

**Repetibilidade de  
Caracteres Fenotípicos e  
Distâncias Généticas em  
Aveia em Experimentos  
com e sem Fungicida**



# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 166***

## **Repetibilidade de Caracteres Fenotípicos e Distâncias Genéticas em Aveia em Experimentos com e sem Fungicida**

Eduardo Alano Vieira  
Fernando Irajá Félix de Carvalho  
Marília Santos Silva  
Josefino de Freitas Fialho

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

[sac@cpac.embrapa.br](mailto:sac@cpac.embrapa.br)

**Comitê de Publicações**

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretária-Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Capa: *Marcello Batista de Sousa*

Foto da capa: *Léo Miranda*

Editoração eletrônica: *Wellington Cavalcanti*

*Marcello Batista de Sousa*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

*Jaime Arbués Carneiro*

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

**1ª edição**

1ª impressão (2006): tiragem 100 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.  
Embrapa Cerrados.

---

R425 Repetibilidade de caracteres fenotípicos e distâncias genéticas em aveia em experimentos com e sem fungicida / Eduardo Alano Vieira [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2006. 21 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 166).

1. Melhoramento genético vegetal. 2. Aveia. 3. Doença fúngica. I. Vieira, Eduardo Alano. II. Série.

---

631.52 - CDD 21

© Embrapa 2006

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	10
Referências .....	19

# Repetibilidade de Caracteres Fenotípicos e Distâncias Genéticas em Aveia em Experimentos com e sem Fungicida

---

*Eduardo Alano Vieira*<sup>1</sup>

*Fernando Irajá Félix de Carvalho*<sup>2</sup>

*Marília Santos Silva*<sup>3</sup>

*Josefino de Freitas Fialho*<sup>4</sup>

## 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: (i) 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; (ii) a repetibilidade da distância genética e o número de anos necessários para uma predição acurada do valor real da distância genética baseada em caracteres fenotípicos. Por quatro anos, nove cultivares foram avaliadas com e sem fungicida, em delineamento de blocos ao acaso com seis repetições. Foram estimados os coeficientes de repetibilidade dos caracteres e a distância de Mahalanobis. Posteriormente, foi estimada a distância baseada nos quatro anos de avaliação, nas condições com e sem 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 com e sem fungicida, uma vez que essas condições geram resultados distintos, como foi demonstrado pela pequena correlação entre as distâncias ( $r = 0,004$ ).

Termos para indexação: *Avena sativa*, divergência genética, ferrugem-da-folha-da-aveia, melhoramento de plantas.

---

<sup>1</sup> Eng. Agrôn., D.Sc., Embrapa Cerrados, vieiraea@cpac.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng. Agrôn., Ph.D., Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, s/n, Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas, RS, carvalho@ufpel.tche.br

<sup>3</sup> Eng. Agrôn., Ph.D., Embrapa Cerrados, marilia@cpac.embrapa.br

<sup>4</sup> Eng. Agrôn., M.Sc., Embrapa Cerrados, josefino@cpac.embrapa.br

# Repeatability of Phenotypical Traits and Genetic Distances in Oat Experiments with and without Fungicide

---

## Abstract

*In oats, the year factor has a major influence on the phenotype, making the estimative of genetic distances among cultivars not very precise when based on one year data. The objectives of this work were to estimate: (i) repeatability coefficients and the number of years needed for an accurate prediction for the real value of individuals, using experiments with and without fungicide, (ii) repeatability and the number of years for an accurate prediction of genetic distances by phenotypic traits. During four years, nine oat cultivars were evaluated with and without fungicide, in random block design with six replications. It was estimated the repeatability coefficient of the traits and the Mahalanobis distance. Later it was estimated the distance based on the four years of evaluation, in the conditions with and without fungicide and a correlation between it was determinate. The results indicate the need for conducting oat experiments for at least six years, when a phenotype based genetic distance estimate is wanted. Besides, it was shown the need for conducting experiments with and without fungicide, since this conditions generated distinct results, as shown by the small correlation between the distances ( $r = 0,004$ ).*

*Index terms: 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. Essas condições apresentam grande influência na manifestação do caráter rendimento de grãos e outros caracteres de importância agrônômica, conforme constatado por Holland et al. (2000); Benin et al. (2003a); Benin et al. (2005) e Lorencetti et al. (2004). Essas 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 precisão de parâmetros genéticos quantitativos, sendo a principal fonte de erro que reduz a precisão das estimativas de parâmetros genéticos quantitativos (FALCONER, 1981), tal como a distância genética.

