

VARIABILIDADE GENÉTICA EM *AVENA SATIVA*, *AVENA STERILIS* E EM SEUS HÍBRIDOS, POR MEIO DE AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS¹

MARIA JANE CRUZ DE MELO SERENO², MARIA HELENA BODANESE-ZANETTINI³,
FERNANDO IRAJÁ FELIX DE CARVALHO e JOSÉ FERNANDES BARBOSA NETO⁴

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo comparar a variabilidade genética existente no grupo de aveia cultivado e na introdução silvestre desse cereal. O trabalho abrangeu a análise de caracteres agronômicos no campo (estatura, número de antécios primários e secundários da panícula principal, número de dias para o florescimento, número de grãos da panícula principal, peso de 1000 grãos e número de afilhos), em diferentes genótipos do grupo cultivado (UFRGS 7, UFRGS 8 e UPF 7) e do grupo selvagem (I-303, I-320, I-325, I-377, I-378, I-428 e I-ARG). Foi obtida diferença estatística em todos os caracteres testados, com exceção do número de afilhos férteis; foi constatada maior variabilidade genética interespecífica do que intraespecífica. A ação da seleção natural em *Avena sterilis* L. e o efeito da participação do homem (seleção artificial) em *Avena sativa* L. parecem ser as principais causas das diferenças entre as duas espécies. As introduções I-325, I-377 e I-378 apresentaram ciclo reprodutivo semelhante ao dos genótipos cultivados, o que facilita sua utilização em hibridações interespecíficas. A introdução I-ARG mostrou caracteres agronômicos intermediários, em relação ao grupo cultivado e ao selvagem.

Termos para indexação: aveia, híbridos interespecíficos, estatura de planta, ciclo, caracteres da panícula.

GENETIC VARIABILITY IN *AVENA SATIVA*, *AVENA STERILIS* AND IN THEIR HYBRIDS THROUGH THE AGRONOMIC EVALUATION

ABSTRAC - This study aimed to compare the genetic variability of the cultivated oat group and of the wild-type of this cereal. Several agronomic traits like plant stature, number of primary and secondary anthoecium on the main panicle, vegetative cycle (head date), number of kernel only on the main panicle, 1000 kernel weight and tiller number were studied in the field in different groups of cultivated oat genotypes (UFRGS 7, UFRGS 8 and UPF 7) and wild-types (I-303, I-320, I-325, I-377, I-378, I-428 and I-ARG). Statistical differences were detected on all of the traits tested, except for the tillers number. Higher interspecific than intraspecific genetic variability was also found. The action of natural selection on all of the *Avena sterilis* L. group and the selection pressure applied by man (artificial selection) on the *Avena sativa* L. group could be the main point of difference between the two species. The I-325, I-377 and I-378 introductions showed similar vegetative cycle to the cultivated group, and increased the possibility of interspecific hybridization. The I-ARG wild type showed to have intermediate agronomic traits in relation to cultivated and wild oat types.

Index terms: oats, interspecific hybrids, plant stature, head date, panicle traits.

INTRODUÇÃO

¹ Aceito para publicação em 19 de fevereiro de 1998.

² Bióloga, Dr^a, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 776, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS. E-mail: plantas@vortex.ufrgs.br

³ Bióloga, Dr^a, Dep. de Genética, Av. Bento Gonçalves, 9500, Caixa Postal 15053, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS.

⁴ Eng. Agr., Ph.D., Faculdade de Agronomia, UFRGS.

Cruzamentos amplos podem ser de fundamental importância para a incorporação de genes de interesse no incremento da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos superiores.

Carvalho & Federizzi (1989) tem salientado a reduzida variabilidade genética existente no atual

germoplasma utilizado no Sul do Brasil, oriundo principalmente dos Estados Unidos. Este fato tem sido evidenciado pelos autores como causa da ausência de progresso mais intenso em rendimento de grãos, em período mais recente.

