

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**SELEÇÃO RECORRENTE PARA RENDIMENTO DE GRÃOS EM AVEIA
(*Avena sativa* L.): IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE UNIDADE EXPERIMENTAL
PARA AVALIAÇÃO, DA GERAÇÃO DE SELEÇÃO E DA VARIABILIDADE
DOS GENITORES**

Cláudia Erna Lange
Engenheiro Agrônomo, M. Sc./UFRGS

Tese apresentada como um dos
requisitos à obtenção do Grau de
Doutor em Fitotecnia
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre (RS), Brasil
Março, 2003

AGRADECIMENTOS

Muitas foram as pessoas e instituições que contribuíram para a execução deste trabalho. A todas registro o meu mais profundo agradecimento.

Ao meu orientador, Luiz Carlos Federizzi, pela oportunidade, orientação, apoio e compreensão durante todos estes anos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura pelos ensinamentos, convívio agradável e pela estrutura disponibilizada para a condução deste trabalho de pesquisa.

Aos professores Maria Jane Sereno e José Fernandes Barbosa Neto pela amizade, sugestões, aconselhamento e boas conversas.

A todos os colegas de curso pelo convívio agradável destes anos, em especial a Ana Beatriz Locatelli, Mário Antônio Bianchi, Mariângela dos Santos, Marta Martins Barbosa, Paulo Henrique Oliveira, Élbio Treicha Cardoso, João Leonardo Pires e Dirceu Agostineto pela grande amizade e conversas estimulantes.

A Tiago Barata, Carlos Renato Rosa, Cândida Raquel Montero e Cândida Cabral pela amizade e pelo sempre presente espírito de equipe, inclusive no cumprimento das tarefas mais árduas.

As minhas amigas de longa data Ana Lúcia Cunha Dornelles, Cristine Luise Handel, Fernanda Bered e Rosa Lia Barbieri pela amizade, apoio, estímulo e pelo verdadeiro exemplo de trabalho em equipe que norteou minha vida.

Aos meus pais, Rudolf e Lucy, e sogros, Vandrille e Beatriz, pelo incentivo e apoio, principalmente na fase final deste trabalho, ajudando a cuidar do meu filho Rafael.

Ao Mauro e Rafael agradeço a paciência e compreensão pelas noites, feriados e fins-de-semana que não tivemos juntos.

SELEÇÃO RECORRENTE PARA RENDIMENTO DE GRÃOS EM AVEIA (*Avena sativa* L.): INDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE UNIDADE EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO, DA GERAÇÃO DE SELEÇÃO E DA VARIABILIDADE DOS GENITORES¹

Autora: Cláudia Erna Lange

Orientador: Luiz Carlos Federizzi

RESUMO

Seleção recorrente é um método indicado para o melhoramento de características quantitativas, como rendimento de grãos em aveia. Consiste em selecionar e recombinar de forma cíclica genótipos superiores de uma população geneticamente variável. Sua implantação depende do estabelecimento de uma estratégia que permita a condução das atividades inerentes ao método de forma compatível com a estrutura física e de mão-de-obra do programa. Este trabalho teve como objetivos investigar a possibilidade do uso de uma unidade experimental de tamanho reduzido para a condução das avaliações e seleção, indicar a geração de autofecundação a ser submetida à seleção e caracterizar a variabilidade dos genitores de uma população sintetizada pelo cruzamento dialélico de dez genótipos de aveia. Dados de três anos de ensaios mostram que unidades experimentais constituídas de uma única linha de três metros de comprimento reproduzem as classificações dos genótipos obtidas em parcelas de tamanho padrão para ciclo, estatura e rendimento de grãos. No entanto, o uso posterior de linhas como unidade experimental em ensaios que ocuparam uma área muito extensa, demonstrou que a variação de ambiente reduziu muito a eficiência da seleção. A avaliação da base genética para rendimento de grãos de aveia indica uma forte determinação de efeitos não aditivos. Nesta situação, a seleção em gerações mais avançadas de homozigose são mais adequadas. Porém, a seleção em geração F_4 não apresentou vantagens sobre a realizada em F_2 devido a grande variação de ambiente relacionada ao tamanho da área necessária para a condução dos ensaios. A estrutura da variabilidade fenotípica dos genitores confirma o caráter complementar dos genótipos em relação às características agrônômicas e de adaptação pretendidas na população.

¹ Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (127p.) Março, 2003.

**RECCURENT SELECTION FOR GRAIN YIELD IN OATS (*Avena sativa* L.):
INDENTIFICATION OF THE TYPE OF EXPERIMENTAL UNIT FOR
SELECTION, OF THE GENERATION FOR SELECTION AND OF THE
VARIABILITY OF THE PARENTS²**

Author: Cláudia Erna Lange
Advisor: Luiz Carlos Federizzi

ABSTRACT

Recurrent selection is indicated for quantitative traits improvement, such as grain yield in oats. It is based on selection and recombination cycles of superior genotypes in a genetically variable population. Its implementation depends on the definition of a strategy to make the conduction of the activities compatible with the physical structure of the program. The objectives of this work were to investigate the possibility of using a small experimental unit to conduct evaluation and selection, to indicate the generation of selfing to be submitted to selection and to characterize the variability of the parents of a population obtained through a diallelic cross of ten oat genotypes. Data of three years show that experimental units having single three meters long line reproduce the same ranking of genotypes obtained in standart units for days to flowering, plant height and grain yield. However, the subsequent use of lines as experimental units in large experiments demonstrated that selection efficiency was severely reduced due to environmental variation. The evaluation of the genetic basis for grain yield in oats indicates a strong presence of non additive effetcs. In this case, selection in more advanced generations of selfing is more adequate. However, F₄ selection did not show advantage over F₂ selection due to the strong environmental variation related to the size of the area needed to conduct the experiments. The structure of the phenotypic variability of the parents confirms that genotypes have complementary agronomic and adaptational characteristics, which is desired in the population.

² Doctoral thesis in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (127 p.) March, 2003.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A cultura da aveia	4
2.2. Seleção recorrente	5
2.3. Seleção recorrente em espécies de autofecundação.....	6
2.4. Propriedades da seleção recorrente.....	7
2.5. Variabilidade genética e seleção recorrente.....	9
2.6. Escolha de genitores.....	15
2.7. Eficiência da seleção recorrente.....	17
2.8. Uso de parcelas de tamanho reduzido.....	20
2.9. Geração de avaliação.....	22
2.10. Alterações em outros caracteres.....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1. Local.....	26
3.2. Cruzamentos e condução de populações.....	26
3.3. Tratamentos culturais comuns a todos os ensaios.....	28
3.4. Uso de parcelas de tamanho reduzido.....	28
3.5. Análise dialélica.....	32
3.5.1. Geração F ₂	32
3.5.2. Geração F ₄	36
3.5.3. Resposta esperada à seleção.....	38
3.6. Cálculo dos efeitos genéticos intralocos.....	40
3.7. Probabilidade de obtenção de linhagens superiores.....	40
3.8. Estimativa das correlações genéticas.....	41
3.9. Avaliação da distância genética entre os genótipos.....	41
4. RESULTADOS.....	45
4.1. Avaliação do tipo de parcela.....	45
4.2. Análise dialélica com a geração F ₂	54
4.3. Análise dialélica com a geração F ₄	64

4.4.	Estimativas dos efeitos intralocos.....	74
4.5.	Probabilidade de obtenção de linhagens superiores.....	80
4.6.	Avaliação da variabilidade genética dos genótipos parentais....	85
5.	DISCUSSÃO.....	101
5.1.	Uso de unidades experimentais de tamanho reduzido.....	101
5.2.	Geração de seleção.....	106
5.3.	Variabilidade entre os genitores.....	115
6.	Conclusões.....	119
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Genótipos de aveia utilizados como genitores nos cruzamentos em esquema dialélico e suas respectivas genealogias. UFRGS, 2003.....	27
2. Fonte de variação, graus de liberdade e componentes da variância esperados nos quadrados médios na análise de variância dos ensaios utilizando parcelas padrão e linhas como unidades experimentais. UFRGS, 2003.....	30
3. Fonte de variação, graus de liberdade e componentes da variância esperados nos quadrados médios na análise de variância dos ensaios utilizando covas como unidades experimentais. UFRGS, 2003.....	30
4. Número de linhas na geração F ₄ por cruzamento que integram seis ensaios. UFRGS 2003.....	37
5. Análise de variância para ciclo de aveia em ensaios utilizando covas, linhas ou parcela padrão como unidades experimental em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	46
6. Análise de variância para estatura de planta de aveia em ensaios utilizando covas, linhas ou parcela padrão como unidade experimental, em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.	47
7. Análise de variância para rendimento de grãos de aveia em ensaios utilizando covas, linhas ou parcela padrão como unidades experimental em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001..	48
8. Coeficientes de correlação de Spearman entre as classificações dos genótipos para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos obtidas em parcelas padrões com aquelas obtidas em covas e linhas, e com linhas com cinco repetições, em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	50
9. Estimativas das variâncias genética (V_g), de ambiente (V_e), e fenotípica (V_p) e da herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos de aveia em três unidades experimentais e três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001....	51

10. Desvios padrões da média de rendimento de grãos obtidos em linhas com diferentes números de repetições, em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	53
11. Análise de variância para ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos de aveia de um ensaio com genitores e geração F ₂ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	55
12. Quadrados médios das capacidades geral (CGC) e específica (CEC) para ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos de aveia do ensaio conduzido com genitores a geração F ₂ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	55
13. Média e efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de dez genótipos parentais e os desvios padrão da diferença entre os efeitos para as características ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	56
14. Efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) para ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos do ensaio de genitores e geração F ₂ de grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	58
15. Variâncias genética aditiva ($2\sigma^2_g$), não aditiva (σ^2_s) e de ambiente (σ^2_e), e herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) estimados a partir dos genótipos parentais de aveia e de quarenta e duas combinações de cruzamentos entre eles para as características ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	61
16. Resposta esperada à seleção direta para rendimento de grãos em aveia, e indireta para ciclo, estatura de planta e biomassa aparente em duas estratégias diferentes de seleção, geração F ₂ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	62
17. Resposta esperada à seleção direta para rendimento de grãos em aveia, e indireta para ciclo, estatura de planta e biomassa aparente em duas estratégias diferentes de seleção, geração F ₂ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	63
18. Análise de variância para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos de aveia do ensaio conduzido com dez genitores e a geração F ₄ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	64
19. Quadrados médios das capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos de aveia do ensaio conduzido com dez genitores e a geração F ₄ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	65

20. Média e efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de dez genótipos de aveia e os desvios padrão da diferença entre os efeitos para as características ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos, geração F ₄ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.	66
21. Efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) de trinta e sete cruzamentos de aveia branca e os desvios padrão para as características ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	68
22. Coeficientes de correlação de Spearman entre as classificações dos efeitos das Capacidades Geral (CGC) e Específica (CEC) de combinação obtidas nas gerações F ₂ e F ₄ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	70
23. Variâncias genética aditiva ($2\sigma^2_g$), genética não aditiva (σ^2_s) e de ambiente (σ^2_e), e herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) estimados a partir do ensaio com genitores e geração F ₄ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	70
24. Resposta esperada à seleção direta para rendimento de grãos em aveia, e indireta para ciclo e estatura de planta em duas estratégias diferentes de seleção na geração F ₄ . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	71
25. Proporção relativa de dez genitores de aveia na composição da progênie resultante dos cruzamentos feitos no esquema dialélico e nos genótipos selecionados da geração F ₄ com base em duas estratégias de seleção. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	72
26. Correlações genéticas entre as características dias para o florescimento, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos de aveia. UFRGS, 2003.....	73
27. Estimativas da média (m) e dos efeitos de aditividade (a) e de dominância (d) para ciclo de aveia em quarenta e dois cruzamentos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	75
28. Estimativas da média (m) e dos efeitos de aditividade (a) e de dominância (d) para estatura de planta de aveia em quarenta e dois cruzamentos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	76
29. Estimativas da média (m) e dos efeitos de aditividade (a) e de dominância (d) para biomassa aparente de aveia em quarenta e dois cruzamentos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	79

30. Estimativas da média (m) e dos efeitos de aditividade (a) e de dominância (d) para rendimento de grãos de aveia em quarenta e dois cruzamentos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	81
31. Probabilidade de extrair linhas recombinantes dos cruzamentos que apresentem rendimento de grãos superior à média dos genótipos parentais mais um desvio padrão, que tenham ciclo da emergência ao florescimento superior a 90 dias, que possuam rendimento de biomassa aparente superior à média dos genitores, e que apresentem estatura superior à média das cultivares UFRGS 14 e UFRGS 19. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.....	82
32. Graus de liberdade e quadrado médio da análise de variância para os ciclos da emergência à floração e maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro de dez genótipos de aveia em dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	86
33. Comparação das médias das características ciclos da emergência à floração e maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro de dez genótipos de aveia em dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	88
34. Correlação entre os caracteres ciclos da emergência à floração e à maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro de aveia para dados de dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	91
35. Autovetores e autovalores dos componentes principais e a proporção da variância associada obtidos para as características ciclos da emergência à floração e à maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro de aveia, dados de dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	92
36. Distâncias euclidianas entre dez genótipos de aveia calculadas com base em sete características agrônômicas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	96
37. Coeficiente de parentesco entre dez genótipos de aveia (<i>Avena sativa</i> L.) calculados com base nas genealogias. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.....	97

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Gráfico do componente principal 1 x componente principal 2, calculados com base nos dados de sete características agronômicas de aveia, em dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	94
2. Gráfico do componente principal 2 x componente principal 3, calculados com base nos dados de sete características agronômicas de aveia, em dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	94
3. Dendograma obtido a partir da matriz de dissimilaridade baseada nos coeficientes de parentesco de dez genótipos de aveia . Pontos de truncamentos representam a distância genética em porcentagem com base na maior distância. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.....	99
4. Dendograma de dissimilaridade obtido a partir de sete características fenotípicas de dez genótipos de aveia . Pontos de truncamentos representam a distância genética em porcentagem com base na maior distância. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.....	100

1. INTRODUÇÃO

Entre os cereais, a aveia (*Avena sativa* L.) ocupa atualmente o sexto lugar em quantidade de grãos produzidos no mundo. Os maiores produtores são países localizados no Hemisfério Norte, enquanto que o Hemisfério Sul produz apenas 3% do montante total.

Graças às excelentes qualidades nutricionais, o uso de aveia na alimentação humana vem crescendo desde a década de 1980. Em contraste com um mercado consumidor em expansão, o cultivo da aveia vem perdendo espaço para o do milho e o da soja, onde o cultivo destes grãos é realizado na mesma época do ano. Neste contexto, a região sul do Brasil apresenta uma posição privilegiada, pois suas condições climáticas permitem dois cultivos anuais, um de inverno e outro de estação estival, sem que haja competição por área, diminuindo os custos de produção e aumentando a rentabilidade por área. O Brasil tem condições de aumentar a produção de aveia, pois apenas no Rio Grande do Sul há a disponibilidade de uma área de quatro milhões de hectares com potencial produtivo para o cultivo no inverno.

O melhoramento genético da aveia é um evento recente no sul do Brasil, sendo que o material base dos programas é oriundo principalmente de introduções norte-americanas. Por este motivo, é provável que o germoplasma brasileiro guarde uma grande quantidade de blocos de ligação formados e mantidos sob condições americanas de seleção, os quais não apresentam em

sua constituição combinações alélicas que favoreçam a produção dos genótipos nas condições de cultivo na região sul do Brasil. A recombinação desses genes possibilitaria a seleção de novas combinações alélicas que conferissem maior adaptação dos genótipos às nossas condições de cultivo.

O método de melhoramento mais empregado em espécies autógamas, principalmente em cereais, é o genealógico. Este método, embora eficiente a curto e a médio prazo, não favorece a quebra de blocos de ligação e esgota rapidamente a variabilidade genética da população, limitando a obtenção de novos progressos genéticos. A natureza seqüencial dos seus cruzamentos e o uso de um número limitado de genitores implica na manutenção de um conjunto gênico pequeno, com a eliminação de alelos importantes. A presença de blocos de ligação limitam as possibilidades de ocorrência de recombinação genética, restringindo ainda mais a variabilidade. A autofecundação, por sua vez, oferece poucas oportunidades para que ocorram eventos de recombinação, resultando em um círculo vicioso.

O emprego da seleção recorrente em aveia para rendimento de grãos permitirá aumentar a freqüência de genótipos superiores através do acúmulo de alelos favoráveis para esta característica, com manutenção de níveis adequados de variabilidade genética que garantam a continuidade dos ganhos de seleção a longo prazo. Ademais, possibilitará a seleção de genótipos com novas combinações alélicas que confirmam maior adaptação às condições de cultivo encontradas no sul do país, como resultado da quebra de blocos de ligação.

A prática e o êxito da seleção recorrente depende do estabelecimento correto de várias etapas, como a escolha dos genitores que

darão origem à população base, o número de gerações de autofecundação que precederão a avaliação do desempenho dos indivíduos da população para a característica alvo, o tipo de unidade experimental a ser utilizada para a avaliação dos indivíduos, entre outros fatores. Estas etapas são estabelecidas com base no conhecimento dos parâmetros genéticos da população para a característica em questão, mas também leva em conta os recursos disponíveis do programa de melhoramento e as conveniências oferecidas pela espécie que será trabalhada. O estabelecimento de um programa de seleção recorrente em aveia no sul do Brasil é uma iniciativa pioneira, e o seu sucesso depende do delineamento de uma metodologia eficiente que contemple as peculiaridades dos recursos disponíveis ao programa. O presente trabalho tem como objetivo geral indicar uma metodologia para a implantação de um programa de seleção recorrente em aveia para rendimento de grãos, utilizando uma população segregante formada a partir do cruzamento dialélico de dez genótipos fixos. Os objetivos específicos são: 1) investigar a possibilidade do uso de unidades experimentais de tamanho reduzido na avaliação de rendimento de grãos em aveia; 2) indicar, a partir do conhecimento das bases genéticas do rendimento de grãos, em qual geração de autofecundação a seleção deverá ser realizada; 3) verificar a ocorrência de respostas das características ciclo da emergência à floração, estatura de planta e biomassa aparente correlacionadas à seleção para rendimento de grãos de aveia nas condições de cultivo na região sul do Brasil; e 4) verificar, através da avaliação da variabilidade genética, se os genitores escolhidos a partir da observação reúnem um conjunto complementar para características de interesse agrônomo a serem combinadas em futuras cultivares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da aveia:

Originária do oriente médio, a aveia é uma cultura de domesticação recente, se comparada aos demais cereais de estação fria. A aveia foi domesticada no norte e no oeste da Europa a partir de tipos invasores das culturas de cevada e trigo quando da expansão destas para áreas às quais não eram adaptadas (Holden, 1979).

É uma cultura com boa adaptação a climas marítimos, com temperaturas amenas, e sua introdução no sul do Brasil é atribuída aos imigrantes europeus. Há duas espécies de aveia cultivadas no país, a *Avena strigosa* Schreb, denominada de aveia preta, utilizada como forrageira e para cobertura do solo, e a *Avena sativa* L., esta última é uma espécie alohexaplóide (Holden, 1979) destinada principalmente à produção de grãos. Trata-se de uma cultura anual, cuja estação de crescimento no Rio Grande do Sul compreende os meses de outono e de inverno com colheita durante a primavera. Os trabalhos de melhoramento realizados pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e outras instituições da região sul do país intensificaram o progresso genético desta cultura e garantiram a substituição de variedades introduzidas cultivadas até a década de sessenta por cultivares modernas e adaptadas às condições locais de ambiente (Carvalho et al., 1987).

Este esforço resultou na criação de quarenta e duas variedades comerciais e um incremento anual para rendimento de grãos estimado em 44 Kg/ha, ou 22% em quarenta anos de melhoramento (Barbosa-Neto et al., 1999).

2.2 Seleção recorrente:

A seleção recorrente foi sugerida pela primeira vez em 1919 por Hayes e Garber (Briggs & Knowles, 1967). Entretanto, apenas em 1940 a primeira descrição detalhada foi feita por Jenkins, como resultado de experimentos para avaliação de capacidade geral e específica de combinação em geração precoce de milho (Briggs & Knowles, 1967). O termo foi cunhado em 1945 quando Hull sugeriu que a seleção após cada ciclo de intercruzamento poderia aprimorar a capacidade específica de combinação (Allard, 1960). Seleção recorrente, cujo termo significa “re-seleção”, pode ser definida amplamente como a seleção sistemática de indivíduos superiores de uma população seguida da recombinação destes indivíduos, formando uma nova população. O processo compreende o desenvolvimento da população, avaliação dos indivíduos desta população, seleção dos indivíduos superiores e a utilização destes como genitores na formação da nova população (Fehr, 1987). Cada conjunto completo deste processo é denominado ciclo e o principal objetivo desta metodologia é incrementar a frequência de alelos e combinações alélicas superiores para a característica alvo com a manutenção de bons níveis de variabilidade genética da população, o que permite conduzir seleção efetiva por um longo período (Allard, 1960).

Comparativamente aos métodos tradicionalmente utilizados para o melhoramento genético de espécies autógamas, o método de seleção

recorrente é muito eficiente, e portanto recomendável, para características genuinamente quantitativas, como rendimento de grãos (Beaver & Kelly, 1994), devido às seguintes propriedades: maior capacidade de geração e de manutenção de variabilidade ao longo dos diferentes ciclos, por possibilitar o cruzamento entre um grande número de genitores e por garantir maior oportunidade de recombinação em função dos cruzamentos sucessivos; maior eficácia no aumento da frequência de alelos favoráveis devido ao processo de seleção repetida e cumulativa; e maior facilidade para incorporar germoplasma exótico na população (Geraldi, 1997).

2.3 Seleção recorrente em espécies de autofecundação:

Devido à maior facilidade da realização dos cruzamentos em espécies alógamas, a seleção recorrente tem sido tradicionalmente mais utilizada no melhoramento destas do que nas espécies de autofecundação (Pomeranke & Stuhman, 1992). Porém, os resultados promissores alcançados com seleção recorrente em fumo e sorgo, espécies autógamas com facilidade de cruzamento, motivou a busca por alternativas para superar a limitação imposta pela dificuldade na realização dos cruzamentos em número suficiente para promover a recombinação (Geraldi, 1997). Atualmente, o uso de seleção recorrente tem proporcionado ganhos genéticos relevantes para diferentes caracteres em espécies autógamas, como precocidade de florescimento em aveia (Rooney et al., 1995), concentração de proteína no grão de trigo (*Triticum aestivum* L.) (Delzer et al., 1995), produtividade total de óleos em grão de aveia (Branson & Frey, 1989; Frey & Holland, 1999; Holland et al, 2001), resistência à deficiência de ferro em soja (Prohaska & Fehr, 1981), peso de grãos em trigo

(Bush & Kofoed, 1982), resistência ao vírus do nanismo amarelo da cevada em aveia (Baltenberger et al., 1988), resistência à ramulose (*Colletotrichum gossypii* South. var. *cephalosporioides* A.S. Costa) em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) (Lima et al., 1996) e rendimento de grãos em soja (*Glycine max* (L.) Merr.) (Kenworthy & Brim, 1978; Sumarno & Fehr, 1982; Piper & Fehr, 1987; Burton et al., 1992), cevada (Delogu et al. 1988; Parlevliet & van Ommeren, 1988), trigo duro (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) (Olmedo-Arcega et al., 1995) e arroz (Rangel et al. 1998; Rodriguez, Rangel & Morais, 1998, Lopes, 2002). Em aveia, um sistema de seleção recorrente iniciado em 1968 na Universidade de Minnesota proporcionou um aumento de rendimento de grãos por ciclo de seleção da ordem de 12,6% no primeiro ciclo (Stuthman & Stucker, 1975), 6% após o segundo (De Koeyer & Stuthman, 1998) e 13,5% após o terceiro (Bregitzer et al., 1987). Após cinco ciclos de seleção, o incremento de rendimento de grãos desta população foi estimado em 7,9% (Pomeranke & Stuthman, 1992). Já Frey et al. (1988) obtiveram um incremento de 5,4% para rendimento de grãos através de seleção recorrente, com uma outra população. Em uma terceira população formada a partir do cruzamento dialélico entre vinte genótipos, sendo que quatro destes bastante divergentes geneticamente por apresentarem 50% do genoma da espécie *Avena sterilis*, três ciclos de seleção recorrente garantiu um aumento de 2,5% por ciclo no rendimento de grãos (Holland et al. 2000).

2.4 Propriedades da seleção recorrente:

O sucesso da seleção recorrente está fundamentado na eficiência em promover o incremento da freqüência de alelos favoráveis para a

característica sob seleção. Alterações nas frequências gênicas devido à seleção recorrente foram monitoradas em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (Delanay & Bliss, 1991b) e em milho (*Zea mays* L.) (Stuber & Moll, 1980; Stuber et al., 1980) utilizando isoenzimas, e em aveia, utilizando a técnica de RFLP (Restricted Fragment Length Polimorfism) (De Koeber et al., 2003). Stuber et al. (1980) observaram alterações nas frequências gênicas superiores às explicadas pela deriva genética em oito *loci* diferentes em milho e a seleção baseada em aloenzimas correlacionadas ao rendimento de grãos foi mais efetiva em alguns ambientes do que a própria seleção direta para rendimento de grãos de milho (Stuber et al., 1982). Este trabalho ilustra uma vantagem adicional da seleção recorrente, que é a formação de populações melhoradas para características quantitativas, as quais permitem a identificação de marcadores moleculares associados a *loci* relacionados a estas características, os QTL (quantitative trait *loci*). A identificação destes marcadores é um passo fundamental para a implementação da seleção assistida nos programas de melhoramento genético. De Koeber et al. (2003) identificaram sete *loci* em aveia com alterações nas frequências alélicas após sete ciclos de seleção recorrente para rendimento de grãos. Ao nível de 1% de probabilidade, quatro foram associados ao rendimento de grãos, dos quais três destes também foram associados à estatura de planta. Um quinto *locus* foi associado ao ciclo da emergência à floração e à estatura de planta. Quando o nível de probabilidade foi relaxado para 5%, todos os sete *loci* mostraram associação significativa com rendimento e estatura de planta. A análise de regressão múltipla usando os *loci* associados aos três caracteres agrônômicos avaliados indicou que estes explicaram 31% da variância fenotípica para

rendimento de grãos, 34% da variação para ciclo da emergência ao florescimento e 27% da estatura de planta.

A localização de regiões do genoma vinculadas a características quantitativas varia com o germoplasma e com o ambiente sob avaliação. Assim, os resultados encontrados em aveia nos estudos americanos não têm aplicação direta nos programas de melhoramento no sul do Brasil. Porém um programa de seleção recorrente fornecerá um conjunto de populações resultante de cada ciclo de seleção, cuja estrutura genética permitirá entender as relações entre diferentes características agronômicas e suas bases fisiológicas, assim como possibilitará associar regiões do genoma a diferentes características quantitativas de interesse, impulsionando futuros trabalhos de seleção assistida.

2.5 Variabilidade genética e seleção recorrente:

O limite para a seleção é o esgotamento da variabilidade genética (Geraldi, 1997; Pereira & Vencovsky, 1988). O método de seleção recorrente distingue-se dos demais métodos utilizados rotineiramente em espécies autógamas por promover a hibridização entre os indivíduos superiores a cada ciclo, mantendo, desta forma, a variabilidade genética alta (Chaves, 1997). Em trigo, a variância genética para proteína do grão não apresentou reduções após quatro ciclos de seleção recorrente (Delzer et al., 1995), demonstrando a propriedade de manutenção de variabilidade deste método de seleção. Frey & Holland (1999) não detectaram redução nos ganhos de seleção em nove ciclos de seleção recorrente para conteúdo de óleo no grão de aveia, evidenciando a não redução da variabilidade genética para a característica sob seleção.

A população a ser melhorada por seleção recorrente em autógamias é sintetizada a partir do cruzamento entre linhas e variedades fixas. O número de gerações de intercruzamento que se seguem aos cruzamentos simples, com o objetivo de obter a maior variabilidade genética possível antes do início da seleção, foi um tema bastante estudado. Hanson (1959), relacionando o tamanho dos cromossomos, concluiu que pelo menos uma geração de intercruzamento deveria preceder a fase de seleção a fim de romper os blocos de ligação, embora preferencialmente três a quatro deveriam ser realizadas. Baker (1968), porém, demonstrou que a deriva genética em populações muito pequenas, o que é comum em espécies autógamias em função da dificuldade de realização de muitos cruzamentos, pode anular o efeito positivo de várias gerações de intercruzamento. O autor concluiu que cruzamentos ao acaso entre vinte a trinta pares de indivíduos da geração F_2 é suficiente para a obtenção dos efeitos benéficos do intercruzamento sem a ocorrência de perdas por deriva genética. Já Pederson (1974), com base em simulações, demonstrou que gerações de intercruzamentos somente são benéficas para liberação de variabilidade genética quando os blocos de ligação gênica estão em repulsão. Nos casos em que os blocos de ligação estão em associação o resultado é o oposto ao desejado, ou seja, gerações de intercruzamentos reduzem a frequência de indivíduos superiores. Em algodão (*Gossypium hirsutum* L.) foi observado que a variância diminuiu para características que estavam ligadas em associação e aumentou para aquelas associadas em repulsão (Miller & Rawlings, 1967). Em uma população de trigo, uma, duas ou três gerações de cruzamentos simples aleatórios não aumentaram significativamente a variância genética para rendimento de grãos, nem

aumentaram a freqüência de linhas de alto rendimento, indicando que gerações de inter cruzamento em populações de cruzamentos simples não produziram recombinações úteis que justificassem sua utilização (Altman & Bush, 1984). Resultados semelhantes foram obtidos por Piper & Fehr (1987) e Guimarães & Fehr (1989) em soja. Bos (1977) encontrou pouco aumento de variabilidade ao proceder gerações de inter cruzamento em uma população F_2 não selecionada e concluiu que gerações de inter cruzamento não são uma forma de aumentar o número de genótipos esperados. Tanto Pedersen (1974) quanto Bos (1977) indicam que o número de genótipos desejados na população pode ser potencializado realizando-se cruzamentos dirigidos e não ao acaso. Analisando o efeito de zero a quatro ciclos de inter cruzamento na população base de arroz irrigado em um programa de seleção recorrente, Cordeiro (2001) não encontrou aumentos nas estimativas da variância genética, coeficiente de variação genética e herdabilidades.