A obtenção de estimativas de distância genética que realmente forneçam subsídios para a identificação de genitores geneticamente divergentes é de fundamental importância, pois fornecem 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 alta frequência de indivíduos transgressivos. Cabe ressaltar que, além dos genitores serem divergentes, é imprescindível que associem média elevada para os caracteres de interesse.

Entre as ferramentas utilizadas na estimativa da distância genética entre constituições genéticas de aveia, pode-se destacar a utilização de dados moleculares (FU et al., 2004), do coeficiente de parentesco (VIEIRA et al., 2005) e de caracteres agrônômicos associados a técnicas multivariadas (KUREK et al., 2002; 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 a participação do ambiente de forma mais intensa (ALLARD, 1999).

Em razão 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. Dessa 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. Nesse contexto, a utilização do coeficiente de repetibilidade dos caracteres e das distâncias genéticas representa uma alternativa viável para contornar a 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). Esse coeficiente permite expressar a proporção da variância total, que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas atribuídas ao ambiente permanente. Valores altos desse 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).

Dessa forma, os objetivos do trabalho foram estimar: (i) 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, peso do hectolitro e peso de mil de grãos em experimentos com e sem a aplicação de fungicida; (ii) 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 em experimentos com e sem a aplicação de fungicida.

## **Material e Métodos**

Os dados experimentais foram provenientes de experimentos do Ensaio Brasileiro de Cultivares Recomendadas de Aveia (EBCRA), conduzidos nas safras agrícolas de 2000, 2001, 2002 e 2003, na área experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, no Centro Agropecuário da Palma, 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 13,2 m. Todos os ensaios foram instalados em delineamento experimental de blocos completos casualizados com seis repetições por tratamento (três com a aplicação de fungicida e três sem). Cada parcela foi composta por cinco fileiras de 5 m x 0,20 m com densidade de semeadura de 70 sementes viáveis por metro linear. A área útil da parcela foi constituída pelas três fileiras internas (3 m<sup>2</sup>). De acordo com o ano, foram efetuadas de uma a duas aplicações do fungicida Tebuconazole (Folicur), na dose de 0,75 litros ha<sup>-1</sup> do produto comercial. As adubações de base e cobertura foram realizadas de acordo com a análise de solo de cada ano, sendo os tratos culturais efetuados quando necessários.

As cultivares utilizadas neste trabalho e suas genealogias estão listadas na Tabela 1. Os dados aferidos foram: rendimento de grãos em kg ha<sup>-1</sup> (RG), peso de mil grãos em gramas (PMG), peso do hectolitro em kg hL<sup>-1</sup> (PH), estatura de planta em centímetros (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 dos anos como aleatório, 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 foram comparadas pela distância mínima significativa (DMS) a 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, 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). Para a estimativa do ajuste entre as matrizes de dissimilaridade e os dendrogramas gerados, foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (r) (SOKAL; ROHLF, 1962), utilizando o programa computacional NTSYS pc 2.1 (ROHLF, 2000). Para a estimativa da significância da correlação (associação) entre as duas matrizes de distância genética (com e sem fungicida), foi empregado o teste de comparação de matrizes de Mantel, com mil permutações (MANTEL, 1967), pelo programa computacional NTSYS pc 2.1 (ROHLF, 2000).

Depois, 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, pelo programa computacional Genes (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). O método foi escolhido por ser o mais indicado quando os genótipos apresentam um comportamento cíclico em relação aos caracteres aferidos (elevada interação entre genótipo x ambiente). Foi determinado também o número de medições necessárias para a predição do valor real dos indivíduos e das distâncias, com valores de determinação genotípica ( $R^2$ ) de 0,80; 0,85; 0,90; 0,95 e 0,99. Essas estimativas foram efetuadas pelo programa computacional Genes (CRUZ, 2001).