Os resultados de várias investigações indicam que o conjunto gênico de *Avena sterilis*, o provável ancestral hexaplóide da aveia cultivada, é uma fonte promissora de variabilidade para uma ampla gama de caracteres quantitativos (Brown & Craddock, 1972; Campbell & Frey, 1972; Spilde et al., 1974; Lyrene & Shands, 1975; Murphy & Frey, 1984).

No programa de melhoramento de aveia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, estão sendo feitas hibridações interespecíficas com *A. sterilis* e *A. sativa*, o que tornará importante a verificação da ocorrência de distintos caracteres de importância agrônômica, que permitirá o progresso desta cultura.

O objetivo deste trabalho é o de avaliar a variabilidade genética em *A. sativa*, *A. sterilis* e seus híbridos, pela análise de suas características agrônômicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram incluídas no trabalho duas espécies de aveia: *Avena sativa* L. e *Avena sterilis* L.

O experimento foi estabelecido no campo, na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 1989, e constou de 78 sementes vernalizadas de cada um dos genótipos UFRGS 7, UFRGS 8, UPF 7 (cultivadas), I-303, I-320, I-325, I-377, I-378, I-428 e I-ARG (introduções selvagens e provenientes de Israel e Argentina, respectivamente). A vernalização das sementes seguiu o método descrito por Lagos et al. (1982). A avaliação de caracteres agrônômicos envolveu: estatura da planta, comprimento de panícula, número de antécios primários e secundários, número de grãos por panícula, peso de grãos, número de afilhos férteis/planta, ciclo e frequência das moléstias *Puccinia coronata* C.D. sp. *avenae* Eriks & E. Henn (ferrugem-da-folha), *Puccinia graminis* Pers. F. sp. *avenae* Eriks e E. Henn (ferrugem-do-colmo) e *Bipolaris sorokiniana* (mancha-da-folha).

Os mesmos caracteres agrônômicos foram analisados nos híbridos provenientes de cruzamentos entre as duas espécies citadas acima.

O número de híbridos F1 foi baixo, devido, em grande parte, à desuniformidade de ciclo nas introduções silves-

tres, que dificultou a hibridização artificial com o grupo cultivado. Também a utilização das mesmas introduções como progenitor feminino produziu um menor número de plantas F1, pela dificuldade de emasculação e polinização das panículas silvestres.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise da variância, quando comparados os genótipos cultivados e as introduções selvagens, evidenciaram significância em todos os caracteres analisados. O comportamento individual de cada caráter e as diferenças entre médias estão incluídas na Tabela 1. Os genótipos cultivados demonstraram possuir menor estatura, menor comprimento de panícula e maior número de antécios primários e secundários da panícula principal, quando comparados com as introduções selvagens.

O número de dias para o florescimento foi, também, um dos caracteres que permitiu identificar diferença significativa entre as médias dos grupos cultivados e selvagens. A introdução selvagem I-378 necessitou, aproximadamente, do mesmo número de dias para o florescimento que as cultivadas, aspecto este de alta relevância para o melhoramento genético, que utiliza o cruzamento interespecífico. Por outro lado, a I-ARG revelou ser extremamente tardia e marcadamente diferente dos demais genótipos.

Os dois componentes do rendimento de grãos, número de grãos por panícula principal e peso de 1000 grãos (Tabela 1), mostraram que as médias reveladas pelos genótipos cultivados foram bem superiores às médias obtidas pelos genótipos selvagens, exceto pela introdução I-ARG, que evidenciou comportamento intermediário entre as cultivadas e as introduções silvestres.

Os dados sobre a ocorrência das principais moléstias de aveia estão na Tabela 2. Os resultados, de modo geral, evidenciam intensidade de ocorrência de ferrugem-da-folha no grupo de genótipos cultivados; em contrapartida, ferrugem-do-colmo e manchas-foliares surgiram com maior frequência nas introduções selvagens. Um dos aspectos mais importantes foi a ausência deste patógeno nas introduções silvestres I-320, I-377, I-378 e I-428. Em rela-

TABELA 1. Análise comparativa entre genótipos de *A. sativa* e *A. sterilis* com relação a algumas características agrônômicas. Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1989¹.