Por outro lado, as mudanças da média da população a cada ciclo são maiores com gerações de autofecundação do que com gerações de inter cruzamento quando há a presença de efeitos não aditivos (Ospina, 1997). Portanto, em programas de melhoramento cujo objetivo é desenvolver linhas puras, gerações de inter cruzamento não são eficientes, além de ser uma prática que exige aporte de recursos financeiros e atrasa o início do processo de melhoramento (Ospina, 1997). Em aveia foi observado o efeito significativo da capacidade específica de combinação para rendimento de grãos em uma populações $F_{4.5}$ (Stuthman & Stucker, 1975) e $F_{4.6}$ (De Koeyer & Stuthman, 1998), indicando que efeitos de interação aditivo por aditivo ou de ordens superiores são importantes para esta característica.

A recombinação genética é o mecanismo que amplia a variabilidade genética a cada ciclo, e sem ela não existe possibilidade de manutenção dos progressos genéticos nos ciclos de seleção sucessivos (Ospina et al., 1997). O progresso genético, por sua vez, é decorrente de incrementos na frequência gênica de alelos favoráveis para a característica sob seleção. O aumento da frequência gênica, no entanto, não é constante ao longo dos ciclos de seleção, tendendo a diminuir a medida em que as populações são melhoradas (Geraldi, 1997), o que também ocorre com a diversidade em populações fechadas. De Koeber & Stuthman (1999) monitoraram a diversidade em uma população de aveia após sete ciclos de seleção recorrente através do coeficiente de parentesco e do grau de similaridade genética, calculado com base em resultados de análise de RFLP. Neste período houve um incremento de 230% no coeficiente de parentesco e de 16% no de similaridade genética. Porém, a perda de diversidade genética não correspondeu a uma diminuição da resposta à seleção para rendimento de grãos, indicando que houve a manutenção de variabilidade genética nos *loci* pertinentes à característica selecionada. Neste caso, tanto o coeficiente de parentesco como o de similaridade genética não foram bons preditores da variabilidade genética restante nos *loci* sob seleção.

Um dos objetivos da seleção recorrente é a preservação da variabilidade genética ao longo dos ciclos de seleção. A redução de variabilidade é inerente ao processo de seleção, mas ela pode ser acelerada em consequência da deriva genética, resultando em diminuições no ganho de seleção. Em populações de milho sob seleção recorrente foram constatadas reduções nos ganhos de seleção causados por deriva genética (Helms, Hallauer & Smith, 1989; Eyherabide & Hallauer, 1991). Oscilações nas

freqüências gênicas são inerentes ao processo de amostragem e serão mais drásticas quanto menor forem as amostras, sendo que a deriva genética pode ser evitada utilizando-se populações de tamanho efetivo adequado (Morais, 1997). A avaliação precisa do desempenho dos genótipos de um ciclo de seleção recorrente e a escolha correta dos indivíduos superiores que servirão de genitores na formação do próximo ciclo são, portanto, etapas fundamentais para evitar a redução da variabilidade genética.

O critério de escolha dos melhores genótipos, os quais originarão a população do próximo ciclo, também pode evitar a ocorrência de deriva genética. A escolha de um número fixo de indivíduos por família diminui a chance de ocorrência de perda de alelos. Por outro lado, a seleção de um número diferente de indivíduos por família aumenta a endogamia entre os descendentes. Em consequência, o tamanho efetivo da população fica reduzido (Morais, 1997).

O tamanho efetivo da população é função dos objetivos que se quer alcançar com a seleção recorrente. Tamanhos efetivos grandes devem ser empregados em programas de seleção a longo prazo, permitindo ganhos de seleção mais modestos nos primeiros ciclos, porém mais constantes a longo prazo. Se o objetivo deve ser alcançado a curto prazo, a adoção de um tamanho efetivo de população menor permite obter ganhos de seleção maiores nos primeiros ciclos, embora estes ganhos venham a diminuir consideravelmente nos ciclos mais avançados (Morais, 1997). Pereira & Vencovsky (1988) alertam que o limite da seleção recorrente é extremamente prejudicado quando há a combinação de baixo tamanho efetivo, baixa herdabilidade e baixas freqüências dos alelos favoráveis. Estando um destes

fatores presentes, é possível preservar o limite da seleção em patamares desejados alterando os outros fatores. O alto tamanho efetivo da população compensa a inadequação dos demais fatores, porém seu aumento só é viável enquanto a intensidade de seleção não for drasticamente reduzida, pois dela depende o ganho a curto prazo. A estratégia adotada na seleção recorrente para rendimento de grãos de aveia na Universidade de Minnesota tem sido bem sucedida em evitar a deriva genética, como evidencia o estudo de Diaz-Lago et al. (2002). Neste, a resistência média à ferrugem da folha permanece inalterada através dos sete ciclos de seleção para rendimento de grãos. Porém, quatro ciclos de seleção para resistência parcial à ferrugem que se seguiram resultou em uma redução de 42% da área abaixo da curva de progresso da doença, mostrando que a variabilidade da população para esta característica fora preservada durante os sete primeiros ciclos de seleção (Diaz-Lago et al., 2002).

Por outro lado, Frey & Holland (1999) observaram a redução significativa do rendimento de grãos, maior acamamento, maior suscetibilidade a moléstias, após nove ciclos de seleção recorrente para conteúdo de óleo na cariopse. Os autores ponderam que esta associação negativa pode ser resultado de correlações genéticas indesejáveis entre as características, mas não excluem a possibilidade dos resultados serem devidos à ocorrência de deriva genética. Misevic & Alexander (1989) detectaram reduções de rendimento em milho em uma população de seleção recorrente para conteúdo de óleo no grão e sugeriram que estes resultados foram devidos à deriva genética. Miller et al. (1981) não observaram perdas de rendimento em milho

após sete ciclos de seleção recorrente para conteúdo de óleo utilizando uma população de tamanho efetivo grande.

2.6 Escolha dos genitores:

A escolha dos genitores que originarão a população base é um aspecto fundamental no estabelecimento de um programa de seleção recorrente. Para tanto é necessário em primeiro lugar estabelecer as características desejadas, o que está intimamente relacionado aos aspectos sócio-econômico, tecnológico e às condições de ambiente da região em que a variedade está destinada a ser cultivada. Os genitores devem ser adaptados à região, possuir atributos favoráveis para os caracteres mais importantes, apresentar alta variabilidade para os caracteres que se deseja selecionar e baixa divergência para as características que se pretende conservar na população (Chaves, 1997).

De uma forma ampla, quanto maior o número de genitores maior é a probabilidade de ter um grande número de alelos distintos na população, desde que os genitores sejam procedentes de um conjunto distinto de ancestrais (Fehr, 1987), o que pode ser avaliado a partir do coeficiente de parentesco dos genótipos. Os coeficientes de parentesco, porém, podem conter erros de estimativa, pois seus cálculos são baseados nas anotações de genealogias realizadas pelos melhoristas, as quais são muitas vezes dúbias ou muito antigas para serem resgatadas (Van Beuningen & Bush, 1997). Além disto, apenas o coeficiente de parentesco não é indicação suficiente na escolha dos genitores, pois estes devem apresentar baixa divergência para as características a serem conservadas, mas média alta e alta variabilidade para

a característica a ser selecionada. Neste sentido, é útil realizar também o estudo da avaliação da divergência genética estimada a partir de caracteres agronômicos e de adaptação dos possíveis genitores, o que indica os grupos de genótipos similares em fenótipo mas com possíveis constituições genéticas diferentes, podendo contribuir com alelos superiores para a característica sob seleção que não sejam idênticos por descendência (Souza & Sorrels, 1991). A escolha dos pais é realizada normalmente com base no conhecimento e nas observações dos melhoristas (Stuthman & Stucker, 1975; Frey & Holland, 1999; Ferreira et al. 2000; Cervantes-Martinez et al., 2001). Ferreira et al. (2000) avaliaram a variabilidade dos genitores de uma população de seleção recorrente em arroz através de marcadores moleculares RAPDs (Random Amplified Polimorphic DNA) e microsátélites (SSR) e concluíram que a escolha dos pais poderia ter sido mais eficiente se houvesse considerado informações sobre o grau de similaridade destes genótipos.

Por outro lado, quanto mais elevado o número de pais, maior o número de ciclos de seleção e recombinação necessários para concentrar o máximo de alelos favoráveis em genótipos únicos (Ferreira et al., 2000). Além disto, quando o número de genitores é muito elevado, nem todos apresentam alto potencial para a característica de interesse, reduzindo a média desta. Em consequência, vários ciclos de seleção têm que ser empregados até que a população apresente uma média aceitável para a característica (Pereira & Vencovsky, 1988), quando então é possível iniciar a extração de linhagens.

A aplicação do método de seleção recorrente é facilitado nas espécies autógamas em que os cruzamentos são práticos de serem realizados e que há um grande número de sementes resultantes de cada flor (Geraldí,

1997). Em outras espécies de autofecundação, como arroz, o uso de macho esterilidade facilita a obtenção dos ciclos de recombinação, permitindo utilizar um maior número de genitores a cada ciclo. Compton (1968), indicando um esquema de seleção recorrente para espécies autofecundadas sem a necessidade de realizar muitos cruzamentos, sugeriu que vinte genitores a cada ciclo fossem cruzados no esquema dialélico completo e sem recíprocos. Ramalho et al. (1999) indicam que o cruzamento entre dez a vinte genótipos parentais é suficiente na síntese da população base. Programas de seleção recorrente para aveia são baseados em cruzamentos manuais, os quais demandam um grande esforço, pois cada flor resulta no máximo em uma semente. Nestes programas, o número de genitores empregados tem sido doze (Stuthman & Stucker, 1975; Rooney et al., 1995), vinte (Frey et al., 1988; Holland, et al., 2000; Holland et al., 2002), vinte e um (Diaz-Lago et al., 2002) e vinte e três (Holland & Munkvold, 2001).

2.7 Eficiência da seleção recorrente:

O sucesso da seleção recorrente é medido pela diferença das médias dos desempenhos da população melhorada e da população inicial. Também é esperado que os melhores indivíduos da população melhorada apresentem desempenho superior a dos melhores indivíduos da população original (Fehr, 1987) e que a variância genética seja mantida (Mackay et al., 1999). No entanto, devido a diferença do período de tempo necessário para completar cada ciclo, a eficiência da seleção recorrente deve considerar obrigatoriamente o ganho de seleção por unidade de tempo.

O aumento da eficiência de um esquema de seleção recorrente pode ser obtido através da redução do tempo necessário para completar cada ciclo ou através do aumento da pressão de seleção (Mackay et al., 1999). O aumento da intensidade de seleção pode beneficiar, entretanto, genótipos com desempenhos superiores resultantes de efeitos do acaso ou de erros de condução de ensaio ou de avaliação, o que reduz a eficiência da seleção. Além disto, o aumento de pressão de seleção sem a observação da manutenção do tamanho efetivo da população acarreta um ganho de seleção acentuado nos primeiros ciclos de seleção seguido do decréscimo destes nos ciclos que se seguem (Morais, 1997). Por outro lado, a manutenção do tamanho efetivo de população em níveis que permitam um progresso contínuo ao longo dos ciclos implica em aumentos consideráveis na escala do programa, podendo inviabilizar a sua adoção (Mackay et al., 1999).

A redução do tempo necessário para completar cada ciclo pode ser obtida diminuindo-se o número de gerações de autofecundação requeridas antes do início da seleção, através do avanço de gerações fora da estação de avaliação da cultura, ou através da realização de todos os cruzamentos possíveis entre os genótipos de um ciclo antes da avaliação. A aplicação desta última alternativa, sugerida por Mackay et al., (1999), encontra limitações para espécies como aveia em que a realização de cruzamentos é difícil e rende apenas um pequeno número de sementes. Em características passíveis de serem avaliadas antes do início reprodutivo, como precocidade de florescimento em aveia (Rooney et al., 1995), o período necessário para completar cada ciclo de seleção pode ser reduzido, uma vez que a avaliação,

seleção e os cruzamentos podem ser realizados no mesmo ciclo de crescimento.

Há a possibilidade também de reduzir o tempo necessário para completar cada ciclo usando métodos de avanço de geração fora do período de crescimento da cultura. Beaver & Kelly (1994) avançaram as gerações F_1 e F_3 fora do período recomendado para o feijão em Isabela, Porto Rico. As gerações F_3 a F_5 foram avançadas tomando-se amostras aleatórias de sementes a partir da população F_2 . Frey et al. (1965) propuseram um procedimento para diminuir para um ano o período de tempo necessário para completar um ciclo de seleção recorrente para cereais de inverno. Os ganhos por ciclo de seleção para rendimento de grãos e rendimento de proteína foram de 5,4% e 4,7%, respectivamente. Estes ganhos foram semelhantes aos ganhos por ciclos relatados para soja (Sumarno & Fehr, 1982) e para aveia (Payne et al., 1986), porém as diferenças ficam evidentes quando a comparação é realizada com base no ganho anual, pois um ciclo consumiu três e dois anos nos programas de aveia e soja, respectivamente. A metodologia proposta por Frey et al. (1965) consiste na realização dos cruzamentos e do avanço de geração de F_1 a F_2 fora do período de crescimento da cultura e avaliação das plantas realizada na geração F_2 , utilizando vinte plantas cultivadas em covas como unidade experimental. Embora esta metodologia seja vantajosa do ponto de vista do ganho genético anual, sua utilização pressupõe condições adequadas para o cultivo de aveia fora da estação de crescimento e uma grande eficiência na avaliação da característica sob seleção, visto que cada indivíduo F_2 é um genótipo diferente e, portanto, não apresenta a possibilidade da utilização de repetições.

2.8 Uso de parcelas de tamanho reduzido:

A redução da duração dos ciclos pela diminuição do número de gerações de autofecundação necessário antes da realização da avaliação é um tema que merece atenção. A recombinação genética, que é uma potente ferramenta para a quebra de blocos de ligação, é limitada a partir da autofecundação de uma população F_2 . A baixa recombinação pode manter algumas combinações genéticas favoráveis em frequências muito baixas, diminuindo a probabilidade de serem selecionadas (Sivela & Diez-Barra, 1985; Geraldi, 1997). Neste aspecto a avaliação em gerações precoces de segregação é vantajosa, mas esbarra em uma dificuldade de ordem prática que é a disponibilidade de sementes em quantidade suficiente para a realização dos ensaios. Esta limitação é ainda mais acentuada para caracteres que são altamente influenciados pela ação do ambiente, os quais apresentam baixa repetibilidade. Nestes casos há a necessidade de aumentar o número de repetições para que a precisão da avaliação seja otimizada. O uso de unidades experimentais de tamanho reduzido, que requeiram pouca semente, é uma alternativa que possibilita a avaliação em gerações precoces. A avaliação de características agrônômicas em parcelas de tamanho reduzido vem sendo empregada em milho desde a década de trinta e em cereais de inverno desde 1947 (Pomeranke & Stuthman, 1992). Em aveia, a utilização de covas para avaliação de caracteres agrônômicos foi revisada por Frey (1965), que relata correlações significativas a 1% de probabilidade da ordem de 0,98 para rendimento de grãos, 0,96 para estatura de planta e 0,96 para data de florescimento entre avaliações realizadas em dois tipos diferentes de parcelas experimentais, semeadura em covas ou em linha. O programa de seleção

recorrente em aveia conduzido pela Universidade de Minnesota desde de 1968 utiliza a semeadura em covas como parcela experimental para a avaliação para diferentes características agronômicas, como ciclo (Rooney et al., 1995), resistência parcial à ferrugem da folha (Diaz-Lago et al., 2002) e rendimento de grãos (Pomeranke & Stuthman, 1992; Rooney et al., 1995; De Koeyer et al., 2003).

Os programas de seleção recorrente de aveia desenvolvidos pela Universidade do Estado de Iowa também utilizam covas como unidade experimental para avaliação e seleção do conteúdo de óleo na cariopse (Frey & Holland, 1999; Holland et al., 2001), β -glucano (Cervantes-Matrinez et al., 2001), resistência parcial à ferrugem da folha (Holland & Munkvold, 2001) e rendimento de grãos (Holland et al., 2000; Holland et al., 2002).

O cultivo em linhas como unidades experimentais também é uma alternativa para avaliações de grande populações. Além de reduzir a área necessária para a condução das avaliações em comparação com parcelas maiores, o seu emprego tem a vantagem de permitir a semeadura mecanizada, a qual é mais rápida e mais uniforme em termos de profundidade, da distribuição da semente ao longo do sulco e da cobertura da semente com solo. Em duas populações de arroz irrigado submetidas à seleção recorrente, a avaliação das características agronômicas, incluindo rendimento de grãos, foi realizada em parcelas constituídas de uma linha de 2 metros de comprimento, espaçadas em 0,30 metros entre si (Rangel et al., 1998). A avaliação inicial de linhagens no programa de melhoramento de aveia da UFRGS, enquanto a semente das novas linhagens é multiplicada, é conduzida em duas linhas de 2 metros de comprimento. Os resultados, avaliados empiricamente, têm sido

satisfatórios em indicar as melhores linhagens. Nas condições de cultivo de aveia na região sul do Brasil, Marchioro et al. (2002) avaliaram o comportamento das características peso de panícula, peso médio dos grãos e número de grãos por panícula em populações F_3 conduzidas em linhas, covas ou plantas espaçadas. A partição da variância entre causas genéticas e de ambiente mostraram que estas unidades oferecem boas condições de discriminação do potencial das linhas superiores. No entanto, não existem referências que demonstrem a existência de uma associação entre o desempenho de genótipos de aveia para rendimento de grãos quando avaliados em unidades experimentais de tamanho reduzido e o desempenho em condições de cultivo em comunidade nas nossas condições de ambiente.

2.9 Geração de avaliação:

Embora seja um tópico importante na definição de um programa de seleção recorrente, há escassez de informações a respeito de qual geração de autofecundação é a mais adequada para a realização da avaliação e de seleção dos genótipos superiores. Em feijão, a avaliação na geração F_5 foi mais efetiva que na geração F_2 , o que foi explicado pela ocorrência de heterose para rendimento de grãos, grande segregação para tipo de grãos e outros caracteres de importância agrônômica e ausência de ligação entre as características sob seleção (Beaver & Kelly, 1994).

É possível inferir que gerações mais avançadas de autofecundação são recomendadas para características com baixa herdabilidade no sentido restrito em que há influência de efeitos genéticos não aditivos (Hallauer & Miranda-Filho, 1981). Estudos em trigo (Bush et al., 1974) mostram que a ação

epistática aditiva é importante na determinação do rendimento de grãos desta cultura. Em aveia foi observado o efeito significativo da capacidade específica de combinação para rendimento de grãos em uma populações $F_{4:5}$ (Stuthman & Stucker, 1975) e $F_{4:6}$ (De Koeyer & Stuthman, 1998), indicando que efeitos de interação aditivo por aditivo ou de ordens superiores são. Com base nestes resultados, pode ser deduzido que a seleção para rendimento de grãos de aveia será mais efetiva em gerações com freqüências mais elevadas de homozigose.

Utilizando simulação Gallais (1990) demonstrou que quando a dominância é parcial ou completa há uma alta covariância entre as variâncias aditivas de um cruzamento e das suas linhas endogâmicas e é esperada uma alta correlação entre capacidade geral de combinação de um genótipo e o valor das linhas extraídas de suas progênes. Nestes casos a seleção em gerações precoces seria efetiva.

A seleção recorrente em aveia praticada na geração F_2 é relatada com sucesso para as características conteúdo de óleo (Frey & Holland, 1999; Holland et al., 2001), fibras solúveis (Cervantes- Martinez et al., 2002) e rendimento de grãos (Frey et al., 1988; Holland et al., 2000; Holland et al., 2002). No entanto, a ausência de gerações de autofecundação em um programa de seleção recorrente em aveia resultou no aumento da freqüência de indivíduos aneuplóides, apresentando deficiência de partes ou braços de cromossomos ou mesmo cromossomos inteiros (Rooney et al., 1995). Os autores creditaram o fato à alta freqüência de translocações cromossômicas, que é comum no germoplasma de aveia cultivada (Singh & Kolb, 1991).

2.10 Alterações em outros caracteres:

O rendimento de grãos é uma expressão de inúmeros processos fisiológicos e, portanto, genes. Estes processos fisiológicos, por sua vez, não são independentes entre si nem invariáveis às flutuações das condições de ambiente. A seleção direta para este carácter acarreta alterações em diferentes características e uma população fechada melhorada através de vários ciclos de seleção oferece uma estrutura genética adequada para o estudo destas relações (De Koeyer & Stuthman, 1998). Em aveia, a seleção recorrente para rendimento de grãos acarretou o aumento indesejável no ciclo e na estatura de planta (De Koeyer et al., 2003). Sete *loci* de marcadores que sofreram mudanças significativas de frequência gênica após sete ciclos de seleção recorrente estavam associados significativamente a rendimento de grãos ou a estatura de planta. Destes, cinco estavam associados a mais de uma das três características agronômicas avaliadas, rendimento de grãos, estatura de planta e dias da emergência ao florescimento. Siripoonwivat et al. (1996) também detectaram regiões no genoma de aveia em uma população de linhas recombinantes do cruzamento Kanota x Ogle associadas a mais de uma característica. De Koeyer & Stuthman (1998) encontraram uma correlação moderada entre data de florescimento e estatura de planta, indicando que nesta população plantas mais altas tendem a florescer mais tarde. Também foi constatada uma correlação moderada entre rendimento de grãos e estatura de planta entre todos os genitores do programa de seleção recorrente. Os autores atribuem esta associação à seleção baseada em covas como unidade experimental que, devido a proximidade das plantas nas covas, promove a competição, favorecendo genótipos mais altos. O uso de outras unidades

experimentais possibilitaria, neste caso, selecionar linhas de alto rendimento sem que a estatura fosse modificada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local:

As atividades foram desenvolvidas na Estação Experimental Agronômica (EEA/UFRGS) e na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FA/UFRGS). Todas as atividades de pesquisa foram realizadas na EEA/UFRGS que está localizada à 30°05'27" de latitude sul e 51°40'18" de longitude oeste dentro do município de Eldorado do Sul, no Rio Grande do Sul. A altitude média é de 46 metros acima do nível do mar e o solo é classificado como Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico e pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo (Camargo et al. , 1987).

3.2 Cruzamentos e condução das populações:

Foram realizados cruzamentos simples entre dez genitores (Tabela 1) em esquema dialélico completo, sem recíprocos, num total de quarenta e cinco combinações. Os cruzamentos foram feitos utilizando o método da flor aberta (Brown, 1980) durante o inverno de 1999 e o verão de 2000. O número de cruzamentos por combinação foi variável, visto que o objetivo era obter pelo menos cinco sementes de cada combinação. Primeiramente, dez flores eram cruzadas por combinação e dez dias após a polinização era observada a pega. Quando o número de sementes em formação era inferior a cinco, mais dez

flores eram submetidas a cruzamento e assim continuamente até que o número mínimo de sementes almejado fosse alcançado.

TABELA 1. Genótipos de aveia utilizados como genitores nos cruzamentos em esquema dialélico e suas respectivas genealogias. UFRGS, 2003.

Genótipos	Genealogia
UFRGS 7	X 1205 / FLA 1098
UFRGS 14	80 AS 65 /4/ COR ² /2/ CTZ ³ / PENDEK /3/ ME 1563 [†]
UFRGS 15	COR ² /2/CTZ ³ /PENDEK/3/ME1563//C16CR _{CPX} [†] /C7512/2/SR _{CPX} [‡] /3/74C8014
UFRGS 16	CP16CR _{CPX} /C7512/2/SR _{CPX} /3/74C8014
UFRGS 17	COR ² /2/CTZ ³ /PENDEK/3/ME1563//76-29/76-23/75-28/CI833 ^{**}
UFRGS 19	UFRGS 884110 / UFRGS 884021
UPF 16	COR/ X1799-2 /2/ Sel 11- Passo Fundo/3/ X 3530-40
UFRGS 910906	UFRGS 881920/ UFRGS 15
UFRGS 93605	UFRGS 15/ UFRGS 881920
UFRGS 984087-2	PC 68 / 5 [*] STARTER F4 // UFRGS 8

[†] uma das muitas combinações de linhas puras e variedades com *Avena sterilis*.

[‡] uma das muitas combinações de TAMO-301, TAMO-312, Coker 227, Coker 234 e CI 9221.

^{**} A seqüência dos cruzamentos não é conhecido na genealogia 76-29/76-23/75-28/CI833, e por este motivo foi pressuposto que cada um dos genitores contribuiu com 25% da sua composição genética para a variedade UFRGS 17.

^{*} A seqüência dos cruzamentos COR²/2/CTZ³/PENDEK/3/ME1563 e CP16CR_{CPX}/C7512/2/SR_{CPX}/3/74C8014 foram obtidas através de comparação com genealogias próximas descritas para outros genótipos em relatórios do programa Quacker Oat International Nursery.

As sementes F₁ foram colhidas na maturação fisiológica e as plantas F₁ cultivadas a campo no inverno 2000. Vinte plantas F₂ de cada cruzamento foram cultivadas no verão de 2001 em um telado na Faculdade de Agronomia para a obtenção da semente F₃. A semeadura foi realizada depositando cinco sementes em cada cova, e as covas 30 cm distantes entre si. Após a germinação, foi realizado o desbaste para apenas uma planta por cova e a semeadura foi repetida nas covas em que as sementes não germinaram. Nesta fase foram perdidas muitas plantas por ataque de lagarta-rosca e por falha na germinação, ocasionando uma redução do número de combinações e do número de linhas por combinação nas gerações seguintes. A semente das plantas individuais F₂ foram colhidas separadamente e no inverno de 2001 cada linha foi cultivada na EEA/UFRGS em covas espaçadas em 30 cm. As

panículas de cada cova foram colhidas separadamente e trilhadas individualmente, dando origem a uma linha dentro de uma família derivada de uma planta da geração F₂.

3.3 Tratos culturais comuns a todos os ensaios:

O solo foi adubado conforme a necessidade da cultura, com base em análise. A adubação de nitrogênio por cobertura foi fornecida quando a média das plantas emitia a sexta folha na quantidade de 30 kg/ha de N, utilizando uréia como fonte. Foram realizadas pulverizações preventivas com fungicida Folicur (Tebuconazole) na dose de 750 ml/ha, e 500 ml/ha do inseticida Lorsban (Cloropirifós). No combate às invasoras foi utilizado o herbicida Ally (Metsulfuron methyl) na dose de 4g/ha dissolvidos em 200 litros de calda e capina manual. Todos os ensaios foram implantados em áreas sob plantio direto a mais de cinco anos. A semeadura manual foi realizada com um mínimo de revolvimento do solo e da palha, através da abertura de sulcos sem o preparo convencional do solo.

3.4 Uso de parcelas de tamanho reduzido:

Esta etapa investigou a possibilidade do uso de unidades experimentais de tamanho reduzido na avaliação do ciclo da emergência à floração, da estatura da planta e do rendimento de grãos de aveia. Para tanto, três ensaios foram conduzidos nos anos de 1999, 2000 e 2001, utilizando as cultivares UFRGS 7, UFRGS 14, UFRGS 15, UFRGS 17 e UFRGS 19. No ensaio de parcelas padrões, foi adotada a unidade experimental utilizada nos ensaios em rede de avaliação de linhagens e variedades, composta de 5 linhas de 5 metros, com área útil de 3 metros, em que apenas as 3 linhas centrais são

colhidas. Foi utilizada na densidade recomendada de 350 sementes/m² (Recomendações..., 1999) com 4 repetições. No ensaio que avaliou linhas, a unidade experimental foi composta de uma linha de 3 metros de comprimento semeada com 60 sementes, que é aproximadamente a quantidade de sementes de uma panícula. O número de repetições foi de 8, 16 e 18 em 1999, 2000 e 2001, respectivamente. Um terceiro ensaio avaliou covas como unidade experimental. Neste, trinta sementes foram semeadas em uma cova, sendo que dez covas disposta em uma linha de três metros de comprimento era uma unidade experimental, com a primeira e a última covas constituindo bordaduras. A distância entre covas foi de 0,30 m e as linhas foram dispostas em blocos, num total de quatro. As datas de semeadura foram 14 de julho de 1999, 21 de junho de 2000 e 13 de junho de 2001.