**Tabela 1.** Genótipos de aveia avaliados com as respectivas genealogias.

Genótipo	Genealogia*
UPF 15	QR 306 // IL3376/OA338
UPF 16	Coronado / X1799-2 // Sel 11 Passo Fundo /3/ X3530-40
UPF 18	UPF 85S0238 / UPF 12
UFRGS 14	Pendek / ME 1563 // 2* Cor /3/ 3* Ctz /4/ 895165
UFRGS 15	Pendek / ME 1563 // 2* Cor /3/ 3* Ctz /4/ C16CRcpx / C7512 // SRcpx74C8014
UFRGS 17	Pendek / ME 1563 // 2* Cor /3/ 3* Ctz /4/ 76-29 / 76-23 // 75-28 /3/ CI833
UFRGS 18	Pendek / ME 1563 // 2* Cor /3/ 3* Ctz /4/ Cocker 81C42
URS 20	UFRGS 86A1194-2 / UFRGS 8
URS 21	UFRGS 10 / CTC 84B993

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

## 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. É possível observar diferenças significativas, a 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 PMG. 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 esses caracteres, o que reforça a necessidade da estimativa da distância genética.

A ausência de diferenças significativas entre os genótipos para os caracteres RG e PMG, 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. Isso tendo em vista que os caracteres RG e PMG são comprovadamente influenciados pela presença de ferrugem-da-folha (CAEIRÃO et al., 2001), ou seja, quando não ocorreu a aplicação de fungicida, somente os genótipos mais resistentes (URS 20 e URS 21) expressaram essa condição e não evidenciaram grande redução na produtividade e no peso médio de grãos, em relação à condição de aplicação de fungicida (Tabela 3). O elevado nível de resistência dessas cultivares à ferrugem-da-folha-da-aveia, em função da pequena redução na produtividade, quando há ausência de aplicação de fungicida, já havia sido detectado e relatado por Benin et al. (2003a) e Benin et al. (2005). Ademais, na condição de ausência de aplicação de fungicida, as cultivares URS 20 e URS 21 mostraram médias de RG significativamente superiores à média das demais cultivares, e a cultivar URS 20 expressou o maior PMG.

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. Portanto, a ordem de classificação dos genótipos, 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 de anos em relação ao fator principal de locais.

**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), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG), em quatro anos de experimentos com nove cultivares de aveia, nas condições com e sem a aplicação de fungicida.

F.V.	Quadrado médio						
	GL	DEF dias	DFM dias	EP cm	RG kg/ha <sup>-1</sup>	PH kg/hl <sup>-1</sup>	PMG g
<b>Sem fungicida</b>							
Cultivares	8	390,94*	268,20*	1398,53*	2791145,79*	296,04*	98,53*
Anos	3	6056,46*	1296,06*	4672,23*	14391845,07*	391,91*	1063,22*
Cultivares x anos	24	24,40*	34,01*	122,11*	766223,68*	78,64*	41,11*
Resíduo	64	4,92	9,41	17,91	118714,59	4,78	11,65
Média		91,74	37,64	105,24	1479,62	34,83	24,31
CV (%)		2,41	8,14	4,02	23,28	6,28	14,04
<b>Com fungicida</b>							
Cultivares	8	205,14*	181,96*	599,86*	302595,37ns	57,08*	45,77ns
Anos	3	5370,04*	2750,06*	1522,23*	21318838,39*	489,74*	884,37*
Cultivares x anos	24	65,99*	38,04*	106,33*	362294,59*	26,48*	54,80*
Resíduo	64	3,16	6,01	26,10	192130,01	6,01	18,60
Média		61,37	40,87	110,65	2732,29	45,12	32,33
CV (%)		1,94	5,99	4,61	16,04	5,43	13,33

\* Significativo a 5 % de probabilidade de erro pelo teste F.

**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), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG), em quatro anos de experimentos, com nove cultivares de aveia, nas condições com aplicação de fungicida (CF) e sem a aplicação de fungicida (SF).