Genótipos	N ^o de plantas	Estatura (cm)	N ^o de plantas	Comprimento da panícula principal (cm)	N ^o de plantas	N ^o flores 1 ^{as} e 2 ^{as} da panícula principal	N ^o de plantas	N ^o de dias para o flo- rescimento	N ^o de plantas	N ^o de afilhos	N ^o de plantas	N ^o de grãos da panícula principal (cm)	N ^o de plantas	Peso de 1000 grãos (g)
Cultivados														
UFRGS 7	27	128,4e	27	26,1g	27	87,3a	27	100,9c	47	15,6a*	25	134,5b	21	7,24b
UFRGS 8	52	140,4d	52	28,2f	52	69,6b	52	99,6d	52	5,8d	50	129,1b	48	10,74a
UPF 7	34	125,8e	34	30,3e	34	101,5a	34	100,9c	34	10,6b	32	171,0a	32	8,53ab
Média	113	133,15B	113	28,35B	113	83,65A	113	100,32B	133	9,6A	107	142,9A	101	12,48A
Introduções selvagens														
I-303 ²	-	-	4	55,2	4	31,0	8	109,2	5	16,4	3	13,3	3	0,99
I-320 ²	1	142,0	3	48,7	3	54,0	2	105,5	0	-	3	33,0	-	-
I-325	47	170,6b	44	52,1bc	44	60,4cd	60	103,7b	60	8,2c	43	53,4d	36	2,16ef
I-377	44	192,5a	44	56,3a	44	54,2d	50	104,3b	50	10,7b	35	43,7d	34	3,37d
I-378	43	157,3c	40	48,9c	40	57,6d	43	100,5cd	43	10,1bc	36	52,8d	34	3,04de
I-428	23	162,5bc	23	49,5c	23	44,5e	34	104,7b	33	12,4ab	21	43,2d	12	1,45fg
I-ARG	51	159,0c	51	35,6d	51	67,1c	53	133,3a	51	10,0bc	49	109,0c	46	4,74c
Média	208	168,59A	206	48,08A	206	58,14B	248	109,88A	237	10,20A	184	63,7B	163	3,25B

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula não são significativamente diferentes ($P > 0,01$), conforme o teste de t; letras maiúsculas indicam comparação na média geral entre genótipos cultivados e introduções selvagens.

² Genótipos excluídos do teste, devido ao número reduzido de plantas.

TABELA 2. Análise comparativa entre genótipos de *A. sativa* e *A. sterilis* com relação a incidência de moléstias: *Puccinia coronata avenae*, *Puccinia graminis* e manchas-foliares (*Bipolaris sorokiniana*). Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1989.

Genótipos	Número de plantas	<i>Puccinia coronata avenae</i> ¹						<i>Puccinia graminis</i>					<i>Bipolaris sorokiniana</i>					
		Plantas infectadas	Intensidade de infecção ²				Plantas infectadas	Intensidade de infecção				Plantas infectadas	Intensidade de infecção					
			Tr	5-20%	25-40%	45-60%		> 60%	Tr	5-20%	25-40%		45-60%	> 60%	Tr	5-20%	25-40%	45-60%
Cultivados																		
UFRGS 7	28	100	32	7	4	-	57	7	7	-	-	-	-	0	-	-	-	-
UFRGS 8	49	100	-	31	47	12	10	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-
UPF 7	31	10	10	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	35	29	6	-	-
Introduções selvagens																		
I-303	24	4	4	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	83	37	46	-	-
I-320	7	0	-	-	-	-	-	14	14	-	-	-	-	100	86	14	-	-
I-325	59	71	17	44	8	-	2	39	13	24	2	-	-	71	-	69	2	-
I-377	49	0	-	-	-	-	-	88	31	31	24	2	-	96	-	94	2	-
I-378	42	0	-	-	-	-	-	5	5	-	-	-	-	100	-	55	45	-
I-428	34	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	35	35	-	-	-
I-ARG	45	96	85	11	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-

¹ Escala extraída de James (1971) e Reunião... (1990), com modificações.