O ciclo da emergência à floração foi obtido pela diferença do número de dias entre a data de emergência média das plântulas e a data em que se observou o florescimento pleno nas unidades experimentais, em que 50% das panículas estão fora da bainha da folha bandeira. O rendimento de grãos foi calculado em gramas por metro quadrado, de acordo com a área que cada unidade experimental ocupava. Os valores por parcelas das características avaliadas foram submetidos à análise de variância para cada ensaio em cada ano separadamente e os componentes de variância foram estimados a partir das esperanças dos quadrados médios (Steel & Torrie, 1980; Ramalho et al., 2000). Nos ensaios em que a unidade experimental foi formada por parcelas de tamanho padrão e linhas de três metros de comprimento, os componentes de variância esperados nos quadrados médios das observações são os que se seguem na Tabela 2:

TABELA 2. Fonte de variação, graus de liberdade e componentes da variância esperados nos quadrados médios na análise de variância dos ensaios utilizando parcelas padrão e linhas como unidades experimentais. UFRGS, 2003.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado médio	Quadrado médio esperado
Blocos	r-1		
Genótipos	n-1	Q ₁	$\sigma_e^2 + r_0\sigma_g^2$
Resíduo	(n-1)(r-1)	Q ₂	σ_e^2

Onde r é o número de blocos, n é o número de genótipos e r₀ é a média ponderada de repetições por genótipo, σ_e^2 e σ_g^2 são as variâncias devido ao ambiente e as diferenças genotípicas, respectivamente. O termo r₀ foi calculado de acordo com o recomendado por Steel & Torrie (1980):

$$r_0 = [\sum_1^i r_i - (\sum_1^i r_i^2 / \sum_1^i r_i)] \cdot 1/(t-1)$$

Em que r_i é o número de repetições do tratamento i, e t é o número de tratamentos.

No ensaio utilizando covas, a análise foi realizada considerando cada cova que compunha a linha como uma amostra. Neste caso, os componentes de variância esperados nos quadrados médios dos dados de observação são especificados na Tabela 3.

TABELA 3. Fonte de variação, graus de liberdade e componentes da variância esperados nos quadrados médios na análise de variância dos ensaios utilizando covas como unidades experimentais. UFRGS, 2003.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado médio	Quadrado médio esperado
Blocos	r-1		
Genótipos	n-1	Q ₁	$\sigma_d^2 + k_0\sigma_e^2 + r_0\sigma_g^2$
Resíduo	(n-1)(r-1)	Q ₂	$\sigma_d^2 + k_0\sigma_e^2$
Resíduo entre covas	rn(k-1)	Q ₃	σ_d^2

Em que k é o número de covas em cada parcela e k_0 é a média harmônica do número de amostras por parcela, da forma indicada por Ramalho et al. (2000):

$$k_0 = p / (\sum_1^i 1 / k_i)$$

Em que p é o número total de parcelas, e k_i é o número de amostras na parcela i .

A variância dentro da parcela (σ_d^2) é de natureza ambiental, uma vez que os genótipos são fixos. Assim, a variância devido ao ambiente (σ_e^2) resulta da soma dos termos σ_e^2 e σ_d^2 .

A herdabilidade no sentido amplo das características (h_a^2) foi calculada nos ensaios com diferentes tipos de unidade experimental como a proporção entre as estimativas das variâncias genotípica (σ_g^2) e fenotípica, esta última é a soma das variâncias genotípicas com a de ambiente (σ_e^2 ou σ_e^2).

Com o objetivo de comparar a ordem de classificação dos genótipos obtida nos três ensaios, foram calculados os coeficientes de correlação de Spearman, conforme Siegel, (1977) e Steel & Torrie (1980):

$$r_s = 1 - \{6 \cdot \sum_i d_i^2 / [(n-1) \cdot n \cdot (n+1)]\}$$

Em que r_s é o coeficiente de correlação, d_i é a diferença do valor de classificação de um genótipo i em dois ensaios diferentes e n é o número de genótipos.

A significância estatística dos coeficientes de correlação foi testada através do teste t para $n-2$ graus de liberdade ao nível de 5% de probabilidade (Steel & Torrie, 1980):

$$t = r_s \cdot \sqrt{[(n-2)/(1-r_s^2)]}$$

O desvio padrão da média nos ensaios utilizando linha como unidade experimental foi estimada para o número de repetições variando de 3 a 8 no ano 1999, e de 3 a 16 em 2000 e 2001. O desvio padrão da média é o quociente entre o quadrado médio do resíduo estimado na análise de variância e o número de repetições e representa a variação da média em amostragens sucessivas com aquele número de repetições (Steel & Torrie, 1980). Os coeficientes de correlação de Spearman entre as classificações obtidas com cinco repetições nos ensaios com linhas como unidade experimental e os ensaios de parcela do tamanho padrão foram calculados como indicado anteriormente (Steel & Torrie, 1890).

3.5 Análise dialélica:

3.5.1 Geração F₂:

No inverno 2001 a geração F₂ e os genitores foram semeados a campo no dia 8 de junho na EEA/ UFRGS no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram compostas de duas linhas de 3 m de comprimento com uma distância de 30 cm entre si. Em cada linha foram cultivadas dez plantas com um espaçamento de 30 cm. Foram anotadas a data do florescimento, como a emissão da primeira panícula; a estatura de planta, definida como a distância entre o solo e a ponta da panícula mais alta na maturação fisiológica; a biomassa aparente, como o peso total da planta seca cortada imediatamente acima do nível do solo; e o rendimento de grãos, que é o peso dos grãos trilhados, limpos e com a umidade em torno de 13%. A partir da data de floração e da data de emergência, foi calculado o número de dias da emergência à floração, que será referida doravante como ciclo. As avaliações

foram feitas em plantas individuais, e a análise de variância foi realizada considerando as médias das características por parcela. A média harmônica do número de plantas por parcela foi de 12 para ciclo da emergência à floração e para estatura de planta, e 11 para rendimento de grãos e de biomassa aparente.

Os dados foram analisados segundo o método 2, modelo II de Griffing (1956). Considerou-se que os dez pais e suas progênes constituem toda a população de interesse e não somente uma amostra. Por este motivo, a análise dos dados foi realizada considerando o componente genético como aleatório, embora os dez genitores tenham sido escolhidos com base no conhecimento prévio de seus desempenhos.

O modelo estatístico adotado para a análise de variância e para a obtenção das estimativas dos efeitos é descrito a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + v_{ij} + b_k + e_{ijk},$$

onde: Y_{ijk} é a média da parcela para a característica em questão;

μ é a média geral;

v_{ij} é o efeito genético, que é decomposto em $v_{ij} = g_i + g_j + s_{ij}$, em que g_i e g_j são os efeitos dos genitores i e j , respectivamente e s_{ij} é o efeito da interação destes dois genitores;

b_k é o efeito do bloco k ;

e_{ijk} é o desvio associado à média Y_{ijk} , sob o pressuposto que sua distribuição é normal, com média zero e desvio σ^2 .

A análise de variância foi realizada com o procedimento estatístico SAS, no módulo GLM (General Linear Model). A análise complementar para estimar as Capacidades Geral e Específica de Combinação foi realizada a

partir da média de mínimos quadrados dos tratamentos, no módulo IML do pacote estatístico SAS.

Em função da perda de três cruzamentos (UFRGS 7 x UFRGS 14, UFRGS 14 x UPF 16 e UFRGS 15 x UFRGS 910906), as soma de quadrados das Capacidades Geral (CGC) e Específica (CEC) de Combinação na análise complementar foram calculados de acordo com o indicado por Vencovsky & BARRIGA (1992):

$$SQ_{(CEC)} = SQ_{TOTAL} - SQ(\mu, g);$$

$$SQ_{(CGC)} = SQ(\mu, g) - SQ(\mu);$$

Em que SQ é a soma de quadrados referente a cada fonte de variação; $SQ(\mu, g)$ e $SQ(\mu)$ são as soma de quadrados para os modelos reduzidos, o primeiro em que a variação é explicada pela média e pelos efeitos dos genitores e o segundo em que apenas a média é tida como a causa da variação.

Os testes de significância para os quadrados médios foram efetuados de acordo com o modelo II de Griffing (1956), em que o efeitos dos pais e dos cruzamentos são considerados aleatórios. Assim, o teste F para a CEC foi calculado utilizando o quadrado médio do resíduo no denominador, enquanto que a significância da CGC foi testada contra o quadrado médio da CEC.

Este estudo tem um caráter inicial, em que se deseja obter o máximo de informações a respeito dos genitores e condições disponíveis. Por este motivo, os efeitos das capacidade de combinação foram estimados, conforme descrito em Vencovsky & BARRIGA (1992). Os efeitos devidos à média (μ) e às CGC dos genitores foram estimadas pela obtenção das soluções de mínimos

quadrados das equações normais, conforme o modelo reduzido descrito anteriormente. Os efeitos das CEC dos cruzamentos foram estimados por diferença entre a média apresentada por cada cruzamento e a média geral e os efeitos das CGC dos respectivos genitores. As variâncias associadas a estas estimativas foram calculadas conforme Griffing (1956):

$$\text{var}(m) = 2\sigma_e^2/[p(p+1)]$$

$$\text{var}(g_i) = (p-1)\sigma_e^2/[p(p+2)]$$

$$\text{var}(g_i-g_j) = 2\sigma_e^2/(p+2)$$

$$\text{var}(s_{ii}) = p(p-1)\sigma_e^2/[(p+1)(p+2)]$$

$$\text{var}(s_{ij}) = (p^2+p+2)\sigma_e^2/[(p+1)(p+2)]$$

$$\text{var}(s_{ii}-s_{ij}) = 2(p-2)\sigma_e^2/(p+2)$$

$$\text{var}(s_{ij}-s_{ik}) = 2(p+1)\sigma_e^2/(p+2)$$

$$\text{var}(s_{ij}-s_{km}) = 2p\sigma_e^2/(p+2)$$

Em que σ_e^2 é a variância do resíduo, o qual equivale ao quadrado médio do resíduo da análise complementar e p é o número de genitores.

As estimativas das variância foram obtidas pelo método dos momentos, em que os quadrados médios (QM) são igualados às suas esperanças teóricas:

$$\sigma_e^2 = \text{QM}_{\text{ERRO}};$$

$$\sigma_{na}^2 = \text{QM}_{\text{CEC}} - \text{QM}_{\text{ERRO}};$$

$$\sigma_g^2 = (\text{QM}_{\text{CGC}} - \text{QM}_{\text{CEC}}) / (p+2);$$

$$\sigma_a^2 = 2\sigma_g^2;$$

Onde: σ_g^2 , σ_e^2 , σ_a^2 e σ_{na}^2 são as estimativas da variância genética, de ambiente, devido a efeitos genéticos aditivos e não aditivos,

respectivamente; QM_{ERRO} é o quadrado médio do resíduo da análise complementar; p é o número de genótipos parentais.

As estimativas de variâncias negativas foram assumidas como sendo zero no cálculo dos ganhos esperados. Os erros associado às estimativas das variâncias foram calculados como segue (Griffing, 1956):

$$\text{Var}(\sigma_g^2) \approx [2(QM_{CGC})^2/(p-1)(p+2)^2] + [4(QM_{CEC})^2/p(p-1)(p+2)^2]$$

$$\text{Var}(\sigma_g^2) \approx [4(QM_{CEC})^2/p(p-1)] + [2(QM_e)^2/m]$$

$$\text{Var}(\sigma_e^2) \approx 2(QM_e)^2/m$$

Em que QM_{CGC} , QM_{CEC} e QM_e são os quadrados médios devido a CGC, CEC e do erro; p é o número de genitores; e m é o número de observações que originaram as médias da análise dialélica.

3.5.2. Geração F₄:

Em 21 de junho de 2002 foram implantados seis ensaios na EEA/UFRGS para a avaliação da geração F₄. As linhas F₄ foram obtidas através de dois avanços de geração de plantas individuais F₂, os quais foram realizados no verão e no inverno de 2001. O número de linhas por combinação é apresentado na Tabela 4.

A unidade de observação foi constituída de duas linhas de dois metros de comprimento, com um afastamento de 20 cm entre linhas. A distância entre duas parcelas foi de 40 cm e a semeadura foi feita com uma máquina de plantio direto. Cada parcela foi semeada com as sementes provenientes de uma única panícula. Os ensaios foram alocados em áreas contíguas em delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco repetições, em que os dez genitores constituíram os tratamentos comuns.

TABELA 4. Número de linhas na geração F₄ por cruzamento que integram seis ensaios. UFRGS 2003.

Cruzamento	Número de linhas	Cruzamento	Número de linhas
UFRGS 7 x UFRGS 14	15	UFRGS 15 x UFRGS 930605	15
UFRGS 7 x UFRGS 15	8	UFRGS 15 x UFRGS 984087-2	12
UFRGS 7 x UFRGS 16	12	UFRGS 16 x UFRGS 17	15
UFRGS 7 x UFRGS 17	15	UFRGS 16 x UPF 16	15
UFRGS 7 x UFRGS 19	9	UFRGS 16 x UFRGS 910906	13
UFRGS 7 x UFRGS 910906	5	UFRGS 16 x UFRGS 930605	7
UFRGS 7 x UFRGS 984087-2	10	UFRGS 16 x UFRGS 984087-2	14
UFRGS 14 x UFRGS 15	15	UFRGS 17 x UFRGS 19	15
UFRGS 14 x UFRGS 16	15	UFRGS 17 x UFRGS 910906	15
UFRGS 14 x UFRGS 17	15	UFRGS 17 x UFRGS 930605	15
UFRGS 14 x UFRGS 19	15	UFRGS 19 x UPF 16	17
UFRGS 14 x UPF 16	15	UFRGS 19 x UFRGS 910906	6
UFRGS 14 x UFRGS 910906	4	UFRGS 19 x UFRGS 930605	14
UFRGS 14 x UFRGS 930605	2	UFRGS 19 x UFRGS 984087-2	15
UFRGS 14 x UFRGS 984087-2	15	UPF 16 x UFRGS 910906	15
UFRGS 15 x UFRGS 16	10	UPF 16 x UFRGS 930605	15
UFRGS 15 x UFRGS 17	11	UPF 16 x UFRGS 984087-2	14
UFRGS 15 x UFRGS 19	16	UFRGS 910906 x UFRGS 930605	9
UFRGS 15 x UPF 16	15		

Foram avaliadas as características ciclo da emergência à floração (florescimento pleno na unidade experimental), estatura de planta e rendimento de grãos. O estande foi avaliado com uma nota visual em porcentagem, que variou de zero a 100, em que 100 correspondeu à ausência de falhas de plantas na linha. Somente as unidades experimentais com estande acima de 45% foram aproveitados nas análises. O rendimento de grãos foi ajustado para uma área de 1,20 m², visto que em algumas parcelas uma área menor foi colhida. A análise de variância de cada ensaio individual foi realizada para a certificação de que os resíduos eram homogêneos. A análise conjunta foi realizada considerando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + B_{j(i)} + T_k + e_{ijk} ;$$

Em que Y_{ijk} é o dado para uma das características em análise, proveniente do tratamento k , avaliado no bloco j do ensaio i ; μ é a média geral; E é o efeito do ensaio i ; B é efeito do bloco j dentro do ensaio i ; T é o efeito do tratamento k , que pode ser um genitor ou uma linha. O termo e_{ijk} é o valor do resíduo associado a cada observação. Para rendimento de grãos foi incluído a nota de estande como covariável. As análises de variância foram feitas com o auxílio do módulo GLM (General Linear Model) e as médias de mínimos quadrados para os genitores e para os cruzamentos foram utilizadas na análise dialélica seguindo o que já foi descrito no item referente à geração F_2 . As somas de quadrados para as Capacidades Geral (CGC) e Específica (CEC) de Combinação foram obtidas conforme o descrito por Vencovsky & Barriga (1992) para casos dialélicos com perdas de cruzamentos. A média harmônica de linhas por cruzamento foi de 11,54 e de repetições por tratamento foi de 4,57.

3.5.3 Resposta esperada à seleção:

Os cálculos dos ganhos de seleção para ciclo da emergência à floração, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos foram realizados seguindo a metodologia descrita por Falconer (1987).

$$R = h^2 \cdot S,$$

Onde R é o ganho esperado; h^2 é a herdabilidade no sentido restrito da característica em questão e S é o diferencial de seleção, que é a diferença entre as médias da população e dos indivíduos selecionados. A intensidade de seleção foi definida em função da capacidade de realização dos cruzamentos, considerando quarenta e cinco combinações a cada ciclo. Após o primeiro ciclo, o esquema de combinações para a realização dos cruzamentos será o

dialélico circulante, sendo que cada genitor entrará em 3 combinações híbridas. O número de genitores a cada ciclo de recombinação fica assim definido (Cruz & Regazzi, 1994):

$$p = (2 \cdot c) / s,$$

Onde c é o número total de combinações (45 neste trabalho); p é o número de genitores; s é a frequência com que cada genitor entra nas combinações (estabelecido como três). Nestas condições, trinta genitores são selecionados a cada ciclo e submetidos à recombinação.

Foi simulada a seleção para rendimento de grãos com base nos dados das gerações F_2 e F_4 considerando duas estratégias. Na primeira estratégia, os trinta indivíduos ou linhas que apresentaram os maiores rendimentos de grãos foram selecionados, independentemente dos efeitos das capacidades geral e específica de combinação dos cruzamentos a que pertencem. Na segunda estratégia, a média marginal dos cruzamentos foram calculadas como segue:

$$M_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij},$$

Em que M_{ij} é a média do cruzamento ij ; g_i e g_j são os efeitos da CGC dos genitores i e j ; e s_{ij} é o efeito da CEC do cruzamento ij .

Os trinta cruzamentos que apresentaram as maiores médias marginais foram denominados de cruzamentos superiores. Os indivíduos que apresentaram melhor desempenho em cada um dos cruzamentos superiores foram selecionados.

A proporção dos genitores nas progênies F_2 e F_4 e nos indivíduos selecionados nas duas estratégias adotadas também foi calculada.

3.6 Cálculo dos efeitos genéticos intralocos:

As estimativas da média e dos efeitos genéticos aditivos e de dominância foram calculadas para cada cruzamento através do método de média de gerações, utilizando a média dos genitores e dos indivíduos F_2 , seguindo Mather & Jinks (1984). O modelo genético supõe que as médias dos pais (M_{P_1} e M_{P_2}) e dos indivíduos F_2 (M_{F_2}) podem ser descritas pelos parâmetros m (média geral do cruzamento), a e d (respectivamente, a soma dos efeitos aditivos e não aditivos dos alelos envolvidos na expressão da característica) da seguinte forma:

$$M_{P_1} = m + a;$$

$$M_{P_2} = m - a;$$

$$M_{F_2} = m + (1/2)d.$$

Os parâmetros foram estimados a partir da obtenção das soluções das equações normais pelo método dos mínimos quadrados ponderados pelo inverso da variância média de cada geração e a significância estatística de cada parâmetro foi testada através do t -teste ao nível de 5% de probabilidade.

3.7 Probabilidade de obtenção de linhagens superiores:

Foi calculada a probabilidade de cada cruzamento em apresentar linhas endogâmicas recombinantes (RILs) que apresentassem médias igual ou superior a: 1) período de 90 dias para o ciclo da emergência ao florescimento; 2) estatura superior à média das cultivares UFRGS 14 e UFRGS 19 (92,03 cm); 3) que apresentem peso da biomassa aparente superior à média dos dez genitores (75,37 gr/planta); e 4) média de rendimento de grãos por planta superior à média dos dez genitores acrescido de um desvio padrão fenotípico

(35,24 gr/planta). O cálculo de obtenção da referida probabilidade foi realizado segundo a metodologia descrita por Kearsey & Pooni (1996):

$$Dn = (M_{F_2} - m) / \sqrt{2 \cdot Va}$$

Em que Dn é o desvio da curva normal, cuja área corresponde à probabilidade da ocorrência do evento; M é o valor mínimo estipulado; m é a média esperada das linhas endogâmicas a serem extraídas ao acaso do cruzamento, calculada pelo método de média de gerações descrito por Mather & Jinks (1984); Va é a variância genética aditiva vinculada a cada cruzamento, que foi estimada a partir da proporção entre as variâncias aditiva e fenotípica de todos os cruzamentos para cada característica a partir da análise dialélica e a variância fenotípica de cada combinação.

3.8 Estimativas da correlações genéticas:

As correlações genéticas entre as características foram estimadas a partir dos ganhos direto e indireto de seleção para cada uma delas (Falconer, 1987):

$$r_A^2 = (CR_x \cdot CR_y) / (R_x \cdot R_y)$$

em que CR_x é a resposta da característica X à seleção praticada sobre a característica Y e CR_y é o ganho indireto da característica Y quando a seleção incide sobre a característica X ; R_x e R_y são os ganhos de seleção das características X e Y , respectivamente obtidos na seleção direta.

3.9 Avaliação da distância genética entre os genitores:

A distância genética entre os dez genótipos parentais foi avaliada utilizando o cálculo de distância euclidiana com base nas características ciclo

da emergência à floração e maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro. O ciclo da emergência à floração foi obtido pela diferença do número de dias entre a data de emergência média das plântulas e a data em que se observou o florescimento pleno nas unidades experimentais, em que 50% das panículas estão fora da folha bandeira. O ciclo da emergência à maturação foi obtido pela diferença entre as data da emergência e a data em que as parcelas apresentavam mais de 50% das panículas amarelas. A biomassa aparente foi obtida pesando todas as plantas já secas da parcela, cortadas rentes ao solo. Os dados foram coletados de um ensaio conduzido nos anos de 2001 e 2002 em que os genótipos parentais foram cultivados em parcelas compostas de duas linhas de 2 metros de comprimento, espaçadas de 30 cm entre si. As datas de semeadura e emergência foram 13 e 23 de junho de 2001 e 27 de junho e 4 de julho de 2002, respectivamente. O ensaio seguiu o delineamento de blocos ao acaso com 5 repetições. A análise de variância individual foi realizada para a certificação da homogeneidade das variâncias. A análise conjunta seguiu o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_{j(i)} + G_k + AG_{(ik)} + e_{ijk}$$

Onde Y_{ijk} é a observação do genótipo k na repetição j dentro do ano i ; μ é a média geral; A é o efeito do ano i ; B é o efeito do bloco j no ano i ; G é o efeito do genótipo k ; $AG_{(ik)}$ é o efeito da interação entre o genótipo k e o ano i ; e o termo e_{ijk} é o desvio relativo à observação Y_{ijk} . A significância estatística dos quadrados médios foi testada pelo teste F e as médias dos genótipos para as características foram comparadas pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. As médias de dois anos das características por genótipo foram

submetidas ao cálculo de distância euclidiana para cada par de genitores, de acordo com o descrito por Cruz & Regazzi (1994):

$$d_{ij} = [\sum_k (X_{ik} - X_{jk})^2]^{1/2}$$

Em que d_{ij} é a distância entre os genótipos i e j para as k características consideradas. A matriz de dissimilaridade gerada foi utilizada na construção de um dendograma pelo método do vizinho mais próximo (Cruz & Regazzi, 1994).

Os coeficientes de parentesco entre os genótipos foram calculados segundo Falconer (1987):

$$f_{PQ} = \frac{1}{4}(f_{AC} + f_{AD} + f_{BC} + f_{BD})$$

Sendo que f_{PQ} , f_{AC} , f_{AD} , f_{BC} e f_{BD} são os coeficientes de parentesco entre os genótipos P e Q, A e C, A e D, B e C, B e D; os genótipos A e B são os genitores de P, enquanto que C e D são os pais de Q.

O coeficiente de parentesco entre genótipos cujos genitores são desconhecidos foi considerado zero, e o coeficiente de parentesco entre dois genótipos, um selecionado a partir do outro, foi considerado de 0,75. Assumiu-se que os genótipos apresentavam 50% do material genético de cada pai, desconsiderando-se o efeito da amostragem mendeliana e a ação da seleção na síntese do referido genótipo. A partir dos coeficientes de parentesco, foi construída uma matriz de dissimilaridade, em que os elementos da matriz são a diferença entre unidade e o coeficiente de parentesco. A matriz de dissimilaridade foi utilizada na confecção de um dendograma pelo método do vizinho mais próximo.

As médias de dois anos dos genótipos para as sete características foram submetidas ainda a uma análise multivariada de componentes principais.

Os autovalores e autovetores foram calculados a partir da matriz de correlação entre as sete características e os três primeiros componentes foram utilizados no cálculo dos escores de cada genótipo, os quais então, foram dispostos em gráficos que ilustram a dispersão dos genótipos.

4. RESULTADOS

4.1 Avaliação do tipo de parcela:

As análises de variância em três anos para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos dos ensaios com diferentes tipos de unidades experimentais são apresentadas nas Tabelas 5, 6, e 7. Os quadrados médios para genótipos foram significativos nos três tipos de parcela nos três anos para ciclo da emergência à floração (Tabela 5) e para estatura de planta (Tabela 6). Para rendimento de grãos o quadrado médio devido aos diferentes genótipos foi significativo para covas nos três anos e para linhas individuais em 2000 e 2001, enquanto que com o uso da parcela de tamanho padrão não foi possível diferenciar as médias das cultivares testadas (Tabela 7).

Nos ensaios que utilizaram cova como unidade experimental, as análises foram realizadas considerando a média das covas excluindo a bordadura, e a variação entre estas covas dentro de cada linha foi estimada através do cálculo do erro dentro da linha. Em todos os casos o resíduo foi inferior ao erro dentro da linha (Tabelas 5, 6 e 7), exceto para estatura de planta em 1999 (Tabela 6) mostrando que a variação entre covas é muito elevada. Os valores dos coeficientes de variação para ciclo foram baixos para todos os tipos de unidades experimentais. Estes coeficientes apresentaram valores semelhante em parcelas e em linhas nos três anos, os quais foram inferiores aos obtidos em covas (Tabela 5).

TABELA 5. Análise de variância para ciclo de aveia em ensaios utilizando covas, linhas ou parcela padrão como unidades experimental em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Unidade experimental	Fonte de variação	Ano					
		1999		2000		2001	
		GL	QM	GL	QM	GL	QM
Covas	Blocos	3	86,57 _{NS}	3	55,04 _{**}	3	27,18 _{NS}
	Genótipos	4	195,97 _{**}	4	411,24 _{**}	4	1234,10 _{**}
	Erro	35	5,89 _{NS}	35	0,57 _{NS}	35	11,00 _{NS}
	Erro (dentro da linha)	109	8,37	111	14,62	117	14,73
	CV		3,78		4,48		4,55
	R ²		0,57		0,52		0,76
	Linhas	Blocos	7	7,13 _{NS}	15	4,38 _{NS}	15
Genótipos		4	80,13 _{**}	4	145,80 _{**}	4	1044,32 _{**}
Erro		25	5,46	54	2,26	58	3,74
CV			2,77		1,75		2,27
R ²			0,75		0,84		0,95
Parcela padrão		Blocos	3	1,20 _{NS}	3	6,47 _{NS}	3
	Genótipos	4	43,47 _{**}	4	35,93 _{**}	4	204,45 _{**}
	Erro	12	2,21	12	4,76	12	1,92
	CV		1,91		2,49		1,67
	R ²		0,87		0,74		0,97

NS Não significativo pelo F teste;

** Significativo pelo F teste;

TABELA 6. Análise de variância para estatura de planta de aveia em ensaios utilizando covas, linhas ou parcela padrão como unidade experimental, em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Unidade experimental	Fonte de variação	Ano								
		1999			2000			2001		
		GL	QM		GL	QM		GL	QM	
Covas	Blocos	3	99,17	NS	3	77,46	NS	3	136,12	NS
	Genótipos	4	1002,71	**	4	1176,15	**	4	962,64	**
	Erro	35	49,68	NS	35	31,66	NS	35	28,08	NS
	Erro (dentro da linha)	109	29,72		111	33,08		117	53,19	
	CV		6,46			6,09			8,71	
	R ²		0,66			0,64			0,46	
Linhas	Blocos	7	159,19	**	15	62,96	NS	17	127,28	**
	Genótipos	4	92,31	**	4	663,59	**	4	499,21	**
	Erro	25	23,31		54	35,01		58	22,10	
	CV		6,12			6,12			5,22	
	R ²		0,73			0,67			0,76	
	Parcela padrão	Blocos	3	42,18	NS	3	2,98	NS	3	12,58
Genótipos		4	79,83	NS	4	231,87	**	4	137,80	**
Erro		12	24,72		12	16,94		12	6,50	
CV			5,71			4,05			2,54	
R ²			0,60			0,82			0,88	

NS Não significativo pelo F teste;

** Significativo pelo F teste;

TABELA 7. Análise de variância para rendimento de grãos de aveia em ensaios utilizando covas, linhas ou parcela padrão como unidades experimental em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Unidade experimental	Fonte de variação	Ano								
		1999			2000			2001		
		GL	QM		GL	QM		GL	QM	
Covas	Blocos	3	7570,64	NS	3	12218,82	NS	3	7674,41	NS
	Genótipos	4	139617,48	**	4	181024,35	**	4	86246,41	**
	Erro	35	2312,41	NS	35	29713,33	NS	35	11621,81	NS
	Erro (dentro da linha)	108	3367,10		110	31420,52		116	17343,74	
	CV		19,11			34,03			27,41	
	R ²		0,65			0,36			0,27	
Linhas	Blocos	7	2584,82	NS	15	10496,56	NS	17	17190,81	**
	Genótipos	4	3544,22	NS	4	111491,43	**	4	22029,83	**
	Erro	25	2585,89		54	6394,64		51	5711,65	
	CV		29,61			22,93			17,81	
	R ²		0,33			0,64			0,56	
Parcela padrão	Blocos	3	463,63	NS	3	1228,41	NS	3	1992,16	NS
	Genótipos	4	326,38	NS	4	2411,67	NS	4	160,80	NS
	Erro	12	291,76		12	2428,55		12	737,58	
	CV		8,81			14,35			7,70	
	R ²		0,44			0,31			0,43	

NS Não significativo pelo F teste;

** Significativo ao nível de 10% de probabilidade pelo F teste;

Para estatura de plantas, os coeficientes de variação obtidos nos três tipos de unidades experimentais foram baixos, embora os coeficientes de variação das parcelas de tamanho padrão tenham sido inferiores àqueles obtidos em covas e linhas nos três anos (Tabela 6). Para rendimento de grãos, os coeficientes de variação foram mais elevados e variaram mais intensamente com o tipo de unidade experimental e com o ano. Os menores valores foram observados em parcelas de tamanho padrão nos três anos. Entre as unidades experimentais de tamanho reduzido, linhas apresentou coeficientes de variação menores ao de covas em 2000 e 2001, porém em 1999 o coeficiente obtido em covas foi inferior (Tabela 7).