Cultivar	Caráter					
	DEF dias	DFM dias	EP cm	RG kg ha <sup>-1</sup>	PH kg hl <sup>-1</sup>	PMG g
<b>Sem fungicida</b>						
UPF 15	95	36	108	1296	34	24
UPF 16	90	37	96 I	1278	30 I	22
UPF 18	97 S*	36	122 S	1600	37	26
UFRGS 14	94	35	103	1343	31	28
UFRGS 15	100 S	29 I	86 I	771 I	28 I	21
UFRGS 17	93	38	112	1168	34	23
UFRGS 19	83 I	44 S	98	1395	35	21
URS 20	89	41	111	2156 S	43 S	30 S
URS 21	84 I	44 S	112	2310 S	41 S	25
Média	91,67	37,78	105,33	1479,67	34,78	24,33
Amplitude+	17	15	36	1539	15	9
DMS	3,62	5,0	6,92	562,6	3,58	5,58
<b>Com fungicida</b>						
UPF 15	92	39	111	2553	44	32
UPF 16	92	41	108	2753	43	29
UPF 18	98 S	35 I	125 S	2528	45	34
UFRGS 14	92	40	107	2892	44	36
UFRGS 15	95 S	38	99 I	2735	41 I	34
UFRGS 17	92	40	114	3043	47	31
UFRGS 19	85 I	47 S	107	2687	49	31
URS 20	91	42	110	2673	47	33
URS 21	85	46 S	116	2727	46	31
Média	91,33	40,89	110,78	2732,33	45,22	32,33
Amplitude+	13	12	26	515	7	7
DMS	2,90	4,0	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.

+ = Diferença entre a maior e a menor média do caráter.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade dos caracteres DEF, DFM, EP e PH foram de magnitude medianas em ambas as condições de realização dos experimentos (com e sem fungicida) (Tabela 4). Isso evidencia uma moderada acurácia nas aferições e na regularidade da superioridade do desempenho das constituições genéticas de um ano para outro e também que a expressão de tais caracteres apresenta um controle genético mediano. Para todos esses caracteres, para se obter um coeficiente de determinação de 0,85, são necessários, pelo menos, quatro anos de experimentos, com exceção para o caráter PH na condição sem fungicida, que necessita de cinco anos para que esse coeficiente de determinação seja obtido. Os resultados, juntamente com a presença de forte interação significativa para o efeito de anos e cultivares x anos (Tabela 2), reforçam a hipótese de que são necessários vários anos de avaliação para uma estimativa precisa do desempenho das cultivares para os caracteres medidos 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 em virtude do 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 é 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 a herdabilidade dos caracteres. Nesse sentido, os valores de repetibilidade medianos, estimados neste trabalho, para os caracteres DEF, DFM e EP, concordam com os valores de herdabilidade observados para a cultura da aveia para esses caracteres (MITTELMANN et al., 2001).

A repetibilidade dos caracteres RG e PMG apresentou 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 o produto (Tabela 4), indicando uma menor previsibilidade do desempenho das constituições genéticas de um ano para outro nessa última condição. Sob o efeito de aplicação de fungicida, os coeficientes de repetibilidade dos caracteres RG e PMG foram extremamente baixos, sendo necessários 30 e 45 anos de avaliações para se obter um coeficiente de determinação de 0,85 para os caracteres RG e PMG,

respectivamente. Entretanto, apesar de os coeficientes de repetibilidade dos caracteres RG e PMG terem sido superiores na condição sem aplicação de fungicida, eles não foram elevados, sendo necessários seis (RG) e nove (PMG) anos de avaliação para se obter um coeficiente de determinação de 0,85.

**Tabela 4.** 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 os caracteres dias da emergência à floração (DEF), dias do florescimento à maturação (DFM), estatura de planta (EP), rendimento de grãos (RG), peso do hectolitro (PH) e peso de mil grãos (PMG), em quatro anos de experimentos, com nove cultivares de aveia, nas condições com aplicação de fungicida (CF) e sem a aplicação de fungicida (SF).