² Porcentagem da área foliar infectada.

ção à ferrugem-do-colmo, as cultivadas e principalmente as introduções I-303, I-378, I-428 e I-ARG demonstraram grande resistência. As manchas-foliares foram mais freqüentes na *A. sterilis*, e não ocorreram na I-ARG; enquanto UPF 7 foi o único genótipo cultivado que revelou a presença da moléstia. Entretanto, todos os demais genótipos infectados mostraram intensidade moderada de infecção.

Os híbridos, classificados de acordo com a origem do cruzamento entre genitores, formaram 19 combinações distintas. Quanto à maioria das características agrônomicas, não foi obtida diferença significativa entre as diferentes combinações de híbridos. Entretanto, o número de dias até o florescimento revelou significância a 1% de probabilidade (Tabela 3). A comparação das médias pelo teste de t evidenciou três classes distintas, relativamente ao caráter testado; o híbrido UPF 7 x I-ARG foi o de maior ciclo, enquanto a progênie do híbrido UFRGS 7 x I-378 demonstrou necessidade de apenas 106,2 dias

para o florescimento. Os demais revelaram médias intermediárias (Tabela 3).

Pelo teste de t aplicado sobre as médias dos caracteres número de antécios primários e secundários da panícula principal e dias necessários para o florescimento, incluídos na Tabela 4, ficou evidenciado que os híbridos provenientes da introdução selvagem I-ARG como genitor masculino apresentaram diferenças nestes dois caracteres em relação aos demais genótipos, o que mostra maior número de antécios e maior número de dias necessários para o florescimento.

As moléstias como ferrugem-da-folha, ferrugem-do-colmo e manchas-foliares, ocorreram em baixa freqüência, na época do florescimento. Todos os híbridos analisados mostraram manchas-foliares e ausência de ferrugem-da-folha e ferrugem-do-colmo.

Foi evidenciada expressiva diversidade genética entre a espécie *A. sativa* e *A. sterilis*. Dentro do grupo "sterilis" também foi detectada variabilidade em relação a quase todos os caracteres testados, com destaque para a diferenciação ocorrida entre as linhagens oriundas de Israel e a introdução selvagem I-ARG. Da mesma forma, vários autores registraram variabilidade entre linhagens distintas provenientes de Israel quanto à resistência a moléstias, à porcentagem de proteína e quanto ao óleo (Campbell & Frey, 1972; Frey et al., 1975; Landry et al., 1984).

TABELA 3. Resultados obtidos quanto ao número de dias de florescimento na comparação de híbridos. Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1989.

Fêmeas	x	Machos	Nº de descendentes (plantas híbridadas)	Médias ¹
UFRGS 7	x	I-325	7	110,8ab
UFRGS 7	x	I-377	5	110,2ab
UFRGS 7	x	I-378	6	106,2b
UFRGS 8	x	I-325	13	111,8ab
UFRGS 8	x	I-377 ²	2	111,0
UFRGS 8	x	I-378 ²	1	102,0
UFRGS 8	x	I-ARG ²	1	120,0
UPF 7	x	I-320 ²	2	118,0
UPF 7	x	I-325	12	111,2ab
UPF 7	x	I-377	4	110,0ab
UPF 7	x	I-378	6	109,7ab
UPF 7	x	I-ARG	6	119,7a
I-320	x	UPF 7 ²	1	113,0
I-325	x	UFRGS 8	3	107,7ab
I-377	x	UFRGS 8	2	116,5ab
I-377	x	UFRGS 7 ²	1	109,0
I-377	x	UPF 7	4	115,5ab
I-378	x	UFRGS 8	3	106,7ab
I-378	x	UFRGS 7 ²	1	106,0

¹ Médias seguidas da mesma letra indicam diferença não-significativa pelo teste t (P > 0,01).

² Genótipos excluídos do teste, devido ao pequeno número de repetições.