Os coeficientes de correlação de Spearman entre as classificação dos genótipos conduzidos em parcela padrão e nas unidades experimentais de tamanho reduzido para as características ciclo da emergência à floração, estatura de planta e rendimento de grãos estão na Tabela 8. Os coeficientes foram médios a altos para as duas primeiras características para ambos tipos de parcela de tamanho reduzido. Para rendimento de grãos os coeficientes foram médios a altos para linha, enquanto que para covas foi alto em 1999, porém baixo nos dois anos seguintes. Todos os coeficientes foram significativos pelo *t*-teste, com exceção das correlações entre parcela e cova para ciclo da emergência à floração em 2001 e rendimento de grãos nos três anos, e entre parcela e linha para estatura em 1999 e rendimento de grãos em 2001 (Tabela 8). Os coeficientes de correlação entre as classificações dos genótipos para ciclo e rendimento de grãos obtidas nas parcelas de tamanho padrão e em linhas permanecem altos quando o número de repetições em linhas foi reduzido para cinco, embora a frequência em que estes foram

significativos foi reduzida. Os coeficientes de correlação para estatura de planta neste caso foram menores com cinco repetições de linhas (Tabela 8).

TABELA 8- Coeficientes de correlação de Spearman entre as classificações dos genótipos para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos obtidas em parcelas padrões com aquelas obtidas em covas e linhas, e com linhas com cinco repetições, em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

		Ciclo		Estatura de planta		Rendimento de grãos	
LINHAS	1999	0,90	**	0,60	NS	1,00	**
	2000	1,00	**	1,00	**	0,90	**
	2001	0,90	**	0,90	**	0,70	NS
COVAS	1999	1,00	**	0,88	**	0,82	NS
	2000	1,00	**	0,88	**	0,30	NS
	2001	0,70	NS	0,88	**	0,30	NS
LINHAS (5 repetições)	1999	0,90	**	0,30	NS	1,00	**
	2000	0,60	NS	0,70	NS	0,80	NS
	2001	0,90	**	0,60	NS	0,70	NS

** significativo pelo t- teste;
NS Não significativo

Os valores das variâncias genética, fenotípica e de ambiente e da herdabilidade no sentido amplo estimados para os três ensaios e três anos são apresentados na Tabela 9. Para rendimento de grãos, as estimativas da variância genética em parcela foram negativas em 2000 e 2001. Por definição, valores de variância não podem ser negativos, porém o método de estimação aqui empregado não impõe esta restrição, podendo resultar em valores negativos (Searle, 1971; Barbin, 1993). Estes valores podem ser interpretados como indicativo de baixa variância genética, a qual tende a zero. No cálculo da

herdabilidade destes casos a variância genética foi considerada zero, resultando em herdabilidade no sentido amplo também zero (Tabela 9).

TABELA 9. Estimativas das variâncias genética (V_g), de ambiente (V_e), e fenotípica (V_p) e da herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos de aveia em três unidades experimentais e três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Caracter	Unidade experimental	Ano	V_g	V_e	V_p	h_a^2
Ciclo	Cova	1999	6,26	8,37	14,63	0,43
		2000	12,96	14,62	27,58	0,47
		2001	38,11	14,73	38,11	0,72
	Linha	1999	10,10	5,46	15,56	0,65
		2000	9,57	2,27	11,84	0,81
		2001	65,03	3,74	68,78	0,95
	Parcela	1999	10,32	2,21	12,53	0,82
		2000	7,79	4,76	12,55	0,62
		2001	50,63	1,92	52,55	0,96
Estatura de Planta	Cova	1999	31,81	32,60	64,41	0,49
		2000	37,35	33,09	70,44	0,53
		2001	28,42	53,19	81,61	0,35
	Linha	1999	9,33	23,31	32,64	0,29
		2000	41,93	35,01	76,94	0,54
		2001	29,81	22,09	51,92	0,57
	Parcela	1999	13,78	24,72	38,50	0,36
		2000	53,73	16,94	70,68	0,76
		2001	32,83	6,50	39,33	0,83
Rendimento de Grãos	Cova	1999	4578,31	3367,10	7945,41	0,58
		2000	4934,16	31420,52	36354,69	0,14
		2001	2169,48	17343,74	19513,22	0,11
	Linha	1999	129,64	2585,89	2.715,53	0,05
		2000	7009,96	6394,65	13.404,60	0,52
		2001	1204,29	5511,65	6915,95	0,17
	Parcela	1999	8,65	291,76	300,42	0,03
		2000	-4,22	2428,56	2424,34	0,00
		2001	-144,19	737,58	593,39	0,00

A variância devido ao ambiente para as três características foi bastante distinta conforme o ano e o tipo de unidade experimental, mas de uma forma geral ela foi maior para covas, intermediária para linhas e menor para parcela de tamanho padrão para estatura de planta e rendimento de grãos. Para dias para o florescimento, covas também apresentou valores maiores de variância de ambiente, porém os valores de linha e parcela foram mais próximos (Tabela 9).

A herdabilidade no sentido amplo traduz a proporção entre as variâncias genotípica e fenotípica, e serve como um indicativo de quanto do valor genotípico pode ser inferido pela observação fenotípica. Para ciclo da emergência à floração, as estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram de média a baixa em covas (0,72 e 0,43) e média a alta para linhas e parcelas (0,65 a 0,95 e 0,62 a 0,96, respectivamente) (Tabela 9). Para estatura de plantas, as estimativas de herdabilidade foram inferiores de uma forma geral para covas e linhas, com valores entre de 0,35 a 0,53 e 0,29 a 0,57 respectivamente, em comparação com parcelas, cujas estimativas variaram entre 0,36 e 0,83. Para rendimento de grãos, as estimativas de covas e linhas flutuaram em função do ano, tendo sido médias para covas em 1999 e para linhas em 2000, e baixas para covas em 2000 e 2001, e para linhas em 2001 (Tabela 9). A herdabilidade para rendimento de grãos em parcela nos três anos e para linhas em 1999 foi próxima a zero, o que podia ser inferido da análise da variância, onde o quadrado médio de genótipos não difere do resíduo (Tabela 7).

O número de linhas necessário para reproduzir satisfatoriamente os resultados obtidos com parcelas do tamanho padrão foi investigado avaliando a

variação do erro padrão associado à média para rendimento de grãos, que é a característica alvo deste estudo (Tabela 10).

TABELA 10. Erro padrão da média de rendimento de grãos obtidos em linhas com diferente número de repetições, em três anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Número de repetições	Desvio padrão da média		
	1999	2000	2001
3	34,51	33,11	27,76
4	31,74	25,63	21,53
5	28,88	22,42	18,49
6	24,34	19,23	19,68
7	20,66	23,08	27,07
8	18,70	21,49	20,46
9	-	22,03	27,00
10	-	23,84	24,46
11	-	22,70	25,87
12	-	21,03	24,33
13	-	20,37	22,53
14	-	20,05	21,28
15	-	20,15	20,23
16	-	20,79	19,47

Em 1999 houve uma redução significativa no erro padrão da média com o aumento do número de repetições de 3 para 8. Em 2000, quando o número de repetições foi dobrado, o erro padrão da média caiu drasticamente de 3 para 6 repetições, voltando a crescer com 7 repetições. Deste ponto em diante, os valores oscilaram em torno do valor obtido com 5 repetições até se estabilizar a partir de 13 repetições. Em 2001 não foi possível detectar um ponto de estabilização. O valor mínimo do parâmetro foi obtido com 5 repetições, sendo que de 6 a 18 ocorreu uma forte flutuação, com valores

próximos aos obtidos com apenas 3 repetições. Considerando o tamanho de área disponível e a quantidade de sementes existente para a condução dos ensaios que se seguiram foi decidido investigar melhor o uso de linhas com cinco repetições. Na Tabela 8 é mostrado que há uma boa correspondência entre as classificações para rendimento de grãos e dias para a floração obtidas dos genótipos avaliados em linhas com cinco repetições e aquelas obtidas em parcelas de tamanho padrão com quatro repetições, embora para estatura de planta o coeficiente de correlação de Spearman tenha sido baixo em 1999 e médio em 2000 e 2001.

4.2 Análise dialélica com a geração F₂:

Os resultados das análises de variância para as características ciclo da emergência ao florescimento, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos de aveia no ano de 2001 são mostrados na Tabela 11. Há variabilidade entre os cruzamentos e genitores para as quatro características avaliadas, uma vez que os quadrados médios para tratamentos foram significativamente superiores aos quadrados médios dos resíduos. Assim, a análise complementar foi realizada para todas as quatro características.

A variação associada à CEC foi significativamente diferente do resíduo para as quatro características avaliadas, enquanto que a variação devido à CGC diferiu da CEC para o ciclo da emergência à floração e estatura de planta e biomassa. Para rendimento de grãos, o quadrado médio da CGC, embora maior em valor, não diferiu estatisticamente do quadrado médio da CEC (Tabela 12).

TABELA 11. Análise de variância para ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos de aveia de um ensaio com genitores e geração F₂. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Causa da variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio			
		Ciclo	Estatura de planta	Biomassa aparente	Rendimento de grãos
Modelo	56	223,66 **	315,64 **	761,68 **	122,44 **
Blocos	5	38,15 **	189,09 **	1705,68 **	144,91 **
Tratamentos	51	242,81 **	328,04 **	657,50 **	119,33 **
Erro	237	10,07	26,56	154,54	33,46
C.V.		3,46	5,17	14,84	17,07
R ²		0,84	0,74	0,54	0,46

** significativo pelo F teste.

TABELA 12. Quadrados médios das capacidades geral (CGC) e específica (CEC) para ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos de aveia do ensaio conduzido com genitores a geração F₂. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Causa da variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio			
		Ciclo	Estatura de planta	Biomassa aparente	Rendimento de grãos
CGC	9	140,06 **	160,30 **	222,69 **	31,07 NS
CEC	42	23,00 **	39,85 **	95,98 **	18,60 **
Erro	237	1,68	4,42	25,76	5,57

** significativo pelo F teste.

NS não significativo pelo F teste.

Os efeitos das capacidades geral de combinação dos dez genótipos parentais são apresentados na Tabela 13. Para o ciclo da emergência à floração, os efeitos da CGC dos genitores foram significativamente diferentes entre si, exceto os das variedades UFRGS 14 e UFRGS 17. A linhagem UFRGS 984087-2 apresentou o maior efeito para precocidade, seguido pela UFRGS 930605, UFRGS 19, UFRGS 7 e UFRGS 17. Os genótipos UFRGS 15, UFRGS 16, UFRGS 910906, UFRGS 14 e UFRGS 16 apresentam efeitos que

atuam no sentido do aumento do ciclo. A diferença entre os desvios devido à CGC entre os genótipos extremos, UFRGS 15 e UFRGS 984087-2, foi de aproximadamente onze dias (Tabela 13).

TABELA 13. Média e efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de dez genótipos parentais e os desvios padrão da diferença entre os efeitos para as características ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Genitor	Estimativa do Efeito de CGC			
	Ciclo (dias)	Estatura de planta (cm)	Biomassa aparente (gr/planta)	Rendimento de grãos (gr/planta)
Média	91,97	100,55	84,63	33,03
UFRGS 7	-1,21 f [†]	-0,08 d	-1,16 cd	1,48 b
UFRGS 14	1,69 d	-2,22 e	-4,85 d	-1,23 cd
UFRGS 15	4,45 a	0,46 d	1,22 bc	0,84 b
UFRGS 16	4,12 b	5,19 a	5,51 a	2,41 a
UFRGS 17	-1,00 d	3,50 b	4,78 ab	1,46 b
UFRGS 19	-2,43 g	-3,67 f	-1,41 cd	-1,28 d
UPF 16	0,14 e	2,69 c	0,19 c	-0,35 c
UFRGS 910906	3,56 c	3,44 b	6,26 a	0,81 b
UFRGS 930605	-2,87 h	-5,57 g	-5,12 d	-1,56 d
UFRGS 984087-2	-6,46 i	-3,72 f	-5,42 d	-2,57 e
D.P.($g_i - g_j$)	0,28	0,74	4,29	0,93

[†] médias dos genótipos seguidos pela mesma letra na coluna não se diferenciam

Os efeitos de CGC dos genitores para estatura de planta também foram bastante diversificados, sendo que UFRGS 930605 apresentou o maior efeito de redução na estatura de planta, seguido por UFRGS 984087-2 e UFRGS 19, que apresentaram valores equivalentes, e da UFRGS 14 e UFRGS 7. Já os genótipos UFRGS 16, UFRGS 17, UFRGS 910906, UPF 16 e UFRGS

15 apresentaram valores positivos de CGC, mostrando que suas progênies tiveram valores superiores à média geral para estatura de planta. Embora os efeitos de CGC dos genótipos UFRGS 7 e UFRGS 15 apresentaram sinais contrários, eles não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 13).

Para biomassa aparente os maiores valores foram exibidos pelo grupo formado por UFRGS 910906, UFRGS 16 e UFRGS 17, seguido por UFRGS 15 que não diferiu da UFRGS 17. Um grande grupo foi formado pelos genótipos UFRGS 14, UFRGS 19, UFRGS 930605, UFRGS 984087-2 e UFRGS 7 que apresentaram valores de CGC negativos e estatisticamente semelhantes em magnitude. A variedade UPF 16 apresentou um valor baixo e positivo para a CGC, o qual, no entanto, não diferiu estatisticamente do efeito da CGC apresentado pela cultivar UFRGS 7 (Tabela 13).

O genótipo UFRGS 16 apresentou o maior efeito de CGC para rendimento de grãos, que foi estatisticamente superior aos efeitos dos genótipos UFRGS 7, UFRGS 15, UFRGS 17 e UFRGS 910906. Os demais genitores apresentaram efeitos de CGC negativos, sendo que UFRGS 984087-2 apresentou o menor valor, seguido pela linhagem UFRGS 930605 e pelas cultivares UFRGS 19 e UFRGS 14. O efeito apresentado pela variedade UPF 16 foi superior aos estimados para as cultivares UFRGS 930605 e UFRGS 19 e, embora negativo, não foi diferente daquele estimado para a cultivar UFRGS 14 (Tabela 13).

Os efeitos da CEC dos genitores e dos quarenta e dois cruzamentos para as quatro características estudadas e os respectivos desvios que possibilitam a comparação estatística dos efeitos são apresentados na Tabela 14.

TABELA 14. Efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) para ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos do ensaio de genitores e geração F₂ de grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001. Continua

Cruzamento	CEC			
	Ciclo (dias)	Estatura de planta (cm)	Biomassa aparente (gr/planta)	Rendimento de grãos (gr/planta)
UFRGS 7 x UFRGS 15	-1,71	-3,41	-0,85	0,54
UFRGS 7 x UFRGS 16	-0,01	6,39	-1,81	0,57
UFRGS 7 x UFRGS 17	6,76	8,33	1,34	0,06
UFRGS 7 x UFRGS 19	-0,20	8,49	-2,32	2,00
UFRGS 7x UPF 16	5,44	7,39	1,38	2,61
UFRGS 7 x UFRGS 910906	3,11	1,78	4,34	5,28
UFRGS 7 x UFRGS 930605	3,48	-7,51	-8,30	-3,11
UFRGS 7 x UFRGS 984087-2	-4,22	-4,70	3,89	-0,26
UFRGS 14 x UFRGS 15	2,14	-1,17	-3,47	1,22
UFRGS 14 x UFRGS 16	0,36	-5,86	-1,18	1,27
UFRGS 14 x UFRGS 17	4,19	7,10	1,42	3,97
UFRGS 14 x UFRGS 19	-1,16	-14,29	-0,98	-8,64
UFRGS 14 x UFRGS 910906	-10,35	0,54	3,13	-1,53
UFRGS 14 x UFRGS 930906	5,85	9,63	4,91	2,66
UFRGS 14 x UFRGS 984087-2	-0,72	11,65	6,82	4,60
UFRGS 15 x UFRGS 16	-2,77	-7,60	0,41	-7,02
UFRGS 15 x UFRGS 17	3,86	12,73	-0,17	3,55
UFRGS 15 x UFRGS 19	2,35	8,52	2,25	3,30
UFRGS 15 x UPF 16	5,81	10,94	1,03	3,26
UFRGS 15 x UFRGS 93605	2,76	5,67	-5,30	4,37
UFRGS 15 x UFRGS 984087-2	-4,03	-7,60	8,44	-2,55
UFRGS 16 x UFRGS 17	-1,76	3,57	0,25	-1,74
UFRGS 16 x UFRGS 19	8,58	13,00	1,82	4,92
UFRGS 16 x UPF 16	11,37	5,73	-0,97	3,27
UFRGS 16 x UFRGS 910906	0,07	-0,99	0,57	3,72
UFRGS 16 x UFRGS 930605	-5,61	11,73	2,92	4,65

TABELA 14. Efeitos da capacidade específica...

Continuação

Cruzamento	CEC			
	Ciclo (dias)	Estatura de planta (cm)	Biomassa aparente (gr/planta)	Rendimento de grãos (gr/planta)
UFRGS 16 x UFRGS 984087-2	2,95	5,00	0,53	3,19
UFRGS 17 x UFRGS 19	9,51	6,79	5,86	2,90
UFRGS 17 x UPF 16	2,20	-8,54	2,70	-1,57
UFRGS 17 x UFRGS 910906	-5,40	-13,81	-8,38	-1,65
UFRGS 17 x UFRGS 930605	-0,09	7,63	5,65	-0,57
UFRGS 17 x UFRGS 984087-2	3,28	2,38	-1,62	-1,62
UFRGS 19 x UPF 16	-1,14	-5,71	-6,47	-2,41
UFRGS 19 x UFRGS 910906	-9,38	0,09	6,07	-0,46
UFRGS 19 x UFRGS 930605	3,45	0,05	-5,21	1,64
UFRGS 19 x UFRGS 984087-2	-4,46	3,87	1,02	2,11
UPF 16 x UFRGS 910906	-14,47	-12,43	7,11	-11,32
UPF 16 x UFRGS 930605	3,34	-3,50	0,09	-1,54
UPF 16 x UFRGS 984087-2	-1,29	10,87	3,08	7,53
UFRGS 910906 x UFRGS 930605	5,23	8,12	-9,40	4,92
UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2	8,66	14,47	-5,98	0,42
UFRGS 930605 x UFRGS 984087-2	-1,10	1,44	-3,39	0,48
UFRGS 7	-6,33	-8,38	1,17	-3,85
UFRGS 14	-0,16	-3,80	-5,33	-1,77
UFRGS 15	-4,21	-9,04	-1,17	-3,34
UFRGS 16	-6,59	-15,49	-1,27	-6,41
UFRGS 17	-11,28	-13,09	-3,52	-1,66
UFRGS 19	-3,77	-10,40	-1,01	-2,69
UPF 16	-5,63	-2,37	-3,98	0,08
UFRGS 910906	11,26	1,11	1,27	0,31
UFRGS 930605	-8,65	-16,62	9,01	-6,75
UFRGS 984087-2	0,46	-18,69	-6,39	-6,96
D.P.($s_{ij}-s_{ik}$), †	3,08	8,10	47,22	10,21
D.P.($s_{ij}-s_{kl}$), ‡	2,80	7,37	42,93	9,28

† desvio padrão da diferença entre cruzamentos com um genitor comum;

‡ desvio padrão da diferença entre cruzamentos sem nenhum genitor em comum.

A amplitude de variação dos efeitos para ciclo foi de aproximadamente 26 dias. Os valores mais baixos foram registrados para o cruzamento UPF 16 x UFRGS 910906, seguido de UFRGS 17, UFRGS 14 x UFRGS 910906 e UFRGS 19 x UFRGS 910906, enquanto que os maiores valores foram encontrados para o cruzamento UFRGS 16 x UPF 16, seguido da linhagem UFRGS 910906 e do cruzamento UFRGS 17 x UFRGS 19.

Para estatura de planta, a amplitude dos efeitos de CEC variou de aproximadamente menos 19 cm, para a linhagem UFRGS 984087-2, até mais 14,5 cm, para o cruzamento UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2. Além da linhagem UFRGS 984087-2, os genótipos paternos UFRGS 930605, UFRGS 16, UFRGS 17, UFRGS 19, UFRGS 15, UFRGS 7 e UFRGS 14 apresentaram efeitos que se classificam entre os vinte mais baixos. Os efeitos da cultivar UPF 16 e da linhagem UFRGS 910906 foram respectivamente o vigésimo primeiro e o vigésimo sétimo (Tabela 14).

Para biomassa aparente, os maiores efeitos foram o da linhagem UFRGS 930605 e os dos cruzamentos UFRGS 15 x UFRGS 984087-2, UFRGS 14 x UFRGS 984087-2 e UPF 16 x UFRGS 910906, enquanto que os menores efeitos foram apresentados pelos cruzamentos UFRGS 910906 x UFRGS 930605, UFRGS 17 x UFRGS 910906, UFRGS 7 x UFRGS 930605 e UFRGS 19 x UPF 16 (Tabela 14).

Para rendimento de grãos, os maiores valores de CEC foram observados para os cruzamentos UPF 16 x UFRGS 984087-2, UFRGS 7 x UFRGS 910906, UFRGS 16 x UFRGS 19 e UFRGS 16 x UFRGS 930605. Os menores valores, por sua vez, foram encontrados para os cruzamentos UPF 16 x UFRGS 910906, UFRGS 14 x UFRGS 19 e UFRGS 15 x UFRGS 16, seguido

pelos efeitos dos genitores UFRGS 984087-2, UFRGS 930605, UFRGS 16, UFRGS 7 e UFRGS 15 (Tabela 14).

As estimativas das variâncias de ambiente, genética aditiva e não aditiva e da herdabilidade no sentido restrito são apresentadas na Tabela 15. As estimativas foram significativamente diferente de zero pelo *t*-teste ao nível de 1% de probabilidade, exceto a variância genética aditiva para rendimento de grãos que só diferiu de zero ao nível de 30% de probabilidade. A variância genética aditiva para ciclo da emergência à floração apresentou valor superior ao da variância devido ao ambiente, mas inferior à variância genética não aditiva. Em conseqüência, o valor associado à herdabilidade foi apenas médio. A variância genética aditiva para estatura de planta foi inferior às variâncias de ambiente e genética não aditiva, resultando em uma menor herdabilidade no sentido restrito (Tabela 15).

TABELA 15. Variâncias genética aditiva ($2\sigma_g^2$), não aditiva (σ_s^2) e de ambiente (σ_e^2), e herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) estimados a partir dos genótipos parentais de aveia e de quarenta e duas combinações de cruzamentos entre eles para as características ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Característica	Componente			
	$2\sigma_g^2$	σ_s^2	σ_e^2	h_r^2
Ciclo	19,51 ± 5,68	21,33 ± 4,86	10,08 ± 0,28	0,38
Estatura de planta	20,08 ± 6,74	35,42 ± 8,43	26,56 ± 0,74	0,24
Biomassa aparente	21,12 ± 5,91	70,23 ± 20,72	154,54 ± 4,48	0,09
Rendimento de grãos	2,08 ± 1,66	13,02 ± 4,03	33,48 ± 0,969	0,04

Para biomassa aparente, a variância devido às oscilações do ambiente foi muito pronunciada, além do que a variância genética não aditiva

foi muito superior à aditiva, resultando em uma baixa herdabilidade. Para rendimento de grãos, o baixo valor da variância genética aditiva em relação à não aditiva, além da alta variância devido ao ambiente, implicaram a baixa herdabilidade da característica nas condições de avaliação praticadas (Tabela 15).

As respostas esperadas na seleção direta para rendimento de grãos e indireta para as demais características avaliadas são mostradas na Tabela 16. Para rendimento de grãos a resposta esperada na estratégia em que os melhores indivíduos foram escolhidos para formarem o novo ciclo de seleção foi ligeiramente superior à seleção dos melhores indivíduos dentro dos cruzamentos superiores. Para ciclo da emergência à floração, estatura de planta e biomassa aparente as respostas indiretas à seleção nas duas estratégias foram semelhantes, com uma pequena vantagem da primeira estratégia quando ocorreu um menor aumento do ciclo e da estatura e um maior aumento da biomassa.

TABELA 16. Resposta esperada à seleção direta para rendimento de grãos em aveia, e indireta para ciclo, estatura de planta e biomassa aparente em duas estratégias diferentes de seleção, geração F₂. Entre parênteses a resposta relativa à média da população em percentagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Característica	Ganho de seleção	
	Indivíduos superiores	Cruzamentos superiores
Rendimento de grãos (gr/planta)	2,06 (5,99%)	1,76 (5,12%)
Ciclo da emergência ao florescimento (dias)	0,28 (0,31%)	0,63 (0,69%)
Estatura de planta (cm)	2,14 (2,13%)	2,49 (2,48%)
Biomassa aparente (gr/planta)	8,32 (9,77%)	7,23 (8,49%)

A estratégia de seleção tem conseqüências na proporção em que cada genótipo parental estará representado na geração seguinte, sendo que na estratégia de seleção por desempenho dos indivíduos há uma maior tendência à concentração de alguns genótipos em detrimento de outros. É o caso da UFRGS 17, UFRGS 16, UFRGS 7 e UFRGS 15, que apresentaram uma maior proporção nos indivíduos selecionados segundo o critério de desempenho dos indivíduos, enquanto que os demais genótipos, especialmente UPF 16, UFRGS 14, reduziram sua representatividade no ciclo seguinte (Tabela 17). Quando o critério de seleção considerou o desempenho do cruzamento para então escolher os indivíduos que apresentaram os maiores rendimento dentro daquelas combinações, as variações da representatividade dos genótipos paternos foi sensivelmente menor, com oscilações máximas de 2,62 para mais no caso de UFRGS 16 e de 2,38 para menos para UFRGS 984087-2 e UFRGS 930605 (Tabela 17).

TABELA 17. Proporção relativa de dez genitores de aveia na composição da progênie dos cruzamentos dialélico e nos genótipos selecionados da geração F₂ com base em duas estratégias de seleção. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Genitores	Proporção (%)		
	Cruzamentos dialélicos	Indivíduos superiores	Cruzamentos superiores
UFRGS 7	9,52	13,33	11,67
UFRGS 14	8,33	1,67	8,33
UFRGS 15	9,52	16,67	10,00
UFRGS 16	10,71	13,33	13,33
UFRGS 17	10,71	20,00	11,67
UFRGS 19	10,71	10,00	11,67
UPF 16	9,52	1,67	8,33
UFRGS 910906	9,52	8,33	8,33
UFRGS 930605	10,71	6,67	8,33
UFRGS 984087-2	10,71	8,33	8,33

4.3 Análise dialélica com a geração F₄:

Os resultados da análise de variância para as características ciclo da emergência à floração, estatura de planta e rendimento de grãos são apresentados na Tabela 18. Todos os termos do modelo foram significativos para as três características, sendo que para rendimento de grãos o uso da nota de estande como covariável também contribuiu para a explicação da variação total dos dados. O efeito significativo dos quadrados médios para os tratamentos nas três características indica que há variabilidade genética para elas.

TABELA 18. Análise de variância para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos de aveia do ensaio conduzido com dez genitores e a geração F₄. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Causa da variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio					
		Ciclo		Estatura de planta		Rendimento de grãos	
Estande	1	-	-	-	-	1142097	**
Ensaio	5	78,29	**	526,53	**	5441,33	**
Blocos (ensaio)	24	42,10	**	247,40	**	6649,87	**
Tratamentos	473	152,80	**	209,95	**	3672,13	**
Erro		21,83		73,77		2151,27	
Intercepto		-		-		-12,86	NS †
Estande		-		-		2,24	* †
C.V.		5,27		9,47		27,90	
R ²		0,68		0,56		0,58	

** significativo pelo F teste,

† NS não significativo pelo t teste ,

† * significativo pelo t teste.

O número de graus de liberdade e os quadrados médios das capacidades de combinação e do resíduo da análise dialélica para as três características são mostrados na Tabela 19.

TABELA 19. Quadrados médios das capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos de aveia do ensaio conduzido com dez genitores e a geração F₄. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Causa da variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio					
		Ciclo		Estatura de planta		Rendimento de grãos	
CGC	9	53,81	**	69,88	**	730,20	**
CEC	37	14,47	**	17,41	**	186,44	**
Erro		0,45		1,40		40,79	

** significativo pelo F teste.

Os quadrados médios associados tanto à CGC como à CEC foram significativos para as três características, indicando a presença tanto da ação gênica aditiva quanto da não aditiva na determinação destes caracteres.

No que se refere aos efeitos de CGC, os genótipos paternos foram bastante distintos (Tabela 20). A linhagem UFRGS 984087-2 e a cultivar UFRGS 19 apresentaram os melhores efeitos para ciclo, seguidos da UFRGS 7 e UPF 16, com efeitos semelhantes em magnitude, e da UFRGS 17. Os demais genótipos apresentaram efeitos positivos, mostrando que suas progênes são mais tardias. O maior efeito foi apresentado por UFRGS 16, seguido por UFRGS 910906, UFRGS 15, UFRGS 14 e UFRGS 930605. Embora os efeitos de UFRGS 930605 e UFRGS 17 tenham apresentado sinais contrários, não foi possível distingui-los estatisticamente.