Caráter		$r$	$R^2$	Anos para obter um $R^2$ 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
PH	SF	0,55	0,83	3	5	7	15	80
	CF	0,59	0,85	3	4	6	13	70
PMG	SF	0,40	0,73	6	9	14	29	150
	CF	0,11	0,33	32	45	72	152	792

O fato de os coeficientes de repetibilidade dos caracteres RG e PMG terem sido superiores na condição sem aplicação de fungicida em relação à condição de aplicação pode ter por base os diferentes graus de resistência à ferrugem-das-folhas-da-aveia das cultivares estudadas, uma vez que a moléstia afeta de maneira decisiva esses caracteres (CAEIRÃO et al., 2001). Portanto, como os genótipos possuem diferentes níveis de resistência à ferrugem-da-folha, é esperado que essa resistência manifeste-se todos os anos, ou seja, os genótipos mais resistentes tendem a ser mais produtivos e a apresentar

um maior PMG ao longo dos anos, em relação aos não resistentes, quando há ausência de aplicação de fungicida. Esse fato faz com que a ordem de classificação das cultivares mantenha-se ao longo dos anos e, dessa forma, os coeficientes de repetibilidade tendem a ser mais elevados na ausência de aplicação de fungicida. Por sua vez, na condição de aplicação do produto, não é possibilitado aos genótipos expressarem os genes de resistência e, como os genótipos avaliados apresentam um potencial de rendimento e PMG semelhantes, mas evidenciam uma interação significativa entre os fatores genótipo x ano, para tais caracteres (Tabela 2), essas variações acabam por ser potencializadas. Assim, ocorre uma grande alteração na ordem de classificação dos genótipos para esses caracteres, o que acaba por reduzir o coeficiente de repetibilidade. Ademais, a aplicação de fungicida possibilita condições para os genótipos expressarem todo seu potencial genético, e 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 sem a aplicação ( $r = 0,40$ ) (Tabela 5). Os coeficientes de determinação das distâncias foram de 0,73 e 0,80 para as condições de ausência e presença de aplicação de fungicida, respectivamente. Esses resultados de repetibilidade, de magnitude mediana a baixa, evidenciam a necessidade da avaliação das cultivares por vários anos a fim de se obter uma estimativa confiável das distâncias em ambas as condições de realização dos experimentos. Ou seja, são necessários pelo menos seis e oito anos de condução de experimentos para as condições com e sem a aplicação de fungicida, respectivamente, para que se obtenha um coeficiente de determinação de 0,85.

Na condição sem a aplicação de fungicida (Figura 1), a representação gráfica das distâncias evidenciou a formação de dois grandes grupos, dos quais um formado pelos genótipos UPF 15 e UFRGS 15 e o outro grupo dividido em dois subgrupos: subgrupo 1 (UPF 16, UFRGS 17, UFRGS 14, URS 20 e URS 21) e subgrupo 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 condição de aplicação de fungicida (Figura 1), a representação gráfica das distâncias não evidenciou a formação de agrupamentos fortes, como observado na condição sem a

