRUZ, C. D. **Programa genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1981. 340p.

FEDERIZZI, L. C.; BARBOSA-NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F.; VIAU, L. V. M.; SEVERO, J. L.; FLOSS, E. L.; ALVES, A. C.; ALMEIDA, J. L.; SILVA, A. C. Estabilidade do rendimento de grãos em aveia: efeito do uso de fungicida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.4, p.465-472, 1993.

FU, Y. B.; KIBITE, S.; RICHARDS, K. W. Amplified fragment length polymorphism analysis of 96 Canadian oat cultivars released between 1886 and 2001. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontário, v.84, n.1, p.23-30, 2004.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I. F.; MARCHIORO, V.; BENIN, B.; OLIVEIRA, A. C.; FLOSS, E. L. Implicações do uso de fungicida nos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos em cultivares de aveia-branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.693-700, 2004.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, Chestnut, v.27, n.2, p.209-220, 1967.

MITTELMANN, A.; CARVALHO, F. I. F.; BARBOSA-NETO, J. F.; AMARAL, A. L.; PANDINI, F. Herdabilidade para os caracteres ciclo vegetativo e estatura de planta em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.999-1002, 2001.

PURDY, L. H.; LOEGERING, W. Q.; KONZAK, C. F.; PETERSON, C. J.; ALLAN, R. E. A proposed standard method for illustrating pedigrees of small grains varieties. **Crop Science**, Madison, v.4, n.8, p.405-406, 1968.

ROHLF, F. J. **NTSYS-pc**: numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.1. New York: Exeter Software, 2000.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **The comparison of dendrograms by objective methods**. Taxon, Berlin, v.11, n.1, p.30-40, 1962.

VIEIRA, E.A.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN, G.; ZIMMER, P.D.; SILVA, J.A.G.; MARTINS, A.F.; BERTAN, I.; SILVA, G.O.; SCHIMIDT, D.A.M. Comparação entre medidas de distância genealógica, morfológica e molecular em aveia (*Avena sativa*) em experimentos com e sem a aplicação de fungicida. **Bragantia**,

Campinas, v. 64, n. 1, p. 51-60, 2005.

VIEIRA, E. A.; CARVALHO, F. I. F.; CHAVES, M. S.; OLIVEIRA, A. C.; BERTAN, I.; MARTINS, A. F.; HARTWIG, I.; BENIN, G.; VALÉRIO, I. P.; FONSECA, D. A. R. Padrão de resistência de genótipos de aveia à ferrugem-da-folha na definição de hibridações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.607-614, 2006.

Recebido em 06-03-2006

Aprovado para publicação em 16-06-2007