TABELA 4. Resultados médios obtidos relativamente ao número de flores primárias e secundárias da panícula principal, e número de dias para o florescimento, na comparação de híbridos obtidos através de *A. sterilis* como machos. Cercado, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1989¹.

Causas da variação	Nº de híbridos	Nº de flores 1 ^{as} e 2 ^{as} parcelas da panícula principal	Nº de híbridos	Nº de dias para o florescimento
I-320 ²	2	24,5	2	118,0
I-325	27	37,4b	32	111,4b
I-377	11	35,9b	11	110,3b
I-378	13	39,5b	13	107,5b
I-ARG	7	52,6a	7	119,7a

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de F (P > 0,01).

² Genótipo excluído do teste, devido ao baixo número de plantas.

Na análise individual de cada caráter, os genótipos cultivados revelaram melhor desempenho do que as introduções selvagens quanto aos caracteres estatura da planta, comprimento da panícula, número de antécios, ciclo vegetativo, e número e peso de 1000 grãos. Estes resultados já haviam sido destacados anteriormente por Lyrene & Shands (1975) e Luby & Stuthman (1983). Esta diferença foi determinada, provavelmente, pela pressão de seleção exercida pelo melhorista na espécie *A. sativa* para diminuir o porte da planta, intensificando a compactação da panícula e reduzindo o ciclo vegetativo e reprodutivo (Carvalho & Federizzi, 1989).

Entre as introduções selvagens, a I-ARG foi a que apresentou menor comprimento de panícula, maior número de antécios, e maior número e peso de 1000 grãos, acompanhando o perfil dos genótipos cultivados, provavelmente sem ter sido submetida à pressão de seleção artificial. A constatação do desempenho da introdução I-ARG é de fundamental importância, uma vez que indica a possibilidade de utilização, com sucesso, deste material e de outras espécies exóticas existentes na América Latina e especificamente no Rio Grande do Sul, na busca de introgressão ou segregação transgressiva relativa a caracteres agronomicamente importantes. Uma das dificuldades foi a utilização de I-ARG em cruzamentos, devido ao seu ciclo, uma vez que foi a introdução selvagem de maior período vegetativo, com ciclo médio de 133,3 dias para o florescimento (Tabela 1). Em relação a este caráter, foram importantes as introduções I-325, I-377 e I-378, que puderam ser utilizadas com maior frequência em cruzamentos artificiais, devido à semelhança de ciclo com os genótipos cultivados. As introduções selvagens revelaram considerável grau de resistência a ferrugem-da-folha e intensidade moderada de ataque por ferrugem-do-colmo e manchas-foliares (Tabela 2). A ferrugem-da-folha é uma das moléstias mais limitantes para a aveia, juntamente com a ferrugem-do-colmo, cuja severidade aumenta em ambientes de alta umidade, associados a temperaturas elevadas (Simons & Murphy, 1961; Barcelos, 1982).

Segundo MacKey (1980), basicamente existem três diferentes sistemas de defesa para o hospedeiro: resistência por escape, tolerância, ou resistência. Os resultados do presente trabalho sugerem que a

resistência demonstrada pelas introduções selvagens tenha origem na constituição genética do hospedeiro ou do patógeno, visto que o longo ciclo de desenvolvimento do hospedeiro coincidiu com o período de maior frequência desta moléstia. Esta afirmativa está relacionada com os resultados detectados nos genótipos cultivados, hospedeiros estes com intensa frequência do patógeno.

Apesar de os genótipos cultivados e as introduções selvagens diferirem marcadamente dentro e entre grupos no tocante a todos os caracteres agrônomicos investigados no campo (Tabelas 1 e 2), estas diferenças não foram observadas em seus híbridos. Os resultados obtidos na comparação entre híbridos (Tabela 3) indicam diferença significativa somente quanto ao florescimento. Ficou evidenciado que a introdução selvagem I-ARG foi causadora das diferenças quanto a ciclo e número de flores primárias e secundárias por panícula, nos híbridos em que participou como genitor paterno.