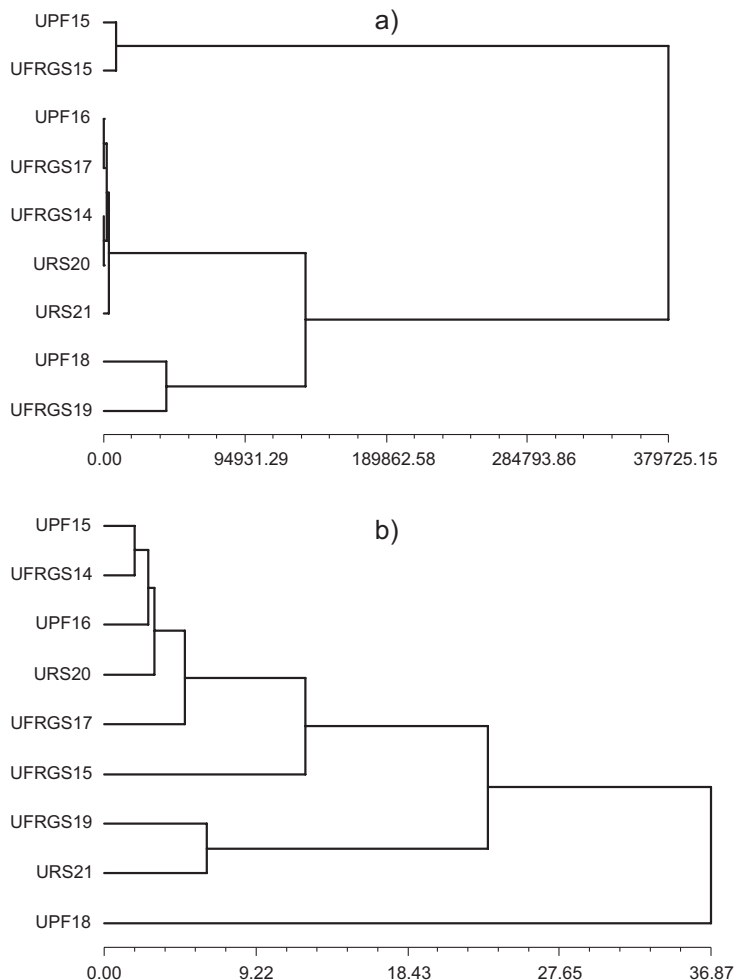


aplicação. Ademais, ficou evidente que a cultivar UPF 18 foi a mais dissimilar em relação às demais. A ausência de agrupamentos fortes também pode ser explicada pelo menor coeficiente cofenético expressado pela representação gráfica das distâncias ( $r = 0,75$ ) nessa condição. Também chama a atenção o fato de as distâncias estimadas na condição sem a aplicação de fungicida terem sido muito superiores às estimadas quando se aplico o produto (Figura 1). Essas maiores distâncias são um reflexo direto da ocorrência de uma gama de variação muito superior nas médias dos genótipos na ausência de aplicação de fungicida (Tabela 3).

**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).

Condição	$r$	$R^2$	Anos para obter um $R^2$ 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 resultados deste trabalho evidenciaram 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. Foi comprovada também a necessidade da condução dos experimentos nas condições com e sem fungicida, uma vez que 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 dessas diferenças, ambas 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, e as distâncias estimadas na condição de aplicação de fungicida podem ser um indicativo das diferenças no potencial genético das cultivares.



**Figura 1.** Dendrogramas resultantes da análise de agrupamento de nove genótipos 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  $r = 0,75$ ).

Em relação à recomendação de cruzamentos, os resultados evidenciaram que os genótipos URS 20 e URS 21 são genitores promissores, tanto para cruzamento entre si como com qualquer um dos outros genótipos avaliados. Esses genótipos apresentaram elevado potencial produtivo e resistência à

ferrugem-da-folha (Tabela 3). Além de elevado desempenho, essas cultivares apresentaram genealogia distinta (Tabela 1) e revelaram dissimilaridade na condição de aplicação de fungicida (Figura 1). Entretanto, tais genótipos agruparam 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 essas cultivares apresentam. Como ficou comprovado neste trabalho, os genótipos indicados para cruzamentos apresentam alto nível de resistência à ferrugem-da-folha e elevado potencial produtivo. A dissimilaridade apresentada na condição de aplicação de fungicida sugere que esses genótipos podem apresentar genes distintos relacionados à produtividade, os quais podem vir a ser combinados em uma terceira constituição genética (gerando um indivíduo transgressivo). Se esses apresentam os mesmos genes ou não para a resistência à ferrugem-da-folha-da-aveia, não é possível afirmar somente com bases nos resultados deste trabalho. Para essa resposta, é necessária a inoculação de raças conhecidas do fungo, para a prospecção dos genes de resistência apresentados por tais cultivares de aveia.

## Referências

- ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, Haijderabad, v. 16, n. 1, p. 27-51, 1972.
- ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. New York: John Wiley & Sons, 1999. 254 p.
- 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 Agrocência**, 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.

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

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

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

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**, Ontario, v. 84, n. 1, p. 23-30, 2004.

HOLLAND, J. B.; BJORNSTAD, A.; FREY, K. J.; GULLORD, M.; WESENBERG, D. M.; BURAAAS, T. Recurrent selection in oat for adaptation to diverse environments. **Euphytica**, Wageningen, v. 113, n. 3, p. 195-205, 2000.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F.; CRUZ, P. J.; LORENCETTI, C.; CARGNIN, A.; SIMIONI, D. Variabilidade em genótipos fixos de aveia branca estimada através de caracteres morfológicos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 13-17, 2002.

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.

ITTELMANN, 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.