Para estatura de planta, os menores valores foram observados para o grupo formado pelos genótipos UFRGS 930605, UFRGS 984087-2 e UFRGS 7, seguidos por UFRGS 910906 e UFRGS 14, indicando que estes genitores contribuem para a redução da característica na população. O maior efeito de aumento de estatura foi observado para o genótipo UFRGS 16, seguido de UFRGS 17, UPF 16, UFRGS 15 e UFRGS 19 (Tabela 20).

TABELA 20. Média e efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) de dez genótipos de aveia e os desvios padrão da diferença entre os efeitos para as características ciclo, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos, geração F₄. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Genitor	Estimativa do Efeito de CGC		
	Ciclo (dias)	Estatura de planta (cm)	Rendimento de grãos (gr/planta)
Média	88.33	88.92	162.56
UFRGS 7	-1,74 f†	-2,90 h	-8,52 de
UFRGS 14	1,31 d	-0,75 f	-2,04 cd
UFRGS 15	2,07 c	1,98 d	8,22 a
UFRGS 16	3,60 a	3,68 a	1,42 bc
UFRGS 17	-0,41 e	2,98 b	7,62 ab
UFRGS 19	-2,69 g	0,41 e	10,32 a
UPF 16	-1,44 f	2,65 c	7,97 ab
UFRGS 910906	2,15 b	-2,33 g	-12,61 e
UFRGS 930605	0,14 e	-2,97 h	-1,74 c
UFRGS 984087-2	-3,00 g	-2,75 h	-10,65 e
D.P.(g _i – g _j)	0,08	0,23	6,80

† médias dos genótipos seguidos pela mesma letra na coluna não se diferenciam.

Os maiores efeitos de CGC para rendimento de grãos foram obtidos para o grupo formado pelos genótipos UFRGS 19, UFRGS 15, UPF 16 e UFRGS 17. Os dois últimos genótipos apresentaram efeitos de CGC que não se diferenciaram do efeito apresentado por UFRGS 16. Os demais genótipos apresentaram efeitos negativos de CGC para esta característica, sendo que os efeitos mais pronunciados foram dos genótipos UFRGS 910906, UFRGS 984087-2 e UFRGS 7, seguidos por UFRGS 14 e UFRGS 930605 (Tabela 20).

Os efeitos de CEC para as três características são apresentados na Tabela 21. Para ciclo da emergência à floração a amplitude dos efeitos foi de

5,86 a -9,02. Os cruzamentos UFRGS 14 x UFRGS 984087-2, UFRGS 15 x UPF 16 e UFRGS 7 x UFRGS 984087-2 apresentaram os maiores efeitos no sentido de aumento do ciclo, enquanto que as combinações UPF 16 x UFRGS 984087-2, UFRGS 15 x UFRGS 930605 e UFRGS 910906 x UFRGS 930605 apresentaram os maiores efeitos para a redução deste período. Já para estatura de planta, os cruzamentos que apresentaram os menores efeitos foram os dos genitores UFRGS 930605 e UFRGS 15 e da combinação UPF 16 x UFRGS 910906. Os maiores efeitos de CEC foram os dos cruzamentos UFRGS 19 x UFRGS 930605, UFRGS 15 x UFRGS 930605 e UFRGS 17 x UFRGS 910906. A amplitude de variação dos efeitos de CEC para estatura de planta foi de 8,62 a -9,33. Os efeitos de CEC para rendimento de grãos apresentaram maior amplitude, variando de 32,37 a -26,46. Os maiores efeitos foram os dos cruzamentos UFRGS 16 x UFRGS 984087-2, UFRGS 14 x UFRGS 984087-2 e UFRGS 17 x UFRGS 930605, enquanto que os menores efeitos foram os das combinações UPF 16 x UFRGS 984087-2 e UFRGS 16 x UFRGS 17 e do genitor UFRGS 19 (Tabela 21).

A concordância da classificação dos genótipos parentais e linhas quanto aos seus efeitos de CGC e CEC nas gerações F_2 e F_4 foi avaliada através do cálculo da correlação de Spearman (Stell e Torrie, 1980). Para os efeitos de CGC de ciclo da emergência à floração e estatura de planta houve uma boa concordância das classificações, refletida em valores de correlação de 0,83 e 0,77, ambos significativos pelo *t*-teste (Tabela 22). Por outro lado, o coeficiente de correlação para os efeitos de CGC para rendimento de grãos foi baixo, da ordem de 0,20, e não significativo.

TABELA 21. Efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) de trinta e sete cruzamentos de aveia branca e os desvios padrão para as características ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002. Continua

Cruzamento	CEC		
	Ciclo (dias)	Estatura de planta (cm)	Rendimento de grãos (gr/parcela)
UFRGS 7 x UFRGS 14	-3,11	-2,53	-3,51
UFRGS 7 x UFRGS 15	-2,53	2,96	3,90
UFRGS 7 x UFRGS 16	-3,18	-0,23	0,86
UFRGS 7 x UFRGS 17	0,48	-4,22	-9,93
UFRGS 7 x UFRGS 19	-2,01	-0,63	3,84
UFRGS 7 x UFRGS 910906	1,23	-0,73	0,01
UFRGS 7 x UFRGS 984087-2	5,11	-0,75	-0,42
UFRGS 14 x UFRGS 15	0,56	2,94	6,64
UFRGS 14 x UFRGS 16	0,17	-0,41	0,63
UFRGS 14 x UFRGS 17	1,95	2,72	1,04
UFRGS 14 x UFRGS 19	-1,15	2,06	-4,72
UFRGS 14 x UPF 16	-1,93	-0,86	-5,98
UFRGS 14 x UFRGS 910906	3,12	-2,81	-0,52
UFRGS 14 x UFRGS 930906	-0,16	2,34	-9,18
UFRGS 14 x UFRGS 984087-2	5,86	3,25	25,24
UFRGS 15 x UFRGS 16	0,07	-1,94	10,62
UFRGS 15 x UFRGS 17	-2,37	2,73	1,87
UFRGS 15 x UFRGS 19	1,04	-1,23	11,36
UFRGS 15 x UPF 16	5,52	2,97	14,53
UFRGS 15 x UFRGS 93605	-8,34	5,88	-5,38
UFRGS 15 x UFRGS 984087-2	2,14	-0,91	-2,79
UFRGS 16 x UFRGS 17	1,51	-3,57	-25,12
UFRGS 16 x UPF 16	2,65	2,05	-12,59
UFRGS 16 x UFRGS 910906	1,70	3,91	-10,70
UFRGS 16 x UFRGS 930605	0,96	-2,75	-8,51
UFRGS 16 x UFRGS 984087-2	-1,07	4,71	32,37

TABELA 21. Efeitos da capacidade específica...

Continuação

Cruzamento	CEC		
	Ciclo (dias)	Estatura de planta (cm)	Rendimento de grãos (gr/parcela)
UFRGS 17 x UFRGS 19	4,63	4,64	5,89
UFRGS 17 x UFRGS 910906	-3,65	5,74	-7,73
UFRGS 17 x UFRGS 930605	-0,09	0,25	24,94
UFRGS 19 x UPF 16	-2,54	0,52	18,20
UFRGS 19 x UFRGS 910906	3,77	-1,50	13,93
UFRGS 19 x UFRGS 930605	1,87	8,62	-5,34
UFRGS 19 x UFRGS 984087-2	1,95	-5,20	-2,12
UPF 16 x UFRGS 910906	-5,66	-6,48	10,35
UPF 16 x UFRGS 930605	3,06	3,16	13,26
UPF 16 x UFRGS 984087-2	-9,02	5,32	-26,46
UFRGS 910906 x UFRGS 930605	-5,79	1,14	0,05
UFRGS 7	2,00	3,06	2,63
UFRGS 14	-2,65	-3,35	-4,82
UFRGS 15	1,96	-6,71	-20,37
UFRGS 16	-1,40	-0,89	6,22
UFRGS 17	-1,23	-4,14	4,52
UFRGS 19	-3,79	-3,64	-20,52
UPF 16	3,96	-3,35	-5,66
UFRGS 910906	2,64	0,37	-2,69
UFRGS 930605	4,24	-9,32	-4,92
UFRGS 984087-2	-2,49	-3,21	-12,91

D.P.($S_{ij}-S_{ik}$), †	0,83	2,57	74,78
----------------------------	------	------	-------

D.P.($S_{ij}-S_{kl}$), ‡	0,75	2,33	67,98
----------------------------	------	------	-------

† desvio padrão da diferença entre cruzamentos com um genitor comum;

‡ desvio padrão da diferença entre cruzamentos sem nenhum genitor em comum.

Para os efeitos de CEC a concordância entre a classificação dos efeitos dos cruzamentos comuns em ambas gerações foi baixo para as três características, apresentando valores de 0,02, 0,33 e 0,01 respectivamente para ciclo da emergência à floração, estatura de planta e rendimento de grãos. Destes, apenas a correlação para estatura de planta apresentou significância (Tabela 22).

TABELA 22. Coeficientes de correlação de Spearman entre as classificações dos efeitos das Capacidades Geral (CGC) e Específica (CEC) de combinação obtidas nas gerações F₂ e F₄. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Característica	Efeitos	
	CGC	CEC
Dias para a floração	0,83 **	0,02 NS
Estatura de planta	0,77 **	0,33 **
Rendimento de grãos	0,20 NS	0,01 NS

** significativos pelo t-teste;
NS não significativo pelo t-teste.

As estimativas de variância genética aditiva e não aditiva e de ambiente e a herdabilidade no sentido restrito para as três características avaliadas são mostradas na Tabela 23.

TABELA 23. Variâncias genética aditiva ($2\sigma_g^2$), genética não aditiva (σ_s^2) e de ambiente (σ_e^2), e herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) estimados a partir do ensaio com genitores e geração F₄. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Característica	Componente			
	$2\sigma_g^2$	σ_s^2	σ_e^2	h_r^2
Ciclo	6,56 ± 2,29	14,02 ± 3,05	23,81 ± 0,09	0,16
Estatura de planta	8,75 ± 2,94	16,01 ± 3,68	74,06 ± 0,27	0,09
Rendimento de grãos	90,63 ± 30,85	145,65 ± 40,09	2157,79 ± 7,93	0,04

As estimativas de variância aditiva para ciclo e estatura de planta foram baixas e aproximadamente a metade das estimativas da variância não aditiva, diferindo da relação obtida na geração F_2 , em que a proporção era aproximadamente de 1:1 (Tabela 15). Também com relação à variância de ambiente houve uma alteração nas proporções, observando-se um incremento significativo comparado às demais fontes de variação. Para rendimento de grãos observou-se um aumento na fração de variância genotípica devido à variância aditiva, embora a não aditiva continue presente e de maior magnitude que a aditiva. A variância de ambiente para rendimento de grãos foi muito elevada, de tal forma que, mesmo apresentando uma maior proporção da variação genética de origem aditiva, a estimativa da herdabilidade apresentou o mesmo valor da estimativa obtida na geração F_2 . As estimativas de herdabilidade no sentido restrito foram inferiores às estimadas na geração F_2 para ciclo da emergência à floração e para estatura de planta (Tabelas 15 e 23).

As respostas esperadas à seleção para ciclo, estatura de planta e rendimento de grãos para a seleção para rendimento de grãos seguindo dois critérios são apresentadas na Tabela 24.

TABELA 24. Resposta esperada à seleção direta para rendimento de grãos em aveia, e indireta para ciclo e estatura de planta em duas estratégias diferentes de seleção na geração F_4 . Entre parênteses a resposta relativa à média da população em percentagem. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Característica	Ganho de seleção	
	Indivíduos superiores	Cruzamentos superiores
Rendimento de grãos (gr/parcela)	2,53 (1,52%)	1,764 (1,06%)
Ciclo (dias)	-0,087 (0,10%)	-0,067 (0,08%)
Estatura de planta (cm)	0,377 (0,42%)	0,272 (0,30%)

Em ambos os casos houve ganhos diretos para rendimento de grãos, acompanhado de um aumento na estatura de planta e uma leve redução no ciclo da emergência à floração. A seleção dos indivíduos baseada apenas em seus desempenhos resultou em maiores incrementos no rendimento e na estatura e maior redução do ciclo que a seleção baseada nas capacidades de combinação dos cruzamentos. Do ponto de vista da representatividade dos genótipos parentais, a segunda estratégia mostrou-se mais conservadora que a primeira, visto que a proporção que os genótipos parentais são representados nos indivíduos selecionados é mais próxima à proporção existente nos cruzamentos que compõem a população original (Tabela 25).

TABELA 25. Proporção relativa de dez genitores de aveia na composição da progênie resultante dos cruzamentos feitos no esquema dialélico e nos genótipos selecionados da geração F₄ com base em duas estratégias de seleção. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Genitores	Proporção (%)		
	Cruzamentos dialélicos	Seleção das linhas superiores	Seleção dos cruzamentos superiores
UFRGS 7	9,46	0,00	6,67
UFRGS 14	12,16	8,33	10,00
UFRGS 15	10,81	18,33	13,33
UFRGS 16	10,81	6,67	13,33
UFRGS 17	9,46	11,67	11,67
UFRGS 19	10,81	21,67	13,33
UPF 16	9,46	16,67	10,00
UFRGS 910906	9,46	1,67	5,00
UFRGS 930605	9,46	6,67	10,00
UFRGS 984087-2	8,11	8,33	6,67

As estimativas de correlação genética entre as características estudadas nas gerações F₂ e F₄ e nas duas estratégias de seleção são mostradas na Tabela 26.

TABELA 26. Correlações genéticas entre os caracteres dias para o florescimento, estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos de aveia. UFRGS, 2003.

Estratégia de seleção	Geração	Caracter	Caracter		
			Estatura de planta	Biomassa aparente	Rendimento de grãos
Desempenho individual	F2	Dias para o florescimento	-0,033	-0,023	-0,026
		Estatura de planta		0,174	0,117
		Biomassa aparente			0,735
	F4	Dias para o florescimento	0,056	-	0,007
		Estatura de planta		-	0,026
Capacidades de combinação	F2	Dias para o florescimento	-0,026	-0,043	-0,039
		Estatura de planta		0,219	0,153
		Biomassa aparente			0,782
	F4	Dias para o florescimento	0,006	-	0,002
		Estatura de planta		-	0,108

O ciclo da emergência à floração apresentou valores muito baixos de correlação com os demais caracteres, sendo que estes valores foram negativos na geração F₂ e positivos na geração F₄. Esta alternância de sinal decorre da variação devido a amostragem e é uma indicação da ausência de ligação genética entre estas características. A estatura de planta por sua vez apresentou uma correlação baixa mas positiva com rendimento de grãos e com biomassa aparente. Já rendimento de grãos e biomassa aparente apresentaram forte associação, com valores que variaram 0,74 a 0,78 na geração F₂.

4.4 Estimativas dos efeitos intralocos:

A estrutura de ensaio com os genótipos parentais e a geração F₂ permitiu estimar os efeitos intralocos da ação gênica aditiva e de dominância através da análise de médias de gerações. As estimativas das médias e dos desvios devido à ação gênica aditiva e de dominância para o ciclo e seus respectivos erros de estimativa encontram-se na Tabela 27. A média dos cruzamentos variou de aproximadamente 80 dias para o florescimento na combinação UFRGS 17 x UFRGS 984087-2 até aproximadamente 100 para UFRGS 16 x UFRGS 910906. Os efeitos aditivos foram significativos para todos os cruzamentos pelo *t*-teste, variando de 0,26 para o cruzamento UFRGS 17 x UFRGS 19 a 13,72 na combinação UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2. Os cruzamentos com a linhagem UFRGS 984087-2 apresentaram valores de efeito aditivo altos, sendo que das dez combinações com os maiores efeitos, nove provém de combinações com este genótipo. Os efeitos de dominância foram significativos em todos os cruzamentos, exceto nas combinações UFRGS 7 x UFRGS 16, UFRGS 14 x UFRGS 19, UFRGS 16 x UPF 16 e UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2. Os valores absolutos oscilaram entre -0,3516 para UFRGS 14 x UFRGS 15 e -27,5743 para UFRGS 910906 x UFRGS 930605. A direção dos efeitos de dominância foi tanto no sentido de aumentar quanto de diminuir a característica, mas em sua maioria contribuiu para o aumento do ciclo (Tabela 27).

As estimativas da média e dos desvios de aditividade e dominância para estatura de planta são apresentados na Tabela 28.

TABELA 27- Estimativas da média (m) e dos efeitos de aditividade (a) e de dominância (d) para ciclo de aveia em quarenta e dois cruzamentos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Cruzamento	m			a			d		
UFRGS 7 x UFRGS 15	93,68	± 0,04	**	5,63	± 0,04	**	2,04	± 0,28	**
UFRGS 7 x UFRGS 16	93,26	± 0,04	**	5,20	± 0,04	**	-0,14	± 0,20	ns
UFRGS 7 x UFRGS 17	87,32	± 0,04	**	0,73	± 0,04	**	6,82	± 0,18	**
UFRGS 7 x UFRGS 19	87,06	± 0,05	**	0,99	± 0,05	**	-2,14	± 0,20	**
UFRGS 7x UPF 16	88,44	± 0,04	**	0,38	± 0,04	**	5,69	± 0,24	**
UFRGS 7 x UFRGS 910906	94,15	± 0,04	**	6,09	± 0,04	**	7,98	± 0,21	**
UFRGS 7 x UFRGS 930605	91,36	± 0,05	**	3,30	± 0,05	**	-22,94	± 0,15	**
UFRGS 7 x UFRGS 984087-2	80,43	± 0,05	**	7,63	± 0,05	**	20,06	± 0,14	**
UFRGS 14 x UFRGS 15	94,54	± 0,03	**	4,77	± 0,03	**	-0,35	± 0,13	**
UFRGS 14 x UFRGS 16	94,11	± 0,04	**	4,35	± 0,04	**	3,51	± 0,19	**
UFRGS 14 x UFRGS 17	88,18	± 0,03	**	1,58	± 0,03	**	11,86	± 0,15	**
UFRGS 14 x UFRGS 19	87,92	± 0,05	**	1,85	± 0,03	**	1,08	± 2,34	ns
UFRGS 14 x UFRGS 910906	95,00	± 0,03	**	5,24	± 0,03	**	10,35	± 0,41	**
UFRGS 14 x UFRGS 930906	92,21	± 0,05	**	2,45	± 0,05	**	7,06	± 0,45	**
UFRGS 14 x UFRGS 984087-2	81,28	± 0,04	**	8,48	± 0,04	**	27,44	± 0,16	**
UFRGS 15 x UFRGS 16	98,89	± 0,04	**	0,43	± 0,04	**	4,18	± 0,13	**
UFRGS 15 x UFRGS 17	92,95	± 0,03	**	6,36	± 0,03	**	3,57	± 0,15	**
UFRGS 15 x UFRGS 19	92,69	± 0,05	**	6,62	± 0,05	**	7,28	± 0,13	**
UFRGS 15 x UPF 16	94,07	± 0,04	**	5,24	± 0,04	**	5,21	± 0,23	**
UFRGS 15 x UFRGS 93605	96,98	± 0,05	**	2,33	± 0,05	**	-18,01	± 0,28	**
UFRGS 15 x UFRGS 984087-2	86,06	± 0,04	**	13,25	± 0,04	**	24,23	± 0,15	**
UFRGS 16 x UFRGS 17	92,53	± 0,04	**	5,93	± 0,04	**	5,13	± 0,16	**
UFRGS 16 x UFRGS 19	92,26	± 0,05	**	6,19	± 0,05	**	5,57	± 0,16	**
UFRGS 16 x UPF 16	93,64	± 0,04	**	4,82	± 0,04	**	3,05	± 3,26	ns
UFRGS 16 x UFRGS 910906	99,35	± 0,03	**	0,89	± 0,03	**	3,31	± 0,11	**
UFRGS 16 x UFRGS 930605	96,56	± 0,05	**	1,90	± 0,05	**	-0,86	± 0,18	**
UFRGS 16 x UFRGS 984087-2	85,63	± 0,04	**	12,83	± 0,04	**	8,56	± 0,15	**
UFRGS 17 x UFRGS 19	86,33	± 0,04	**	0,26	± 0,04	**	15,67	± 0,22	**
UFRGS 17 x UPF 16	87,71	± 0,04	**	1,12	± 0,04	**	11,45	± 0,50	**
UFRGS 17 x UFRGS 910906	93,42	± 0,03	**	6,83	± 0,03	**	-12,94	± 0,24	**
UFRGS 17 x UFRGS 930605	90,62	± 0,05	**	4,03	± 0,05	**	4,29	± 0,18	**
UFRGS 17 x UFRGS 984087-2	79,70	± 0,04	**	6,90	± 0,04	**	8,31	± 0,69	**
UFRGS 19 x UPF 16	87,45	± 0,05	**	1,38	± 0,05	**	-7,11	± 0,18	**
UFRGS 19 x UFRGS 910906	93,16	± 0,04	**	7,09	± 0,04	**	14,01	± 0,28	**
UFRGS 19 x UFRGS 930605	90,36	± 0,06	**	4,29	± 0,06	**	-20,76	± 0,23	**
UFRGS 19 x UFRGS 984087-2	79,44	± 0,05	**	6,63	± 0,05	**	11,25	± 0,21	**
UPF 16 x UFRGS 910906	94,53	± 0,03	**	5,71	± 0,03	**	16,02	± 0,16	**
UPF 16 x UFRGS 930605	91,74	± 0,05	**	2,92	± 0,05	**	-4,19	± 0,16	**
UPF 16 x UFRGS 984087-2	80,81	± 0,05	**	8,01	± 0,05	**	16,46	± 0,21	**
UFRGS 910906 x UFRGS 930605	97,45	± 0,05	**	2,79	± 0,05	**	-27,57	± 0,19	**
UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2	86,52	± 0,04	**	13,72	± 0,04	**	-2,68	± 1,42	ns
UFRGS 930605 x UFRGS 984087-2	83,73	± 0,06	**	10,93	± 0,06	**	-8,39	± 0,18	**

** Significativo pelo t teste;
ns Não significativo pelo t teste;

TABELA 28- Estimativas da média (m) e dos efeitos de aditividade (a) e de dominância (d) para estatura de planta de aveia em quarenta e dois cruzamentos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Cruzamento	m			a			d		
UFRGS 7 x UFRGS 15	95,61	± 0,05	**	1,18	± 0,05	**	6,90	± 0,29	**
UFRGS 7 x UFRGS 16	99,02	± 0,06	**	4,59	± 0,06	**	14,17	± 0,23	**
UFRGS 7 x UFRGS 17	95,18	± 0,05	**	0,75	± 0,05	**	30,49	± 0,24	**
UFRGS 7 x UFRGS 19	91,14	± 0,07	**	3,30	± 0,07	**	10,25	± 0,25	**
UFRGS 7x UPF 16	97,83	± 0,06	**	3,39	± 0,06	**	19,25	± 0,35	**
UFRGS 7 x UFRGS 910906	106,21	± 0,05	**	11,78	± 0,05	**	1,36	± 0,47	**
UFRGS 7 x UFRGS 930605	86,27	± 0,07	**	8,16	± 0,07	**	24,67	± 0,21	**
UFRGS 7 x UFRGS 984087-2	93,63	± 0,06	**	0,80	± 0,06	**	-10,07	± 0,20	**
UFRGS 14 x UFRGS 15	96,50	± 0,06	**	0,29	± 0,06	**	8,18	± 0,25	**
UFRGS 14 x UFRGS 16	99,91	± 0,06	**	3,70	± 0,06	**	10,08	± 0,38	**
UFRGS 14 x UFRGS 17	96,07	± 0,05	**	0,14	± 0,05	**	17,91	± 0,28	**
UFRGS 14 x UFRGS 19	92,03	± 0,07	**	4,19	± 0,07	**	-1,50	± 1,64	ns
UFRGS 14 x UFRGS 910906	107,10	± 0,05	**	10,89	± 0,05	**	-29,54	± 0,61	**
UFRGS 14 x UFRGS 930906	87,16	± 0,07	**	9,05	± 0,07	**	19,76	± 0,78	**
UFRGS 14 x UFRGS 984087-2	94,52	± 0,06	**	1,69	± 0,06	**	-0,68	± 0,24	**
UFRGS 15 x UFRGS 16	100,20	± 0,06	**	3,41	± 0,06	**	6,54	± 0,28	**
UFRGS 15 x UFRGS 17	96,36	± 0,06	**	0,43	± 0,06	**	22,12	± 0,29	**
UFRGS 15 x UFRGS 19	92,31	± 0,07	**	4,48	± 0,07	**	15,28	± 0,24	**
UFRGS 15 x UPF 16	99,00	± 0,06	**	2,22	± 0,06	**	18,74	± 0,31	**
UFRGS 15 x UFRGS 93605	87,45	± 0,07	**	9,34	± 0,07	**	19,62	± 0,35	**
UFRGS 15 x UFRGS 984087-2	94,81	± 0,06	**	1,98	± 0,06	**	-2,35	± 0,26	**
UFRGS 16 x UFRGS 17	99,77	± 0,06	**	3,84	± 0,06	**	14,37	± 0,30	**
UFRGS 16 x UFRGS 19	95,73	± 0,08	**	7,89	± 0,08	**	27,55	± 0,25	**
UFRGS 16 x UPF 16	102,42	± 0,07	**	1,20	± 0,07	**	35,83	± 2,69	*
UFRGS 16 x UFRGS 910906	110,80	± 0,06	**	7,19	± 0,06	**	-7,18	± 0,23	**
UFRGS 16 x UFRGS 930605	90,86	± 0,08	**	12,75	± 0,08	**	8,86	± 0,30	**
UFRGS 16 x UFRGS 984087-2	98,22	± 0,07	**	5,39	± 0,07	**	9,71	± 0,27	**
UFRGS 17 x UFRGS 19	91,89	± 0,07	**	4,05	± 0,07	**	32,68	± 0,30	**
UFRGS 17 x UPF 16	98,58	± 0,06	**	2,64	± 0,06	**	21,16	± 0,56	**
UFRGS 17 x UFRGS 910906	106,96	± 0,05	**	11,03	± 0,05	**	-8,93	± 0,36	**
UFRGS 17 x UFRGS 930605	87,02	± 0,07	**	8,91	± 0,07	**	20,28	± 0,28	**
UFRGS 17 x UFRGS 984087-2	94,38	± 0,06	**	1,55	± 0,06	**	22,27	± 0,91	**
UFRGS 19 x UPF 16	94,53	± 0,08	**	6,69	± 0,08	**	6,02	± 0,25	**
UFRGS 19 x UFRGS 910906	102,91	± 0,07	**	15,08	± 0,07	**	-21,79	± 0,40	**
UFRGS 19 x UFRGS 930605	82,98	± 0,08	**	4,86	± 0,08	**	22,51	± 0,27	**
UFRGS 19 x UFRGS 984087-2	90,34	± 0,08	**	2,50	± 0,08	**	-4,23	± 0,28	**
UPF 16 x UFRGS 910906	109,61	± 0,06	**	8,39	± 0,06	**	-37,94	± 0,48	**
UPF 16 x UFRGS 930605	89,67	± 0,08	**	11,55	± 0,08	**	25,78	± 0,24	**
UPF 16 x UFRGS 984087-2	97,03	± 0,07	**	4,19	± 0,07	**	3,67	± 0,22	**
UFRGS 910906 x UFRGS 930605	98,05	± 0,07	**	19,94	± 0,07	**	10,89	± 0,28	**
UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2	105,41	± 0,06	**	12,58	± 0,06	**	5,18	± 1,86	ns
UFRGS 930605 x UFRGS 984087-2	85,47	± 0,08	**	7,36	± 0,08	**	9,13	± 0,26	**

** Significativo pelo t teste;
ns Não significativo pelo t teste;

As médias dos cruzamentos foram bastante distintas, variando de aproximadamente 83 cm para UFRGS 19 x UFRGS 930605 a 111 cm para UFRGS 16 x UFRGS 910906. Os sete cruzamentos de maior média apresentaram a linhagem UFRGS 910906 como genitor comum, mostrando que este genótipo possui alelos que contribuem significativamente para o aumento de estatura das plantas. Todos os cruzamentos apresentaram efeito aditivo positivo e significativo, sendo que os maiores valores foram em ordem decrescente os das combinações UFRGS 910906 x UFRGS 930605, UFRGS 19 x UFRGS 910906, UFRGS 16 x UFRGS 930605, UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2, UFRGS 7 x UFRGS 910906, UPF 16 x UFRGS 930605, UFRGS 17 x UFRGS 910906 e UFRGS 14 x UFRGS 910906. Os menores valores correspondem aos cruzamentos UFRGS 14 x UFRGS 17, UFRGS 14 x UFRGS 15, UFRGS 15 x UFRGS 17, UFRGS 7 x UFRGS 17 e UFRGS 7 x UFRGS 984087-2, em ordem crescente. De todas as combinações, apenas UFRGS 14 x UFRGS 19 e UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2 não apresentaram efeitos de dominância significativos. Os efeitos, elevados na maioria dos casos, variaram em amplitude e no sentido de combinação a combinação, sendo que os maiores valores, tomados em módulo, foram observados nos cruzamentos UPF 16 x UFRGS 910906, UFRGS 16 x UPF 16, UFRGS 17 x UFRGS 19 e UFRGS 7 x UFRGS 17, enquanto que os menores desvios corresponderam às combinações UFRGS 14 x UFRGS 984087-2, UFRGS 7 x UFRGS 910906, UFRGS 15 x UFRGS 984087-2 e UPF 16 x UFRGS 984087-2. Na maior parte dos cruzamentos a dominância atuou no sentido de aumentar a estatura da planta (Tabela 28).