A obtenção de segregantes transgressivos em cruzamentos entre *A. sativa* e *A. sterilis* (Spilde et al., 1974; Cox & Frey, 1984) dá apoio a estudos de caracteres agrônomicos importantes em cruzamentos artificiais envolvendo estas duas espécies.

CONCLUSÕES

1. Existe variabilidade genética nos caracteres agrônomicos analisados no grupo cultivado e nas introduções silvestres de aveia.
2. As variedades cultivadas apresentam menor estatura da planta, menor comprimento de panícula e maior número de antécios primários e secundários da panícula principal, quando comparadas com as introduções selvagens.
3. Cinco das sete introduções silvestres analisadas demonstram resistência à ferrugem-da-folha.

REFERÊNCIAS

- BARCELOS, A.L. As ferrugens do trigo no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Trigo no Brasil**. Campinas, 1982. v.2, cap.10, p.375-419.
- BROWN, C.; CRADDOCK, J. Oil content and groat weight of entries in the world oat collection. **Crop Science**, Madison, v.12, p.514-515, 1972.

- CAMPBELL, A.; FREY, K. Association between groat protein percentage and certain plant and seed traits in interspecific oat crosses. **Euphytica**, Wageningen, v.21, p.352-362, 1972.
- CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. Evolução da cultura de aveia no sul do Brasil. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, v.102, p.16-19, 1989.
- COX, D.J.; FREY, K.J. Improving cultivated oats (*Avena sativa* L.) with alleles for vegetative growth index from *A. sterilis* L. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.68, p.239-245, 1984.
- FREY, K.; HAMMOND, E.; LAWRENCE, P. Inheritance of oil percentage in interspecific crosses of hexaploid oats. **Crop Science**, Madison, v.15, p.94-95, 1975.
- JAMES, W.C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases their preparation and usage. **Canadian Plant Disease Survey**, Ottawa, v.51, n.2 p.39-65, 1971.
- LAGOS, M.B.; FEDERIZZI, L.C.; CARVALHO, F.I.F. de; NODARI, R.O. Mecanismos de indução à reprodução sexual em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.10, p.1491-1496, out. 1982.
- LANDRY, B.; COMEAU, A.; MINVIELLE, F.; ST. PIERRE, C. Genetic analysis of resistance to barley yellow dwarf virus in hybrids between *Avena sativa* "Lamar" and virus-resistant lines of *Avena sterilis*. **Crop Science**, Madison, v.24, n.2, p.337-340, 1984.
- LUBY, J.J.; STUTHMAN, D.D. Evaluation of *Avena sativa* L. *A. fatua* L. progenies for agronomic and grain quality characters. **Crop Science**, Madison, v.23, p.1047-1052, 1983.
- LYRENE, P.; SHANDS, H.L. Groat protein percentage in *Avena sativa* x *A. sterilis* crosses in early generation. **Crop Science**, Madison, v.15, p.398-400, 1975.
- MACKEY, J. Genetics of race-specific phytoparasitism on plants. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF GENETICS, 14., 1978, Moscow. **Well being of mankind and genetics: proceedings**. Moscow: MIR, 1980. p.363-381.
- MURPHY, J.P.; FREY, K.J. Comparisons of oat populations developed by intraspecific and interspecific hybridization. **Crop Science**, Madison, v.24, n.3, p.531-536, 1984.
- REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 22., 1990, Porto Alegre. **Recomendações...** Cruz Alta: Fundacep Ficotrigio, 1990. 60p.
- SIMONS, N.O.; MURPHY, H.C. Oat diseases. In: COFFMANN, F.A. (Ed.). **Oat and oats improvement**. Madison: Am. Soc. Agron., 1961. p.330-390.
- SPILEDE, L.A.; ALBRECHTSEN, R.S.; RUMBAUGH, M.D.R. Relationship of protein percent with other phenotypic characters in interspecific oat crosses. **Crop Science**, Madison, v.14, p.767-769, 1974.