As estimativas dos efeitos de aditividade e de dominância e a média para biomassa aparente são apresentadas na Tabela 29. A média da característica entre os cruzamentos variou de 55,51 gr/planta para UFRGS 930605 x UFRGS 984087-2 a 91,53 gr/planta na combinação UPF 16 x UFRGS 910906. Nos cruzamentos UFRGS 14 x UFRGS 19, UFRGS 15 x UFRGS 17 e UFRGS 930605 x UFRGS 984087-2 os efeitos aditivos foram não significativos, refletindo a baixa divergência fenotípica dos genitores em relação à biomassa aparente. No entanto, os efeitos de dominância mostram que houve uma segregação forte na geração F_2 para além da amplitude fenotípica dos pais. Nos demais cruzamentos, os efeitos aditivos foram significativos, embora tenham ocorrido alguns valores muito baixos, como nos cruzamentos UFRGS 16 x UPF 16, UFRGS 7 x UFRGS 15 e UFRGS 16 x UFRGS 17, e valores elevados como os encontrados em UFRGS 910906 x UFRGS 930605 e UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2. Os efeitos de dominância foram em sua maioria elevados, superiores em módulo aos de aditividade, e no sentido de aumentar a característica. Nos cruzamentos UFRGS 14 x UFRGS 910906, UFRGS 15 x UFRGS 16, UFRGS 16 x UFRGS 910906 e UFRGS 19 x UFRGS 910906 os efeitos de dominância não diferiram de zero. Em valores absolutos, os maiores efeitos foram encontrados nos cruzamentos UFRGS 16 x UFRGS 984087-2, UFRGS 17 x UFRGS 19, UPF 16 x UFRGS 910906, UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2 e UPF 16 x UFRGS 984087-2. O menor desvio de dominância foi da ordem de -2,33 para UFRGS 19 x UPF 16, enquanto que o segundo menor valor já foi de -8,74 no cruzamento UFRGS 17 x UFRGS 910906 (Tabela 29).

TABELA 29. Estimativas da média (m) e dos efeitos de aditividade (a) e de dominância (d) para biomassa aparente de aveia em quarenta e dois cruzamentos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Cruzamento	m			a			d		
UFRGS 7 x UFRGS 15	77,91	± 0,19	**	1,26	± 0,19	**	21,58	± 1,20	**
UFRGS 7 x UFRGS 16	79,37	± 0,22	**	2,72	± 0,22	**	28,43	± 0,95	**
UFRGS 7 x UFRGS 17	78,12	± 0,19	**	1,47	± 0,19	**	31,69	± 0,79	**
UFRGS 7 x UFRGS 19	73,89	± 0,21	**	2,76	± 0,21	**	17,57	± 0,81	**
UFRGS 7x UPF 16	80,04	± 0,20	**	3,39	± 0,20	**	27,07	± 1,01	**
UFRGS 7 x UFRGS 910906	88,13	± 0,22	**	11,48	± 0,22	**	15,93	± 1,74	**
UFRGS 7 x UFRGS 930605	65,89	± 0,19	**	10,76	± 0,19	**	11,93	± 0,64	**
UFRGS 7 x UFRGS 984087-2	66,28	± 0,17	**	10,37	± 0,17	**	18,22	± 0,61	**
UFRGS 14 x UFRGS 15	75,10	± 0,20	**	4,06	± 0,20	**	11,34	± 0,76	**
UFRGS 14 x UFRGS 16	76,57	± 0,22	**	5,53	± 0,22	**	26,47	± 1,22	**
UFRGS 14 x UFRGS 17	75,31	± 0,20	**	4,27	± 0,20	**	37,61	± 0,80	**
UFRGS 14 x UFRGS 19	71,09	± 0,21	**	0,04	± 0,21	ns	-25,80	± 6,42	**
UFRGS 14 x UFRGS 910906	85,33	± 0,22	**	14,29	± 0,22	**	-3,54	± 2,47	ns
UFRGS 14 x UFRGS 930906	63,08	± 0,20	**	7,96	± 0,20	**	32,65	± 3,63	**
UFRGS 14 x UFRGS 984087-2	63,47	± 0,18	**	7,57	± 0,18	**	39,02	± 0,85	**
UFRGS 15 x UFRGS 16	80,63	± 0,23	**	1,46	± 0,23	**	-1,15	± 0,98	ns
UFRGS 15 x UFRGS 17	79,38	± 0,20	**	0,21	± 0,20	ns	39,38	± 0,98	**
UFRGS 15 x UFRGS 19	75,15	± 0,22	**	4,02	± 0,22	**	27,98	± 0,99	**
UFRGS 15 x UPF 16	81,30	± 0,21	**	2,14	± 0,21	**	29,31	± 0,97	**
UFRGS 15 x UFRGS 93605	67,15	± 0,20	**	12,02	± 0,20	**	37,73	± 1,05	**
UFRGS 15 x UFRGS 984087-2	67,53	± 0,19	**	11,63	± 0,19	**	13,78	± 0,81	**
UFRGS 16 x UFRGS 17	80,84	± 0,23	**	1,25	± 0,23	**	35,43	± 1,03	**
UFRGS 16 x UFRGS 19	76,61	± 0,24	**	5,48	± 0,24	**	43,68	± 0,94	**
UFRGS 16 x UPF 16	82,76	± 0,23	**	0,67	± 0,23	**	21,70	± 4,71	*
UFRGS 16 x UFRGS 910906	90,85	± 0,25	**	8,76	± 0,25	**	1,69	± 0,90	ns
UFRGS 16 x UFRGS 930605	68,61	± 0,23	**	13,48	± 0,23	**	18,88	± 1,26	**
UFRGS 16 x UFRGS 984087-2	69,00	± 0,22	**	13,09	± 0,22	**	47,66	± 0,85	**
UFRGS 17 x UFRGS 19	75,36	± 0,22	**	4,23	± 0,22	**	46,26	± 0,92	**
UFRGS 17 x UPF 16	81,51	± 0,21	**	1,93	± 0,21	**	11,13	± 1,43	**
UFRGS 17 x UFRGS 910906	89,60	± 0,23	**	10,01	± 0,23	**	-8,74	± 0,95	**
UFRGS 17 x UFRGS 930605	67,36	± 0,21	**	12,23	± 0,21	**	39,78	± 1,07	**
UFRGS 17 x UFRGS 984087-2	67,74	± 0,19	**	11,84	± 0,19	**	22,76	± 2,19	**
UFRGS 19 x UPF 16	77,28	± 0,22	**	6,15	± 0,22	**	-2,33	± 0,77	**
UFRGS 19 x UFRGS 910906	85,37	± 0,24	**	14,24	± 0,24	**	-3,85	± 1,56	ns
UFRGS 19 x UFRGS 930605	63,13	± 0,22	**	8,00	± 0,22	**	27,08	± 0,73	**
UFRGS 19 x UFRGS 984087-2	63,52	± 0,20	**	7,61	± 0,20	**	24,65	± 0,79	**
UPF 16 x UFRGS 910906	91,52	± 0,23	**	8,09	± 0,23	**	-45,59	± 1,28	**
UPF 16 x UFRGS 930605	69,28	± 0,21	**	14,16	± 0,21	**	16,89	± 0,80	**
UPF 16 x UFRGS 984087-2	69,67	± 0,20	**	13,77	± 0,20	**	45,13	± 0,71	**
UFRGS 910906 x UFRGS	77,37	± 0,23	**	22,24	± 0,23	**	19,43	± 0,82	**
UFRGS 910906 x UFRGS	77,76	± 0,22	**	21,86	± 0,22	**	45,50	± 6,71	**
UFRGS 930605 x UFRGS	55,51	± 0,19	**	0,39	± 0,19	ns	35,52	± 0,71	**

** Significativo pelo t teste;
ns Não significativo pelo t teste;

As estimativas das médias e dos efeitos aditivos e de dominância para rendimento de grãos são apresentadas na Tabela 30. As médias dos cruzamentos variaram de 22,06 gr/planta para UFRGS 910906 x UFRGS 930605 até 34,62 gr/planta em UFRGS 16 x UPF 16. Nos cruzamentos UFRGS 7 x UFRGS 19 e UFRGS 14 x UFRGS 15 os desvios de aditividade não diferiram significativamente de zero, enquanto que nos demais cruzamentos estes efeitos apresentaram significância estatística. Os efeitos aditivos apresentaram valores reduzidos em comparação aos de dominância, variando de 0,33 gr/planta no cruzamento UFRGS 16 x UPF 16 a 7,00 gr/planta em UPF 16 x UFRGS 930605. Todas as estimativas de dominância foram significativamente diferentes de zero e apresentaram valores positivos, exceto os cruzamentos UFRGS 14 x UFRGS 19, UFRGS 15 x UFRGS 16, UFRGS 15 x UFRGS 984087-2, UFRGS 19 x UPF16 e UPF 16 x UFRGS 910906, cujos efeitos atuaram no sentido de redução da característica. Os valores dos efeitos de dominância ficaram compreendidos no intervalo de 1,38 gr/planta no cruzamento UFRGS 19 x UFRGS 984087-2 e 30,28 gr/planta em UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2.

4.5 Probabilidade de obtenção de linhas superiores:

Na Tabela 31 estão listados, por cruzamento, os valores de desvio da curva normal esperados das linhas recombinantes que possuam médias igual ou superior a: 1) 90 dias para o ciclo da emergência ao florescimento; 2) estatura superior à média das cultivares UFRGS 14 e UFRGS 19; 3) que apresentem peso da biomassa aparente superior à média dos dez genitores; e 4) média de rendimento de grãos por planta superior à média dos dez genitores

TABELA 30- Estimativas da média (m) e dos efeitos de aditividade (a) e de dominância (d) para rendimento de grãos de aveia em quarenta e dois cruzamentos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001.

Cruzamento	m			a			d		
UFRGS 7 x UFRGS 15	31,79	± 0,10	**	0,35	± 0,10	**	8,22	± 0,54	**
UFRGS 7 x UFRGS 16	33,21	± 0,11	**	1,07	± 0,11	**	8,55	± 0,45	**
UFRGS 7 x UFRGS 17	29,96	± 0,10	**	2,18	± 0,10	**	12,14	± 0,38	**
UFRGS 7 x UFRGS 19	32,28	± 0,12	**	0,14	± 0,12	ns	5,91	± 0,41	**
UFRGS 7x UPF 16	33,55	± 0,10	**	1,41	± 0,10	**	6,45	± 0,47	**
UFRGS 7 x UFRGS 910906	27,65	± 0,10	**	4,49	± 0,10	**	25,88	± 0,90	**
UFRGS 7 x UFRGS 930605	26,54	± 0,11	**	5,60	± 0,11	**	6,61	± 0,34	**
UFRGS 7 x UFRGS 984087-2	30,48	± 0,09	**	1,67	± 0,09	**	2,43	± 0,31	**
UFRGS 14 x UFRGS 15	31,41	± 0,10	**	0,03	± 0,10	ns	4,92	± 0,39	**
UFRGS 14 x UFRGS 16	32,83	± 0,11	**	1,45	± 0,11	**	5,30	± 0,56	**
UFRGS 14 x UFRGS 17	29,58	± 0,11	**	1,80	± 0,11	**	15,30	± 0,37	**
UFRGS 14 x UFRGS 19	31,90	± 0,12	**	0,52	± 0,12	**	-20,01	± 2,59	**
UFRGS 14 x UFRGS 910906	27,27	± 0,11	**	4,11	± 0,11	**	7,62	± 1,23	**
UFRGS 14 x UFRGS 930906	26,16	± 0,11	**	5,22	± 0,11	**	13,48	± 1,69	**
UFRGS 14 x UFRGS 984087-2	30,09	± 0,09	**	1,29	± 0,09	**	7,50	± 0,38	**
UFRGS 15 x UFRGS 16	32,86	± 0,11	**	1,42	± 0,11	**	-7,21	± 0,43	**
UFRGS 15 x UFRGS 17	29,61	± 0,10	**	1,83	± 0,10	**	18,54	± 0,46	**
UFRGS 15 x UFRGS 19	31,93	± 0,12	**	0,49	± 0,12	**	7,94	± 0,50	**
UFRGS 15 x UPF 16	33,20	± 0,10	**	1,76	± 0,10	**	7,17	± 0,44	**
UFRGS 15 x UFRGS 93605	26,19	± 0,11	**	5,25	± 0,11	**	20,98	± 0,52	**
UFRGS 15 x UFRGS 984087-2	30,12	± 0,09	**	1,32	± 0,09	**	-2,72	± 0,37	**
UFRGS 16 x UFRGS 17	31,03	± 0,11	**	3,25	± 0,11	**	8,24	± 0,49	**
UFRGS 16 x UFRGS 19	33,35	± 0,12	**	0,94	± 0,12	**	11,47	± 0,48	**
UFRGS 16 x UPF 16	34,62	± 0,11	**	0,33	± 0,11	**	7,47	± 3,14	*
UFRGS 16 x UFRGS 910906	28,73	± 0,11	**	5,56	± 0,11	**	22,47	± 0,46	**
UFRGS 16 x UFRGS 930605	27,62	± 0,12	**	6,67	± 0,12	**	21,83	± 0,62	**
UFRGS 16 x UFRGS 984087-2	31,55	± 0,10	**	2,74	± 0,10	**	9,04	± 0,40	**
UFRGS 17 x UFRGS 19	30,10	± 0,12	**	2,31	± 0,12	**	12,01	± 0,42	**
UFRGS 17 x UPF 16	31,37	± 0,11	**	3,58	± 0,11	**	2,39	± 0,69	**
UFRGS 17 x UFRGS 910906	25,47	± 0,11	**	2,31	± 0,11	**	16,33	± 0,45	**
UFRGS 17 x UFRGS 930605	24,36	± 0,12	**	3,42	± 0,12	**	15,99	± 0,51	**
UFRGS 17 x UFRGS 984087-2	28,30	± 0,10	**	0,51	± 0,10	**	4,03	± 1,13	**
UFRGS 19 x UPF 16	33,68	± 0,12	**	1,27	± 0,12	**	-9,38	± 0,41	**
UFRGS 19 x UFRGS 910906	27,79	± 0,12	**	4,62	± 0,12	**	8,62	± 0,79	**
UFRGS 19 x UFRGS 930605	26,68	± 0,13	**	5,73	± 0,13	**	10,30	± 0,40	**
UFRGS 19 x UFRGS 984087-2	30,61	± 0,11	**	1,80	± 0,11	**	1,38	± 0,40	**
UPF 16 x UFRGS 910906	29,06	± 0,11	**	5,89	± 0,11	**	-13,78	± 0,61	**
UPF 16 x UFRGS 930605	27,95	± 0,12	**	7,00	± 0,12	**	3,26	± 0,44	**
UPF 16 x UFRGS 984087-2	31,88	± 0,09	**	3,07	± 0,09	**	11,53	± 0,35	**
UFRGS 910906 x UFRGS 930605	22,06	± 0,12	**	1,11	± 0,12	**	30,28	± 0,43	**
UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2	25,99	± 0,10	**	2,82	± 0,10	**	11,42	± 3,11	**
UFRGS 930605 x UFRGS 984087-2	24,88	± 0,10	**	3,93	± 0,10	**	9,02	± 0,37	**

** Significativo pelo *t* teste;
ns Não significativo pelo *t* teste;

TABELA 31. Desvio da curva normal esperado por cruzamento e probabilidade (%) de extração de linhas recombinantes que apresentem médias igual ou superior a 90 dias para o florescimento; estatura igual ou superior à média das cultivares UFRGS 14 e UFRGS 19; peso da biomassa aparente superior à média dos dez genitores; e rendimento de grãos por planta superior à média dos dez genitores acrescido de um desvio padrão fenotípico. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2001. Continua

Cruzamento	Ciclo		Estatura de planta		Biomassa aparente		Rendimento de grãos	
UFRGS 7 x UFRGS 15	-5,42	100	-7,20	100	-1,87	96,93	1,11	13,35
UFRGS 7 x UFRGS 16	-6,18	100	-16,50	100	-3,36	99,96	0,60	27,43
UFRGS 7 x UFRGS 17	5,26	0	-6,15	100	-2,59	99,52	1,63	5,16
UFRGS 7 x UFRGS 19	5,51	0	1,85	3,22	1,41	7,93	0,90	18,41
UFRGS 7x UPF 16	2,37	0,89	-8,53	100	-3,67	99,99	0,50	30,85
UFRGS 7 x UFRGS 910906	-8,97	100	-18,37	100	-6,79	100	1,67	4,75
UFRGS 7 x UFRGS 930605	-4,22	100	14,87	0	11,84	0	3,17	0,08
UFRGS 7 x UFRGS 984087-2	23,99	0	-3,80	100	10,66	0	1,54	6,18
UFRGS 14 x UFRGS 15	-13,51	100	-9,35	100	0,28	38,97	1,28	10,03
UFRGS 14 x UFRGS 16	-9,70	100	-12,46	100	-0,91	81,86	0,81	20,90
UFRGS 14 x UFRGS 17	4,19	0	-7,00	100	0,06	47,61	1,85	3,22
UFRGS 14 x UFRGS 19	0,87	19,22	0,00	50	1,49	6,80	1,44	7,49
UFRGS 14 x UFRGS 910906	-7,61	100	-21,65	100	-5,58	100	2,75	0,30
UFRGS 14 x UFRGS 930906	-3,39	99	5,87	0	4,74	0	2,35	0,94
UFRGS 14 x UFRGS 984087-2	21,99	0	-5,68	100	11,27	0	1,95	2,56
UFRGS 15 x UFRGS 16	-30,49	100	-16,00	100	-4,47	100	0,78	21,77
UFRGS 15 x UFRGS 17	-7,08	100	-7,41	0	-3,10	99,87	1,50	6,68
UFRGS 15 x UFRGS 19	-9,93	100	-0,73	76,73	0,18	42,86	0,93	17,62
UFRGS 15 x UPF 16	-6,61	100	-11,94	100	-4,90	100	0,63	26,43
UFRGS 15 x UFRGS 93605	-9,37	100	6,75	0	6,11	0	2,30	1,02
UFRGS 15 x UFRGS 984087-2	11,85	0	-6,40	100	8,39	0	2,20	1,39
UFRGS 16 x UFRGS 17	-6,04	100	-12,56	0	-4,07	100	1,06	14,46
UFRGS 16 x UFRGS 19	-5,99	100	-8,16	100	-1,03	84,85	0,49	31,30
UFRGS 16 x UPF 16	-1,48	93,1	-7,04	100	-4,29	100	0,33	37,07

TABELA 31. Desvio da curva normal esperado...

Continuação

Cruzamento	Ciclo		Estatura de planta		Biomassa aparente		Rendimento de grãos	
UFRGS 16 x UFRGS 910906	-34,27	100	-43,49	100	-13,77	100	1,65	4,95
UFRGS 16 x UFRGS 930605	-18,97	100	2,66	0,39	5,17	0	2,53	0,53
UFRGS 16 x UFRGS 984087-2	11,62	0	-11,78	100	5,85	0	1,08	14,01
UFRGS 17 x UFRGS 19	5,93	0	0,23	40,52	0,01	49,6	1,69	4,56
UFRGS 17 x UPF 16	2,25	1,19	-8,11	100	-4,58	100	1,35	8,85
UFRGS 17 x UFRGS 910906	-4,82	100	-19,53	100	-11,59	100	2,74	0,31
UFRGS 17 x UFRGS 930605	-1,54	93,82	10,77	0	6,40	0	3,49	0,02
UFRGS 17 x UFRGS 984087-2	9,44	0	-2,25	98,78	4,62	100	2,39	0,85
UFRGS 19 x UPF 16	5,41	0	-5,53	100	-1,94	97,38	0,47	31,92
UFRGS 19 x UFRGS 910906	-5,51	100	-18,65	100	-6,47	100	2,10	1,79
UFRGS 19 x UFRGS 930605	-0,58	71,9	18,73	0	13,67	0	2,82	0,24
UFRGS 19 x UFRGS 984087-2	21,39	0	3,48	0,03	13,15	0	1,72	4,27
UPF 16 x UFRGS 910906	-13,25	100	-22,68	100	-12,50	100	2,22	1,32
UPF 16 x UFRGS 930605	-5,22	100	5,88	0	6,44	0	2,33	0,99
UPF 16 x UFRGS 984087-2	14,97	0	-12,17	100	6,17	0	1,07	14,23
UFRGS 910906 x UFRGS 930605	-14,30	100	-11,09	100	-1,97	97,56	3,87	0
UFRGS 910906 x UFRGS 984087-2	2,40	0,82	-9,71	100	-0,72	76,42	2,98	0,14
UFRGS 930605 x UFRGS 984087-2	14,15	0	14,06	0	22,26	0	3,60	0,02

acrescido de um desvio padrão fenotípico do ensaio realizado com os genitores e a geração F_2 .

Aos valores dos desvios corresponde a probabilidade em porcentagem da extração de uma linha recombinante da referida população que apresente o fenótipo igual ou superior ao limite estabelecido. Para dias à floração os cruzamentos apresentaram probabilidades diversas, sendo que em 24 combinações a probabilidade de obter linhas recombinantes mais tardias que o estipulado foi superior a 90%.

Por outro lado, em 15 combinações esta chance foi zero ou muito próximo de zero. Comportamento semelhante foi observado para estatura de planta, onde 27 cruzamentos apresentam probabilidade de 100% ou próximo a este valor de extrair linhagens com estatura superior à média das cultivares UFRGS 14 e UFRGS 19, e 11 combinações em que a chance de extrair linhagens com estatura inferior a este limite foi praticamente de 100%. Os cruzamentos diferiram bastante na probabilidade de se extrair ao acaso linhagens com rendimento para biomassa aparente superior à média dos genitores. Em 23 combinações esta probabilidade excedeu 50%. Para rendimento de grãos a probabilidade de obtenção de linhas com desempenho superior à média da população mais um desvio padrão foi mais modesta. Os cruzamentos que apresentaram mais chances foram UFRGS 16 x UPF 16 com 37,07%, UFRGS 19 x UPF 16 com 31,92%, UFRGS 16 x UFRGS 19 com 31,30%, UFRGS 7 x UPF 16 com 30,85% e UFRGS 7 x UFRGS 16 com 27,43%. No entanto, os melhores cruzamentos para rendimento de grãos apresentaram probabilidades muito altas de que as linhas tenham ciclo mais tardio e estatura de planta maior. Neste aspecto, o cruzamento UFRGS 7 x

UFRGS 19 é interessante, pois apresentou 18,41% de chance de extração de linhagens com rendimento de grãos superior ao estipulado, 100% de probabilidade de que o ciclo das linhagens seja inferior a 90 dias e 96,78% de que estas não excedam o limite de estatura de planta. No entanto, neste conjunto de combinações não há outros cruzamentos que conciliem bons níveis de probabilidade para as três características, indicando que ao selecionar para rendimento de grãos não será possível manter dias para o florescimento e estatura de planta nos níveis aventados (Tabela 31).

4.6 Avaliação da variabilidade genética dos genótipos parentais:

Os resultados das análises de variância dos dados de dois anos das características ciclos da emergência à floração e maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro estão na Tabela 32. O quadrado médio da interação entre genótipos e anos foi significativo para todas as características. O efeito de ano foi pronunciado para todas as características, exceto para estatura de planta, cujo quadrado médio não diferiu significativamente do quadrado médio da interação de ano por genótipo.

Os quadrados médios devidos às diferenças genotípicas foram significativamente superiores aos quadrados médios da interação ano x genótipo para as características ciclos da emergência à floração e à maturação, estatura de planta, peso de cem grãos e peso hectolitro, enquanto que para biomassa aparente e rendimento de grãos a magnitude destes quadrados médios foi semelhante.

TABELA 32. Graus de liberdade e quadrado médio da análise de variância para os ciclos da emergência à floração e maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro de dez genótipos de aveia em dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio													
		Ciclo da emergência à				Estatura de planta	Biomassa aparente	Rendimento de grãos	Peso de cem sementes		Peso hectolitro				
Floração	Maturação														
Ano	1	249,64	**	2043,04	**	48,53	NS	5829668,72	**	1289253,52	**	14,08	**	2567,25	**
Blocos (Ano)	4	4,69	NS	49,24	NS	19,84	NS	91392,17	NS	7923,08	**	0,31	**	0,07	NS
Genótipos	9	649,43	**	206,42	**	511,82	**	169720,43	**	33057,40	**	0,93	**	68,26	**
Ano x Genótipos	9	13,02	**	56,75	**	54,00	**	88959,97	**	10543,40	**	0,25	**	6,18	**
Resíduo	76	4,85		26,35		22,28		41453,85		2838,09		0,13		2,13	
CV		2,58		4,07		5,23		14,75		16,91		9,59		3,32	
R ²		0,94		0,70		0,76		0,74		0,89		0,72		0,95	

** Significativo pelo teste F;
NS Não significativo pelo teste F.

O coeficiente de variação foi baixo para ciclos da emergência à floração e à maturação, estatura de planta e peso hectolitro, enquanto que para peso de cem grãos, biomassa aparente e rendimento de grãos os valores foram maiores, mas inferiores a 20%.

As médias das sete características são apresentadas na Tabela 33. Os ciclos da emergência à floração mais curtos foram os da linhagem UFRGS 984087-2 e da variedade UFRGS 19, com médias aproximada de 70 e 74 dias. Os genótipos UFRGS 910906, UFRGS 15 e UFRGS 16 apresentaram os ciclos mais longos, seguidos por UFRGS 930605 e UPF 16. As cultivares UFRGS 7, UFRGS 14 e UFRGS 17 foram semelhantes no valor desta característica, apresentando médias que variaram de 84 a 86 dias. UPF 16, com 88 dias não diferiu estatisticamente da UFRGS 14. A diferença de ciclo entre os genótipos extremos foi de 24 dias. Para o período compreendido entre a emergência e a maturação, houve uma diferença de 14 dias entres os genótipos extremos, UFRGS 984087-2 e UFRGS 910906. UFRGS 7 e UFRGS 14 não diferiram estatisticamente do ciclo apresentado por UFRGS 984087-2, constituindo o grupo mais precoce. O grupo mais tardio englobou os demais genótipos, compreendendo uma amplitude de 123 a 132 dias (Tabela 33).

Para estatura de planta as médias dos genótipos extremos diferiram em aproximadamente 25 cm. O genótipo mais baixo foi UFRGS 930605, seguido por um grupo intermediário formado por UFRGS 19 e UFRGS 984087-2. As cultivares UFRGS 15 e UFRGS 7 e a linhagem UFRGS 910906 apresentaram valores mais elevados mas ainda inferiores aos apresentados por UFRGS 16 e UFRGS 17. UFRGS 14 e UPF 16 apresentaram médias

TABELA 33. Comparação das médias das características ciclos da emergência à floração e maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro de dez genótipos de aveia em dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

Fonte de variação	Ciclo da emergência à		Estatura de planta (cm)	Biomassa aparente (gr/parcela)	Rendimento de grãos (gr/parcela)	Peso de cem sementes (gr)	Peso hectolitro (gr)								
	Floração (dias)	Maturação (dias)													
UFRGS 7	84,00	et	122,90	cd	89,27	bc	1480,09	a	368,05	a	3,95	ab	42,56	de	
UFRGS 14	85,80	de	121,80	cd	93,67	ab	1498,52	a	337,73	ab	4,17	a	42,29	ef	
UFRGS 15	93,70	a	130,50	ab	89,77	bc	1417,76	ab	338,90	ab	3,86	ab	42,03	ef	
UFRGS 16	91,40	ab	131,00	a	99,00	a	1496,52	a	333,00	ab	3,67	abc	47,28	a	
UFRGS 17	84,20	e	124,40	abc	97,87	a	1429,66	ab	359,52	a	3,93	ab	46,77	ab	
UFRGS 19	73,70	f	123,20	abc	84,80	c	1265,58	ab	3	ab	3,53	bc	47,43	a	
UPF 16	88,00	de	127,80	abc	94,13	ab	1555,17	a	05,67	3	a	4,09	a	44,53	cd
UFRGS 910906	94,60	a	132,20	a	88,73	bc	1279,39	ab	64,01	2	ab	3,93	ab	40,87	ef
UFRGS 930605	89,10	bc	127,20	abc	75,13	d	1277,78	ab	98,43	2	b	3,19	c	44,79	bc
UFRGS 984087-2	70,10	g	118,20	d	83,80	c	1158,99	b	65,21	1	c	3,48	bc	40,39	f
									79,72						

† genótipos seguidos pela mesma letra na coluna não apresentaram diferença significativa nas médias pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

intermediárias aos dois últimos grupos citados, dos quais não diferiram estatisticamente (Tabela 33).

Para biomassa aparente, a maior média foi apresentada por UPF 16, seguido por UFRGS 14, UFRGS 16, UFRGS 7 e UFRGS 17. UFRGS 19, UFRGS 910906 e UFRGS 930605 formaram um grupo intermediário. A média dos genótipos do grupo superior e intermediário, no entanto, não se distinguiu estatisticamente. A linhagem UFRGS 984087-2 teve a menor média para biomassa aparente, a qual foi estatisticamente inferior às médias das cultivares UFRGS 7, UFRGS 14, UFRGS 16 e UPF 16. (Tabela 33).

Para rendimento de grãos as médias dos genótipos formaram quatro grupos. UFRGS 7, UFRGS 17 e UPF 16 com os melhores desempenhos, seguido pelo grupo intermediário superior formado por UFRGS 14, UFRGS 15, UFRGS 16, UFRGS 19, e UFRGS 910906, cujas médias não diferiram estatisticamente das médias dos genótipos do grupo anterior. A média da UFRGS 930605 foi inferior às médias do grupo superior, não diferiu das médias dos genótipos do grupo intermediário superior e foi significativamente superior à menor média, ostentada pela linhagem UFRGS 984087-2 (Tabela 33).

As variedades UFRGS 14 e UPF 16 apresentaram as maiores médias para peso de cem grãos, seguido da UFRGS 7, UFRGS 910906, UFRGS 15 e UFRGS 16. Um terceiro grupo formado por UFRGS 19 e UFRGS 984087-2 não se distinguiu significativamente da UFRGS 16 nem da linhagem UFRGS 930605, que apresentou a menor média (Tabela 33).

As variedades UFRGS 19, UFRGS 16 e UFRGS 17 apresentaram as maiores médias para peso hectolitro, seguido por UFRGS 930605, UPF 16,

UFRGS 7, UFRGS 14 e UFRGS 15, enquanto que UFRGS 910906 e UFRGS 984087-2 ostentaram as menores médias (Tabela 33).

As correlações fenotípicas entre as sete características utilizadas no cálculo dos componentes principais são apresentadas na Tabela 34. Ocorreram correlações altas, como entre os ciclos da emergência à floração e maturação, biomassa aparente e rendimento de grãos, estatura de plantas e peso de cem grãos, estatura de plantas e biomassa aparente, rendimento de grãos e peso de cem grãos, e biomassa aparente e peso de cem grãos. Os valores de correlação foram todos positivos, exceto o coeficiente entre a característica peso hectolitro e ciclo da emergência à floração e peso de cem grãos.

Os autovalores e autovetores que constituem os componentes principais, obtidos a partir da matriz de correlações das características analisadas, são mostrados na Tabela 35. Os três primeiros componentes explicaram 91% da variação dos dados, sendo que individualmente o primeiro, segundo e terceiros componentes responderam por 54,11%, 20,33% e 16,57% da variância total. Os autovetores são compostos pelos pesos com que cada característica contribuiu para o novo parâmetro. No primeiro componente principal foi dado maior peso para rendimento de grãos e biomassa aparente, mas estatura de planta, peso de cem grãos, ciclos da emergência à floração e à maturação também apresentaram pesos importantes. O menor peso neste componente foi para peso hectolitro. No segundo componente o maior peso foi para ciclo da emergência à maturação, seguido do ciclo da emergência à floração e peso de cem grãos. Peso hectolitro apresentou um peso maior, enquanto que biomassa aparente e rendimento de grãos reduziram significativamente seus pesos.

TABELA 34. Correlação entre os caracteres ciclos da emergência à floração e à maturação, estatura de planta, biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro de aveia para dados de dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

	Ciclo da emergência à maturação	Estatura de planta	Biomassa aparente	Rendimento de grãos	Peso de cem grãos	Peso hectolitro
Ciclo da emergência à floração	0,87	0,28	0,48	0,55	0,32	-0,01
Ciclo da emergência à maturação		0,30	0,28	0,46	0,13	0,27
Estatura de planta			0,71	0,66	0,74	0,27
Biomassa aparente				0,86	0,70	0,25
Rendimento de grãos					0,71	0,35
Peso de cem grãos						-0,21

TABELA 35- Autovetores e autovalores dos componentes principais e a proporção da variância associada obtidos para as características ciclos da emergência à floração e à maturação, estatura de planta , biomassa aparente, rendimento de grãos, peso de cem grãos e peso hectolitro de aveia, dados de dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

	Componente Principal						
	1	2	3	4	5	6	7
Ciclo	0,3559	0,4696	-0,3934	-0,1340	-0,2336	0,0942	0,6455
Ciclo da emergência à maturação	0,3098	0,6262	-0,1449	0,3210	0,1687	0,0629	-0,5962
Estatura de planta	0,4138	-0,2659	0,1677	0,7104	-0,2899	-0,3402	0,1596
Biomassa aparente	0,4556	-0,1936	0,1037	-0,4427	-0,6092	0,1707	-0,3845
Rendimento de grãos	0,4764	-0,0518	0,1155	-0,4037	0,5043	-0,5822	0,0290
Peso de cem grãos	0,3900	-0,4510	-0,2652	0,1238	0,4388	0,6033	0,0479
Peso hectolitro	0,1394	0,2704	0,8377	0,0000	0,1223	0,3733	0,2268
Autovalores	3,7874	1,4228	1,1597	0,3935	0,1789	0,0341	0,0236
Variância associada	0,5411	0,2033	0,1657	0,0562	0,0256	0,0049	0,0034
Proporção cumulativa da variância	0,5411	0,7443	0,9100	0,9662	0,9918	0,9963	1,0000

No terceiro componente principal, o maior peso foi do peso hectolitro, contrastando com peso de cem grãos e ciclos da emergência à floração e maturação. Estatura de planta, biomassa aparente e rendimento de grãos seguiram com uma importância modesta neste componente. Os demais componentes principais explicaram menos de 10% da variância, não sendo considerados (Tabela 35).

O gráfico componente principal 1 X componente principal 2 é apresentado na Figura 1. Os genótipos UFRGS 910906, UFRGS 16 e UFRGS 15 agruparam-se no quadrante I, enquanto que as variedades UFRGS 7, UPF 16, UFRGS 17 e UFRGS 14 foram agrupadas no quadrante IV. As linhagens UFRGS 984087-2, UFRGS 930605 e a variedade UFRGS 19 não formaram grupos, embora a localização da UFRGS 19 foi relativamente mais próxima aos dois grupos. Uma reta perpendicular ao valor zero do eixo das abcissas separa os genótipos de maior peso de cem grãos daqueles com menor peso de cem grãos, enquanto que a reta que separa o primeiro e segundo quadrantes do terceiro e quarto divide os genótipos entre mais tardios (quadrantes I e II), daqueles com ciclo mais curto (quadrantes III e IV).

O gráfico que mostra a dispersão dos genótipos através dos componentes principais 1 e 3 é apresentado na Figura 2. No quadrante I foi formado um pequeno grupo com as cultivares UFRGS 7 e UFRGS 16, enquanto que no quadrante IV houve a formação de um grupo com os genótipos UFRGS 17, UFRGS 14, UFRGS 15 e UFRGS 910906, além de UPF 16, embora as coordenadas deste último estejam localizadas no quadrante I. Novamente UFRGS 984087-2, UFRGS 930605 e UFRGS 19 não se agruparam.

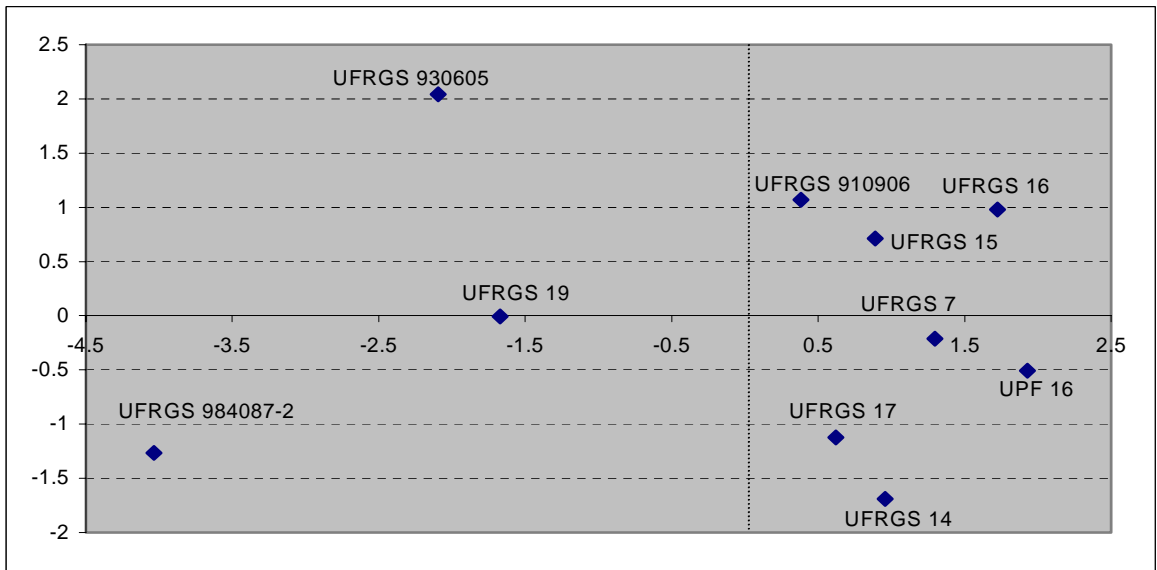


Figura 1. Gráfico do componente principal 1 x componente principal 2, calculados com base nos dados de sete características agrônômicas de aveia, em dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

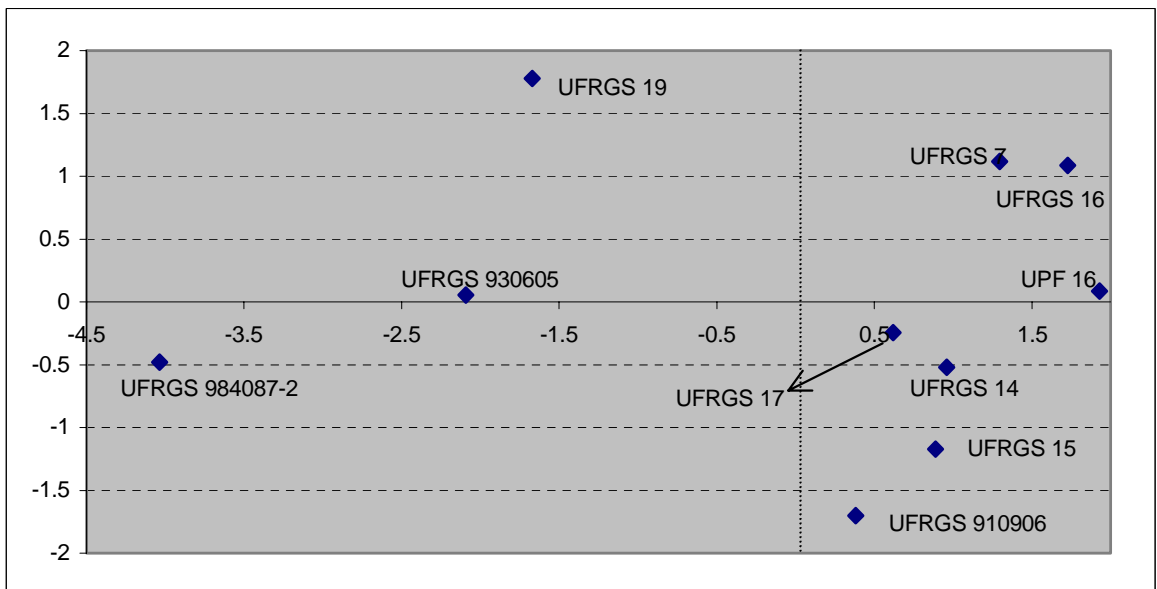


Figura 2. Gráfico do componente principal 1 x componente principal 3, calculados com base nos dados de sete características agrônômicas de aveia, em dois anos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

A variedade UFRGS 19 está mais distante das demais variedades neste gráfico, devido ao alto peso concedido para peso hectolitro no componente principal 3. A linha que separa os quadrantes I e IV de II e III segrega os genótipos quanto a estatura das plantas e o peso de grãos. Os genótipos mais altos e com grãos mais pesados localizaram-se do lado direito, enquanto que do lado esquerdo ficaram os mais baixos e com grãos mais leves.

As distâncias euclidianas entre os dez genótipos de aveia calculadas a partir das sete características fenotípicas são apresentadas na Tabela 36. A distância máxima foi obtida entre UPF 16 e UFRGS 910906 e a mínima entre UFRGS 15 e UFRGS 910906. As variedades apresentaram menores distâncias em média do que as linhagens, com exceção da UPF 16, cuja média das distâncias ficou inflacionada pela distância média apresentada com a linhagem UFRGS 910906. Por sua vez, o valor médio apresentado pela linhagem UFRGS 984087-2 também foi alto em virtude do valor mencionado anteriormente. A linhagem UFRGS 984087-2, por outro lado apresenta distâncias com valores acima de 10 com os demais genótipos, com a exceção da UFRGS 19, com cuja distância foi de 6,36. Este genótipo demonstrou ser fenotipicamente diferente dos demais, podendo contribuir para a população de seleção recorrente com alelos bastante diversos. Entre as cultivares, UFRGS 19 apresentou um maior distanciamento em relação às demais, podendo ser uma importante fonte de variabilidade para a população.

Os coeficientes de parentesco entre os dez genótipos de aveia são mostrados na Tabela 37. O valor máximo foi entre UFRGS 15 e as linhagens UFRGS 910906 e UFRGS 930605 e destas duas entre si.

ABELA 36. Distâncias euclidianas entre dez genótipos de aveia calculadas com base em sete características agronômicas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2002.

	UFRGS 14	UFRGS 15	UFRGS 16	UFRGS 17	UFRGS 19	UPF 16	UFRGS 910906	UFRGS 930605	UFRGS 984087-2	Média
UFRGS 7	2,75	5,88	7,64	5,24	7,23	4,06	7,12	9,37	10,04	6,59
UFRGS 14		6,16	7,13	4,78	9,06	3,46	7,32	11,35	11,29	7,03
UFRGS 15			5,72	6,67	11,01	4,56	1,89	8,77	13,80	7,16
UFRGS 16				4,28	11,37	4,56	6,83	11,89	15,19	8,29
UFRGS 17					8,58	3,43	7,79	11,93	12,51	7,24
UFRGS 19						9,74	11,62	9,04	6,36	9,33
UPF 16							101,49	11,07	13,23	17,29
UFRGS 910906								8,77	14,04	18,54
UFRGS 930605									11,33	10,39
UFRGS 984087-2										11,98

Distância máxima: 1,89

Distância mínima: 101,49

Total dos quadrados da distância: 467,31

TABELA 37. Coeficiente de parentesco entre dez genótipos de aveia (*Avena sativa* L.) calculados com base nas genealogias. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

	UFRGS 14	UFRGS 15	UFRGS 16	UFRGS 17	UFRGS 19	UPF 16	UFRGS 910906	UFRGS 930605	UFRGS 984087-2	Média
UFRGS 7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
UFRGS 14		0,250	0,000	0,250	0,125	0,023	0,125	0,125	0,000	0,097
UFRGS 15			0,375	0,250	0,125	0,023	0,438	0,438	0,000	0,208
UFRGS 16				0,000	0,000	0,000	0,375	0,375	0,000	0,125
UFRGS 17					0,125	0,023	0,125	0,125	0,000	0,097
UFRGS 19						0,012	0,063	0,063	0,000	0,056
UPF 16							0,004	0,004	0,000	0,024
UFRGS 910906								0,438	0,000	0,174
UFRGS 930605									0,000	0,174
UFRGS 984087-2										0,000
Valor máximo: 0,438										
Valor mínimo: 0,000										
Média geral: 0,095										

Os coeficientes de parentesco destas duas linhagens e os demais genótipos são idênticos, pois ambas tem a mesma genealogia. UFRGS 7 e UFRGS 984087-2 apresentaram coeficiente de parentesco nulo com todos os demais genótipos. A média dos coeficientes de parentesco foi de 0,095.

Na Figura 3 é apresentado o dendograma construído com base na matriz de coeficientes de parentesco ilustrando a dissimilaridade dos genótipos. O primeiro agrupamento é formado em 56,25% da dissimilaridade total, entre UFRGS 15, UFRGS 910906 e UFRGS 930605. A este grupo são anexados a cultivar UFRGS 16 em 62,5%, UFRGS 14 e UFRGS 17 em 75%, UFRGS 19 em 87,5% e UPF 16 em 97,7%. A linhagem UFRGS 984087-2 e a variedade UFRGS 7 não são associadas entre elas nem ao grupo, permanecendo isolados no dendograma ao nível de 100% de dissimilaridade.

A distância fenotípica entre os genótipos em análise é ilustrado através do dendograma na Figura 4, em que a medida de dissimilaridade foi convertida em percentagem. Um grupo maior foi formado com os genótipos UFRGS 16, UFRGS 7, UFRGS 14, UFRGS 17, UPF 16, UFRGS 15 e UFRGS 910906 correspondendo ao ponto de truncamento de 52%, ou seja quando a medida de distância alcançou 52% da distância da formação do último grupo. UFRGS 19 e UFRGS 984087-2 formaram um grupo com 72,52% de distância e este somou-se ao grupo maior quando no nível de dissimilaridade de 82,44%. Os genótipos mais próximos foram UFRGS 15 e UFRGS 910906, UFRGS 7 e UFRGS 14, e UFRGS 17 e UPF 16, formando os grupos com 21,55%, 36,36% e 39,11% da dissimilaridade máxima entre os grupos.

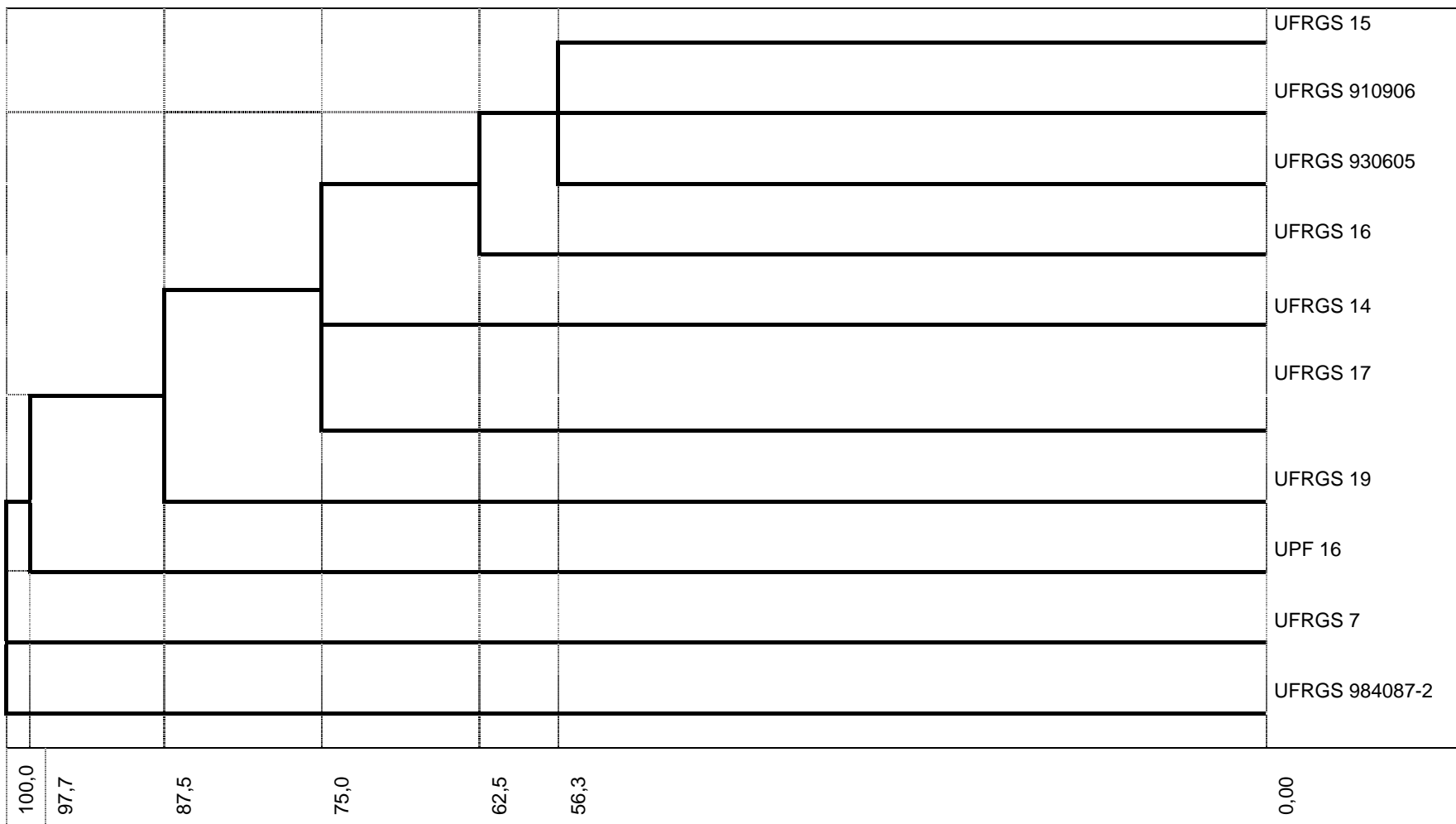


FIGURA 3. Dendrograma obtido a partir da matriz de dissimilaridade baseada nos coeficientes de parentesco de dez genótipos de aveia . Pontos de truncamentos representam a distância genética em porcentagem com base na maior distância. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

DISCUSSÃO

A implementação de um esquema de seleção recorrente em um programa de melhoramento pressupõe estabelecer uma estratégia de condução das atividades compatível com a estrutura física existente. A proposta deste estudo foi obter informações que permitam indicar a geração mais adequada para realizar a seleção e determinar a viabilidade do uso de uma unidade experimental de tamanho reduzido para a avaliação do rendimento de grãos de aveia, de forma a nortear a implantação de um programa de seleção recorrente na Faculdade de Agronomia da UFRGS. Dado o caráter inicial deste trabalho, interessa também acumular a maior quantidade de informações a respeito do material genético usado. Assim, paralelamente aos objetivos principais, os genitores foram avaliados quanto a variabilidade para características de interesse agrônomo.

5.1 Uso de unidades experimentais de tamanho reduzido:

O uso de unidades experimentais de tamanho reduzido possibilita a avaliação e seleção em gerações segregantes mais precoces, quando há pouca disponibilidade de semente. Parcelas menores também reduzem a área total necessária para conduzir as avaliações, facilitando a alocação dos ensaios em áreas homogêneas, o que é particularmente relevante para seleção recorrente, que trabalha com grandes populações. O baixo consumo de

sementes na preparação de um ensaio possibilita ainda conduzi-lo em mais de um local no mesmo período de crescimento, o que garante maior precisão das médias geradas. Neste estudo foram considerados dois tipos alternativos para o uso de parcela de tamanho padrão, covas e linhas. A variação das estimativas de variância e de herdabilidade mostram que as três unidades experimentais usadas proporcionam condições diferentes para a expressão das características avaliadas. Parcelas de tamanho padrão proporcionam um melhor controle da variação de ambiente, seguido por linhas. Os genótipos conduzidos em covas estão mais sujeitos às variações de ambiente, comprometendo a avaliação fenotípica. Dentre as alternativas de unidade experimental de tamanho reduzido, linhas apresentam uma ligeira vantagem em relação a covas, pois oferecem valores intermediários de variância devido ao ambiente e apresentam ainda estimativas de herdabilidade para dias ao florescimento mais próximas daquelas obtidas em parcelas de tamanho padrão (Tabela 9).

A discriminação dos diferentes genótipos de aveia quanto a sua habilidade para a produção de grãos foi maior em linhas e covas do que nas parcelas de tamanho padrão, uma vez que as estimativas das herdabilidades no sentido amplo neste tipo de unidade experimental apresentaram valores superiores aos observados nas parcelas de tamanho padrão, que foram próximas a zero (Tabela 9). Já era esperado que as estimativas de variância genotípica para rendimento de grãos em três anos em parcela padrão e para linha em 1999 fossem próximas a zero, uma vez que o quadrado médio de genótipos não diferiu estatisticamente do quadrado médio do respectivo resíduo (Tabela 7). Os baixos valores de herdabilidade no sentido amplo para

rendimento de grãos nas parcelas de tamanho padrão refletem a baixa variabilidade genotípica das cinco variedades utilizadas neste ensaio para esta característica em condições de desenvolvimento em comunidade. Estes genótipos são materiais elite dos programas de melhoramento de aveia e na ausência de estresses bióticos e abióticos, como é o caso destes ensaios, não se diferenciam substancialmente em seu comportamento para rendimento de grãos, reduzindo a variância genotípica. No entanto, estes mesmos genótipos apresentaram diferenças quanto a suas habilidades para rendimento de grãos tanto em linhas como em covas, permitindo uma melhor discriminação. É necessário, porém, que esta discriminação reproduza o comportamento dos materiais em condições de cultivo em comunidade. Neste aspecto, a classificação dos genótipos para rendimento de grãos obtida em covas é bastante diferente daquela obtida com as parcelas de tamanho padrão, a julgar pelo coeficiente de correlação de Spearman (Tabela 8). A classificação dos genótipos conduzidos em linhas, por outro lado, foi muito mais próximo ao obtido em parcelas de tamanho padrão, indicando a conveniência do uso deste tipo de unidade experimental em trabalhos subsequentes.

Rendimento de grãos é a característica mais afetada pelo tipo de unidade experimental. O uso de linhas e covas garante tanto uma boa precisão nas avaliações de ciclo e estatura de planta, dados os baixos coeficientes de variação observados (Tabelas 5 e 6), quanto uma boa correspondência com as classificações dos genótipos obtidas em parcelas de tamanho padrão (Tabela 8).

Ao utilizar linhas como unidade experimental, deve-se prever um mínimo de cinco repetições, para que as médias obtidas não apresentem uma

oscilação exagerada por efeito de amostragem (Tabela 10). Cinco repetições também são efetivas em reproduzir satisfatoriamente as classificações dos genótipos para rendimento de grãos e para ciclo da emergência à floração obtidas com quatro repetições de parcelas de tamanho padrão. Para estatura de plantas, no entanto, há uma queda na precisão da reprodução das classificações (Tabela 9).

Covas são unidades experimentais tradicionalmente utilizadas em outros programas de seleção recorrente em aveia para as características rendimento de grãos (Stuthman & Stucker, 1975; Payne et al., 1986; Bregitzer et al., 1987; Pomeranke & Stuthman, 1992; Reysack et al., 1993; De Koeyer & Stuthman, 1998; Holland, et al., 2000; Holland et al., 2002), dias para a floração (Rooney et al., 1995) conteúdo de de óleo da cariopse (Frey & Holland, 1999; Holland et al., 2001) e resistência parcial a *Puccinia coronata* Cda f. sp *avenae* Eriks (Diaz-Lago et al., 2002). No ambiente local, entretanto, o uso de covas como unidade experimental não se mostrou adequado, visto a ausência de relação entre as classificações dos genótipos com àquelas obtidas com parcelas de tamanho padrão (Tabela 8) e a grande influência que o ambiente tem sobre os resultados finais, como evidenciaram os resíduos dentro da linha, que foram superiores aos resíduos na maioria dos casos (Tabelas 5, 6 e 7). Esta variação é devida ao ambiente, já que os genótipos testados são fixos. O arranjo espacial das plantas, que se encontram concentradas em um pequeno espaço rodeadas por uma área contígua ampla, as diferenças de fertilidade do terreno, as quais são estressadas em condições de plantio direto, ocorrência de pragas de solo, cujos ataques são localizadas, entre outras possíveis causas, contribuem para que a variação ambiental seja grande. Para reduzir o

efeito desta variação, seria necessário recorrer a um maior número de covas dentro de repetição, diminuindo as vantagens do uso de uma menor quantidade de sementes e da economia de espaço que cova tem sobre a linha. O uso de linha como unidade experimental interessa sob um outro aspecto ainda, que é a possibilidade de realizar a semeadura mecanizada.

Além disto, a seleção de genótipos cultivados em covas foi apontada por De Koeper & Stuthman (1998) como sendo a principal causa do aumento de estatura de planta em 4,3% após sete ciclos de seleção para rendimento de grãos de aveia. O incremento de estatura nesta mesma população já havia sido notado por Reysack et al. (1993) após quatro ciclos de seleção para rendimento, acompanhado de um significativo aumento no acamamento, que é normalmente associado ao aumento de estatura. Isto porque em populações heterogêneas cultivadas em uma cova, os indivíduos mais altos levam vantagem na competição com os mais baixos. As linhas que apresentam uma maior frequência de indivíduos altos apresentarão vantagem competitiva em relação àquelas com maior variação para a estatura, devido as perdas por competição na cova. Conseqüentemente, a estatura média das plantas da população apresenta incrementos significativos com o avanço dos ciclos de seleção. De Koeper et al. (2003) encontraram ainda uma associação positiva entre a estatura de planta e o ciclo, em que as plantas mais altas também eram as mais tardias, duas características adaptativas de grande importância para o cultivo no sul do Brasil e que devem ser mantidas inalteradas. Na população deste estudo, a correlação genética estimada entre dias para a floração e rendimento de grãos é muito próxima a zero, enquanto que a correlação entre estatura de planta e rendimento de grãos é baixa, mas positiva (Tabela 26).

Estas estimativas indicam que a seleção para rendimento de grãos resultará em pouca alteração no ciclo das plantas, e flutuações para esta característica serão devido a efeito de amostragem. No entanto, a população deverá experimentar um aumento gradativo para estatura de planta a medida que alelos positivos para rendimento de grãos forem sendo acumulados. É possível evitar o aumento de porte das plantas utilizando um índice de seleção que também leve em consideração a estatura de planta. No caso específico da população da Universidade de Minnesota, a incorporação do número de dias para a floração como segundo critério de seleção após o terceiro ciclo de seleção recorrente foi uma medida efetiva na manutenção das médias dos ciclo e da estatura das populações (Diaz-Lago et al., 2002). Rangel et al. (1998) e Rodriguez et al. (1999) aplicaram com vantagens um índice de seleção para aumentar simultaneamente a produtividade e as resistências à brusone e à mancha parda na folha em populações de arroz irrigado. Lopes (2000) não encontrou vantagens na aplicação de um índice de seleção para rendimento de grãos, estatura de planta, esterilidade na espiguetta; dias para o florescimento, número de grãos na panícula e rendimento de grãos inteiros comparado com a seleção direta para rendimento de grãos. Neste caso, porém, as correlações genéticas apresentavam direção favorável para todos os caracteres, de forma que a seleção para rendimento acarretava melhoria na média das demais características.

5.2 Geração de seleção:

A seleção em gerações precoces é vantajosa em um esquema de seleção recorrente, pois possibilita reduzir o tempo total necessário para

cumprir cada ciclo. A eficiência em gerações precoces depende do tipo de ação genética que determina o caráter em questão. A ausência de significância do quadrado médio devido à CGC na análise dialélica da geração F_2 indica que o rendimento de grãos nesta população é fortemente determinado por efeitos genéticos não aditivos (Tabela 12), o que não surpreende, pois esta característica freqüentemente apresenta forte determinação da ação gênica não aditiva em várias espécies, como feijão (Beaver & Kelly, 1994) e trigo (Busch et al., 1974). Em aveia foi demonstrado a grande importância da CEC em gerações segregantes avançadas, em que há baixos níveis de heterozigosidade, indicando a importância dos efeitos de interação interlocos aditivo por aditivo ou de ordens superiores (Stuthman & Stucker, 1975; De Koeper & Stuthman, 1998), os quais são passíveis de ser fixados e aproveitados em linhas endogâmicas. Variância devido à ação gênica não aditiva também foi detectada para rendimento de grãos em linhas avançadas de trigo, sendo que os autores sugerem que a interação entre locos aditiva por aditiva ou de ordens superiores seja relevante nesta espécie em função de seu genoma hexaplóide (Busch et al., 1974), que também é o caso de aveia.

Na geração F_4 , o quadrado médio da CGC é significativamente superior ao quadrado médio da CEC, indicando uma maior participação dos efeitos aditivos na determinação da característica do que na geração F_2 (Tabela 19). Este comportamento está de acordo com a teoria das distribuições da variância em gerações de autofecundação, em que a variância devido aos efeitos não aditivos dos genes diminui a medida que reduzem os locos em heterozigose (Kearsey & Pooni, 1996). O crescimento na proporção da

variância aditiva em relação à não aditiva da geração F_4 em comparação com a geração F_2 (Tabelas 15 e 23) corroboram com esta hipótese.

Apesar da relação entre as variâncias não aditiva e aditiva tenha sido reduzida das gerações F_2 a F_4 para as três características, a variância não aditiva continuou apresentando grande importância na geração F_4 onde já há uma boa proporção dos locos em homozigose (Tabelas 12, 15, 19 e 23), indicando que parte da ação gênica não aditiva pode ser devida a efeitos de interações entre locos aditivo por aditivo e de ordens superiores, como foi observado por Stuthman & Stucker (1975) para rendimento de grãos.

As estimativas da herdabilidade no sentido restrito calculadas nas duas gerações são equivalentes, devido ao alto valor da variância de ambiente obtido na geração F_4 . Dados de literatura mostram que o coeficiente de variação é mais alto em ensaios cujas unidades experimentais são linhas do que em parcelas com área maior (Ross & Miller, 1955; Frey, 1965). Nos ensaios utilizando diferentes tipos de parcelas ficou claro que parcelas maiores proporcionam uma menor variação das medidas das características entre as repetições. A área ocupada por cada ensaio, no entanto, era restrita, possibilitando o uso de terreno uniforme. A alta variância de ambiente observada nos resultados da geração F_4 pode ser creditada à grande área necessária para a implantação dos ensaios de competição, obrigando a alocação em terreno não perfeitamente homogêneo. Esta situação é freqüente em lotes que apresentam declive, como é o caso das coxilhas cultivadas no Rio Grande do Sul. O emprego do plantio direto também acarreta desuniformidade da fertilidade do solo, pois a manutenção da palha na superfície do solo ao invés da sua incorporação faz com que manchas de desenvolvimento da

cultura anterior fiquem caracterizadas nas safras posteriores, através da decomposição da matéria orgânica e conseqüente disponibilidade dos nutrientes de forma localizada, implicando vantagens para as parcelas ali situadas.

Em função da alta variância de ambiente, a maior proporção de variância aditiva na geração F_4 em relação à F_2 , não resultou em um maior ganho de seleção para rendimento de grãos (Tabelas 16 e 24). O maior ganho projetado de rendimento de grãos na geração F_4 foi 1,52% em relação à média da população, marca bastante inferior à projeção do menor ganho para a geração F_2 , que foi de 5,12%. O ganho de rendimento de grãos na ordem de 1% é obtido normalmente pelo melhoramento tradicional, sem o emprego de métodos de melhoramento de populações. Realizar a seleção na geração F_4 é um processo mais demorado, há mais trabalho envolvido no avanço das gerações, além do comprometimento de uma área bem maior para a avaliação das linhas, refletindo maiores custos. Frey et al. (1988) descrevem o sucesso obtido no incremento de rendimento de grãos e conteúdo de proteína em aveia selecionando na geração F_2 , em uma estratégia em que um ciclo de seleção recorrente demora um ano. Os autores indicam ganhos de 4,7% para conteúdo de proteína e 5,4% de rendimento de grãos por ano nos três primeiros ciclos. Por outro lado, Rooney et al. (1995) obtiveram uma alta freqüência de aneuplóides e de progênies com fenótipo anormal ao selecionar para floração precoce na geração F_1 . Os autores defendem que a ausência de gerações de autofecundação em uma população fechada de seleção recorrente intensifica os efeitos de translocações cromossômicas em aveia. Nesta situação as gerações de autofecundação têm um papel importante no melhoramento de

populações a longo prazo, que é reduzir a frequência das mutações cromossômicas, as quais são comuns na cultura (Singh & Kolb, 1991). Porém, os efeitos negativos da seleção em geração precoce relatados por Rooney et al. (1995) podem ser específicos daquela população, uma vez que os trabalhos de seleção recorrente que se sucederam na Universidade de Iowa utilizando seleção na geração F_2 não reportam problemas desta natureza (Branson & Frey, 1989; Frey & Holland, 1999; Holland et al., 2000; Holland et al., 2001; Holland et al., 2002).

A seleção em geração precoce permite que o intercruzamento seja realizado entre genótipos com alto grau de heteroziguidade, aumentando as chances de recombinação gênica, um dos objetivos da seleção recorrente. As gerações de autofecundação oferecem pouca oportunidade de recombinação, acarretando dificuldade na observação e seleção de possíveis combinações vantajosas que permanecem em baixa frequência (Geraldi, 1997). O melhoramento de aveia no sul do Brasil é uma atividade bastante recente e, embora inegáveis avanços tenham sido alcançados, é provável que haja muitos blocos de ligação herdados dos genótipos parentais. Estes blocos foram selecionados sob condições de ambiente diferentes dos que ocorrem no sul do país e a sua quebra e rearranjo possibilitaria a exploração de uma nova variabilidade.

A seleção em gerações precoces também pode aumentar a eficiência da seleção recorrente, ao reduzir o tempo necessário para o cumprimento de cada ciclo. Para que a seleção seja efetiva, no entanto, é necessário que haja uma forte determinação genética aditiva. A análise de média de gerações mostra que há efeitos aditivos significativos para

rendimento de grãos em todos cruzamentos (Tabela 30), mas estes valores basicamente refletem a diferença entre os genótipos parentais. Por outro lado, os efeitos de dominância são bastante expressivos, e refletem o desvio da progênie F_2 em relação à média parental (Tabela 30). A autofecundação e segregação dos alelos em heterozigose após a seleção dos indivíduos expressando heterose resultaria na perda da performance. No entanto, parte do efeito de dominância é devido à aditividade, principalmente nos casos de dominância completa (Falconer, 1987). Em um trabalho de simulação, Gallais (1990) mostra que a covariância genética aditiva entre a os cruzamentos e as linhas endogâmicas derivadas destes é sempre positiva para os casos de ação gênica intralocos de dominância, sendo esperada correlações positivas altas entre os valores médios das linhas e a CGC dos genitores. Com sobredominância, a covariância genética aditiva entre os cruzamentos e as linhas endogâmicas somente é elevada em baixas frequências dos alelos favoráveis. No presente trabalho, no entanto, não há associação entre as classificações dos efeitos de CGC nas gerações F_2 e F_4 para rendimento de grãos (Tabela 22), o que pode ser devido, em parte, ao efeito da interação genótipo por ano. Por outro lado, esta associação ocorre tanto para dias ao florescimento quanto para estatura de planta, indicando que para estas duas características seria possível realizar a seleção na geração F_2 (Tabela 22).

O uso de gerações avançadas de segregação permite a avaliação das famílias em unidades experimentais maiores, nas quais é esperada a redução do quadrado médio do resíduo. Em trigo e soja, a avaliação de famílias endogâmicas comparativamente à avaliação em geração F_2 permitiu reduzir os erros de estimação de rendimento de grãos e outras características

que necessitam de uma grande quantidade de semente para sua avaliação, aumentando a eficiência da seleção (Burton & Carver, 1993). No presente trabalho, no entanto, a avaliação em geração F_4 não foi efetiva para reduzir a variância devido ao ambiente (Tabela 18, 19 e 23) para nenhuma das três características devido a grande área necessária para a alocação dos ensaios, como já foi referido anteriormente.

Trabalhos futuros podem investigar duas opções para contornar a limitação imposta pela alta variância do ambiente devido à grande área necessária para avaliação. A primeira é garantir maior uniformidade nas condições de avaliação, através de uma densidade de plantas mais elevada, ao invés de utilizar a semente proveniente de uma única panícula por parcela. Segundo é reduzir o tamanho da área da avaliação, através da redução do espaço entre unidades experimentais e diminuição da unidade experimental de duas linhas de 2 metros de comprimento para apenas uma linha da mesma dimensão. Neste caso, é necessário adaptar a semeadoura existente. Há ainda a possibilidade de selecionar em dois estágios. No primeiro ano seriam avaliados os cruzamentos na geração F_2 nos moldes do ensaio realizado neste estudo. Com base nos resultados, as plantas dos melhores cruzamentos seriam colhidas. No verão seguinte, seria realizado um avanço de geração acompanhado do aumento no número de semente para que no inverno seguinte estas famílias fossem avaliadas em linhas. Para que esta estratégia tenha sucesso, no entanto, é necessário que haja uma concordância entre o desempenho dos cruzamentos nas gerações F_2 e F_4 , o que teria que ser verificado com ensaios realizados no mesmo ano.

Dentre as estratégias de seleção avaliadas, a seleção direta das plantas ou linhas com melhor desempenho nas gerações F_2 e F_4 acarreta maiores ganhos para rendimento de grãos do que a seleção pelo mérito do cruzamento. No entanto, a primeira estratégia implica maior variação da representação dos genitores na progênie selecionada e, conseqüentemente, na população resultante do intercruzamento (Tabelas 17 e 25). A redução da base genética de uma população não é desejável, pois o estreitamento está inversamente relacionado à sustentação dos ganhos genéticos a longo prazo (Helms et al., 1989; Eyherabide & Hallauer, 1991). A seleção pelo desempenho do cruzamento provou ser mais conservador, permitindo que todos os genitores estejam representados no próximo ciclo de forma equilibrada. Este aspecto é relevante principalmente quando são utilizados genitores não adaptados na expectativa de introduzir variabilidade extra na população para novas características. Neste trabalho a linhagem UFRGS 984087-2 é um genótipo com pouca adaptação para as condições de cultivo do sul do Brasil, mas que possui o gene PC68 que confere resistência a uma raça de ferrugem da folha, causada por *Puccinia coronata*. Na segunda estratégia de seleção a sua representatividade no ciclo seguinte está assegurada. A seleção recorrente é um método tradicionalmente indicado para a incorporação de características de germoplasma não adaptado para o adaptado (Geraldi, 1997), porém em arroz no Brasil não se logrou êxito em incorporar a resistência ao frio do germoplasma japônica, não adaptado ao cultivo no Brasil nem ao padrão de consumo do mercado nacional, no germoplasma brasileiro do tipo índica (Lopes, 2002). Aparentemente este insucesso é uma situação específica do arroz irrigado e pode ser explicado pela grande divergência de características

de qualidade entre os dois germoplasmas, em que a seleção para estas características ocasiona a rápida perda de alelos vinculados ao genoma japônica. Uma segunda possibilidade é a dificuldade em combinar os dois germoplasmas, manifestada através de esterilidade genética, segregação distorcida e crescimento vegetativo deficiente. Por outro lado, Holland et al. (2000) relatam o sucesso na incorporação de germoplasma de espécies selvagens da espécie *Avena sterilis* na proporção de 25 e 17% em algumas das famílias de melhor desempenho em testes com uma população de seleção recorrente.

As correlações genéticas estimadas a partir das projeções de ganho de seleção direta e indireta das características avaliadas mostra pouca associação entre elas (Tabela 26). Como foi referido anteriormente, há expectativa de pouca alteração no ciclo da emergência à floração devido à seleção para rendimento de grãos, conforme os valores obtidos em duas gerações. A estatura de planta, no entanto, deve apresentar sua média incrementada paulatinamente com o avanço do potencial de rendimento, implicando em maior tendência ao acamamento (Tabela 26). A biomassa aparente, no entanto, deve ser fortemente incrementada, pois os coeficientes de correlação são altos. Johnson et al. (1983) estimaram valores ainda maiores de correlação genética entre biomassa aparente e rendimento de grãos de aveia, da ordem de 0,91, em geração $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$. A alta correlação entre a biomassa aparente e rendimento de grãos já é esperada, uma vez que a biomassa representa a planta seca cortada acima do solo incluindo os grãos. Por outro lado, a biomassa apresenta valores de correlação média a baixa com

estatura de planta, significando que a grande associação entre biomassa e rendimento de grãos é devida aos grãos presentes na planta (Tabela 26).

Os cruzamentos que apresentam maior probabilidade de extração de linhas recombinantes com rendimento superior à média dos pais acrescida de um desvio padrão são também os que apresentam chances de aproximadamente 100% de que as linhagens tenham o ciclo superior a 90 dias, e estatura de planta superior à média das cultivares UFRGS 14 e UFRGS 19 (Tabela 31). No entanto, algumas combinações apresentam proporções esperadas diferentes, como é o caso de UFRGS 16 x UFRGS 17, que tem 14,46 % de chance de obter linhas superiores para rendimento, e 100% de chance de que a estatura das linhas seja inferior ao estabelecido. Na combinação UFRGS 19 x UPF 16 é estimado que aproximadamente um terço da população apresente rendimento superior ao estipulado, com nenhuma linha excedendo 90 dias para o florescimento (Tabela 31). Estas estimativas refletem grandemente a média do cruzamento, resultando em uma vantagem clara dos genótipos adaptados. Os cruzamentos simples refletem muito as divergências agronômicas dos genitores, que apresentam características complementares a serem combinadas e fixadas na futura população. O intercruzamento deverá resultar em novas combinações com chances de fornecer linhas endogâmicas em proporções mais equilibradas para as três características de interesse.

5.3 Variabilidade entre os genitores:

Os genótipos parentais foram escolhidos por apresentarem alto potencial de rendimento e adaptação para as condições de cultivo na região sul do Brasil e por apresentarem características agronômicas complementares.

Este procedimento está de acordo com o aconselhado por Chaves (1997). As informações a respeito da variabilidade genética entre os genitores vêm da experiência dos melhoristas desta espécie, pois o registro de genealogia dos genótipos de aveia apresenta de uma forma geral grandes lacunas que não permitem uma avaliação do grau de relacionamento entre as variedades.

A análise de variância e a comparação das médias dos genótipos mostram que neste conjunto há variabilidade para as sete características avaliadas (Tabelas 32 e 33). As linhagens UFRGS 984087-2 e UFRGS 930605 e a cultivar UFRGS 19 são os genótipos mais distantes quando a avaliação é feita com base nos caracteres agronômicos (Figuras 1, 2 e 4) e suas progênes com os demais genitores devem resultar em grande variabilidade genética. Estes três genótipos representam uma importante fonte de variabilidade para baixa estatura de planta, que é uma das características adaptativas de grande importância para o cultivo de aveia no sul do país. A falta de relacionamento entre a linhagem UFRGS 984087-2 com UFRGS 19 e UFRGS 930605 e o baixo grau de relacionamento entre UFRGS 19 e UFRGS 930605 indicam que estes genótipos podem contribuir com alelos distintos para esta característica. Da mesma forma, tanto UFRGS 19 quanto UFRGS 984087-2 são fontes de precocidade, e suas contribuições para a população serão exclusivas (Tabela 37).

Os genótipos UFRGS 7, UFRGS 14, UFRGS 17 e UPF 16 são fenotipicamente mais próximos, porém o grau de parentesco entre eles é baixo, e suas combinações devem resultar na geração de variabilidade útil para seleção (Tabela 37 e Figuras 1, 2 e 3).

A escolha dos genótipos UFRGS 15, UFRGS 910906 e UFRGS 930605 atendeu à busca de características complementares que se espera combinar nas futuras variedades. Estes genótipos, no entanto, apresentam um alto grau de relacionamento (Tabela 37). A variabilidade representada pelo coeficiente de parentesco considera a probabilidade dos locos de dois indivíduos apresentarem alelos idênticos por descendência (Falconer, 1987). O cálculo desta probabilidade, porém, desconsidera os efeitos da segregação mendeliana no transcorrer das autofecundações durante o processo de obtenção das linhas puras, nem o efeito da seleção (Falconer, 1987). Por isto, genótipos com ascendência comum acabam agrupados, mesmo que fenotipicamente sejam divergentes. É o caso dos genótipos UFRGS 15, UFRGS 910906 e UFRGS 930605 que apresentam alto grau de similaridade (Tabela 37) e estão agrupados na Figura 1. Quando a avaliação é realizada com base em características agronômicas, a linhagem UFRGS 930605 fica distanciada de todos os outros genótipos (Figuras 1, 2 e 4), demonstrando sua importância na formação da base genética desta população.

Análises de componentes principais propiciam o entendimento da estrutura de variabilidade e possibilitam indicar as características a serem consideradas futuramente em avaliações desta natureza. Cruz & Regazzi (1997) recomendam descartar as características que apresentem o maior peso nos componentes que expliquem uma quantidade pequena da variância. O descarte é iniciado no último componente, descartando a característica que apresenta o maior peso, em seguida o processo é realizado no componente imediatamente superior. O descarte segue em componentes cujo autovalor não supere 0,70. Desta forma, dias para a floração, peso de cem grãos e biomassa

aparente poderiam ser desconsideradas em estudos futuros. Estas características são altamente correlacionadas com outras, as quais são suficientes para representar a variabilidade dos genótipos. Dada a facilidade de avaliar dias para a floração, esta característica pode ser preservada para avaliações futuras, em detrimento de dias para a maturação.

O presente estudo teve como objetivos gerar informações que permitam escolher uma estratégia que viabilize a condução de um programa de seleção recorrente para rendimento de grãos de aveia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Esta é uma iniciativa pioneira no sul do Brasil, e as informações aqui geradas são relevantes por indicarem soluções específicas para as condições locais. Os resultados fornecem uma orientação para a implantação de um esquema de seleção recorrente para rendimento de grãos de aveia no que se refere ao tipo de unidade experimental a ser utilizada na avaliação, à geração de seleção, aos efeitos sobre outras características de importância agronômica, além de mostrar que os genótipos apresentam variabilidade genética complementar quanto às principais características de importância agronômica, sendo portanto adequados para darem origem a uma população base.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, é possível traçar as seguintes conclusões pertinentes à implantação de um programa de seleção recorrente para rendimento de grãos em aveia na UFRGS:

1. Unidades experimentais compostas por uma linha de três metros mostram-se adequadas para a avaliação de rendimento de grãos em aveia com o propósito de seleção, com número mínimo de cinco repetições se o delineamento experimental utilizando for blocos ao acaso.

2. A seleção em gerações mais avançadas de segregação será mais eficiente do que em gerações mais precoces, em decorrência da alta variação genética não aditiva envolvida na herança de rendimento de grãos e também dos demais caracteres avaliados.

3. A confiabilidade da avaliação para rendimento de grãos de aveia em gerações mais avançadas utilizando linhas como unidade experimental depende, no entanto, da redução da área total necessária para a condução dos ensaios.

4. A seleção exclusivamente para rendimento de grãos não causará alterações indesejáveis nas médias da população para ciclo e biomassa aparente, uma vez que o ciclo deverá permanecer praticamente inalterado, enquanto que o aumento da biomassa acompanhará o incremento de rendimento de grãos. Por outro lado, a manutenção das médias de estatura ao

longo dos ciclos de seleção pressupõe a incorporação desta característica como critério de seleção.

5. A escolha dos genótipos paternos provou ser adequada, uma vez que estes apresentam variabilidade genética complementar tanto para a característica alvo rendimento de grãos, como também para outros caracteres de interesse agrônomo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. 3.ed. Nova York: J. Wiley, 1960. 381 p.

ALMEIDA, J.L. **Comércio internacional de aveia: tendências e perspectivas futuras**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina: **Palestras...** Londrina, Paraná: IAPAR. p. 5-15.

ALTMAN, D.W ; BUSH, R.H. Random intermating before selection in spring wheat. **Crop Science**, Madison v. 24, p.1085-1089, 1984.

BAKER, R.J. Extend of intermating in self-pollinated species necessary to counteract the effects of genetic drift. **Crop Science**, Madison v. 8, p. 547-550, 1968.

BARBIN, D. **Componentes de variância: teoria e aplicações**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ, 1998. 120 p.

BALTENBERGER, D.E et al. Recurrent selection for tolerance to barley yellow dwarf virus in oat. **Crop Science**, Madison, v. 28, p.477-480, 1988.

BARBOSA-NETO et al. Progresso genético no melhoramento de aveia no sul do Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 19. 1999, Porto Alegre. **Resultados experimentais**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 23-26.

BEAVER, J.S.; KELLY, J.D. Comparison of selection methods for dry bean populations derived from crosses between gene pools. **Crop Science**, Madison, v.34, p. 34-37, 1994.

BRANSON, C.V; FREY, K.J. Recurrent selection for groat oil content in oat. **Crop Science**, Madison, v.29, p. 1382-1387, 1990.

BREGITZER, P.P. et al. Morphological changes associated with three cycles of recurrent selection for grain yield improvement in oat. **Crop Science**, Madison, v. 27, p. 165-168, 1987.

BRIGGS, F.N.; KNOWLES, P.F. **Introduction to plant breeding**. Davis, Califórnia: Reinhold Publishing, 1967. 426p.

BROWN, C.M. Oat. In: FEHR, W.R.; HARDLEY, H.H.(Ed.). **Hybridization of crop plants**. Madison: ASA-CSSA, 1980. Cap. 30, p.427-441.

BOS, I. More arguments against intermating F2 plants of a self-fertilizing. **Euphytica**, Wageningen, v. 26, p. 33-46, 1977.

BURTON, JW. et al. Recurrent selfed progeny selection for yield in soybean using genetic male sterility. **Crop Science**, Madison, v.30, p. 1222-1226, 1990.

BUSH, R.H. et al. Evaluation of crosses among high and low yielding parents of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and bulk prediction of line performance. **Crop Science**, Madison, v. 14, p. 47-50, 1974.

BUSH, R.H.; KOFOID, K. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.22, p. 568-572, 1990.

CAMARGO, M.N. et al. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Separata...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.

CARVALHO, F.I.F et al. Potencial genético de aveia como produtora de grãos, no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 22, n. 1, p. 71-82, 1987.

CERVANTES-MARTINEZ, C.T. et al. Selection for greater β -glucan content in oat grain. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1085-1091, 2001.

CERVANTES-MARTINEZ, C.T et al. Correlated response to selection for greater β -glucan content in two oat populations. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 730-738, 2002.

CHAVES, L.J. Criterios para escoger genitores para un programa de selección recurrente. In: GUIMARÃES, E.P.(ed.), **Selección recurrente en arroz**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p.13-23. Publicación CIAT, 267).

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

COMPTON, W.A. Recurrent selection in self-pollinated crops without extensive crossing. **Crop Science**, Madison, v. 8, p. 773, 1968.

CORDEIRO, A.C.C. **Número de inter cruzamentos na eficiência da seleção recorrente na cultura do arroz**. Lavras: UFLA, 2001. 156 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

DE KOEYER, D.L. ; STUTHMAN, D.D. Continued response through seven cycles of recurrent selection for grain yield in oat (*Avena sativa* L.). **Euphytica**, Wageningen, v.104, n.1, p. 67-72, 1998.

DE KOEYER, D.L. ; STUTHMAN, D.D. Changes in genetic diversity during seven cycles of recurrent selection for grain yield in oat (*Avena sativa* L.). **Plant Breeding**, Berlin, v.118, n1, p. 37-43, 1999.

DE KOEYER, D.L. et al. Allelic shifts and QTLs in a recurrent selection population of oats (*Avena sativa* L.). **Crop Science**, Madison, 2003 (no prelo).

DELANEY, D.E. ; BLISS, F.A.,. Selection for increase percentage phaseolin in common bean. I. Comparison of selection for seed protein alleles and S1 family recurrent selection. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.81, p. 301-305, 1991 a

DELANEY, D.E. ; BLISS, F.A. Selection for increase percentage phaseolin in common bean. II. Changes in frequency of seed protein alleles with S1 family recurrent selection. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 81, p. 306-311, 1991 b.

DELOGU, D. et al. A Recurrent selection programme for grain yield in winter barley. **Euphytica**, Wageningen, v.37, p. 105-110, 1988.

DELZER, B.W. et al. Recurrent selection for protein in hard red spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.34, p. 34-37, 1994.

DIAZ-LAGO, J.E. et al. Recurrent selection for partial resistance to crown rust in oat. **Crop Science**, Madison, v.42, n.5, p. 1475-1478, 2002.

EYHERABIDE, G.H. ; HALLAUER, A.R. Reciprocal full-sib recurrent selection in maize. II. Contribution of additive, dominance, and genetic drift effects. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 1442-1448, 1991.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV , 1987. 279 p.

FEHR, W. **Principles of cultivar development**. Theory and technique. New York.: Macmillan, 1987. 536p.

FERREIRA, M.E. et al. Caracterización y uso de marcadores RAPD y microssatélites (SSR) en el monitoreo del programa de mejoramiento poblacional en arroz. In: GUIMARÃES, E.P. **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 311 p.

FREY, K.J. The utility of hill plots in oat research. **Euphytica**, Wageningen, v. 14, p. 196-208, 1965.

FREY, K.J.; HOLLAND, J.B. Nine cycles of recurrent selection for increased groat –oil content in oat. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1636-1641, 1999.

FREY, K.J. et al. A procedure for one cycle of recurrent selection per year with spring-sown small grains. **Crop Science**, Madison, v. 28, p. 855-856, 1988.

GALLAIS, A. Application of the concepts of test value and varietal value to the study of genetic advance in recurrent selection: a synthesis. **Euphytica**, Wageningen, v.48, p.197-209, 1990.

GERALDI, I.O. Selección recurrente en el mejoramiento de plantas. In: GUIMARÃES, E.P. **Selección recurrente en arroz**. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p.3-11. (Publicación CIAT, 267).

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 4. ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1970. 430 p.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, Melbourne, v.9, p. 463-493, 1956.

GUIMARÃES, E.P.; FEHR, W.R. Alternative strategies of recurrent selection for seed yield of soybean. **Euphytica**, Wageningen, v.40, n.1/2, p. 111-119, 1989.

HALLAUER, A.R. ; MIRANDA-FILHO, J.B. **Quantitative Genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State Univ. Press, 1981.

HANSON, W.D., The breakup of initial linkage blocks under selection mating systems. **Genetics**, Baltimore, v. 44, p. 857-868, 1959.

HELMS, T.C. et al. Genetic drift and selection evaluated from recurrent selection programs in maize. **Crop Science**, Madison, v.29, p. 602-607, 1989.

HOLDEN, J.H.W. Oats – *Avena* spp. (Gramineae – Aveneae). In : SIMMONDS, N.W. (ed.) **Evolution of crop plants**. London: Longman, 1979. p.86-90.

HOLLAND, J.B. et al. Recurrent selection in oat for adaptation to diverse environments. **Euphytica**, Wageningen, v. 113, p. 195-205, 2000.

HOLLAND, J.B. et al. Recurrent selection for broad adaptation affects stability of oat. **Euphytica**, Wageningen, v. 126, p. 265-274, 2002.

HOLLAND J.B; MUNKVOLD, G.P. Genetic relationships of crown rust resistance, grain yield, test weight and seed weight in oat. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1041-1050, 2001.

JANNICK, J.L. ; ABADIE, T.E. Inbreeding method effects on genetic mean, variance, and structure of recurrent selection populations. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 4, p. 988-997, 1999.

JOHNSON, S.K. et al. Direct and indirect selection for grain yield in oats (*Avena sativa* L). **Euphytica**, Wageningen, v. 32, p. 407-413, 1983.

KEARSEY, M.J.; POONI, H.S. **The genetical analysis of quantitative traits**. London: Chapman & Hall, 1996. 381 p.

KENWORTHY, W.J.; BRIM, C.A. Recurrent selection in soybeans: I. Seed yield. **Crop Science**, Madison, v.18, p. 315-318, 1978.

LIMA, E.F. et al. Seleção recorrente para resistência à ramulose de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.31, n. 1, p. 101-104, 1996.

LOPES, S.I.G. **Avaliação dos parâmetros genéticos da população de arroz irrigado CNA 11 e da divergência genética entre os genitores**. 2002. 101 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

MACKAY, I.J. et al. Accelerated recurrent selection. **Euphytica**, Wageningen, v. 105, p. 53-62, 1999.

MARCHIORO, V.S. et al. Estimativa da participação do ambiente na expressão do fenótipo em populações segregantes de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados experimentais**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo., 2002. p. 318-322.

MATHER, K.; JINKS, J.L. **Introdução à genética biométrica**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p.

MILLER, R.L., et al. High intensity selection for percent oil in corn. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 433-437, 1981.

MILLER, P.A. ; RAWLINGS, J.O. Break up of initial linkage blocks through intermating in a cotton breeding program. **Crop Science**, Madison, v. 7, p. 199-204, 1967.

MISEVIC, D.; ALEXANDER, D.E. Twenty-four cycles of phenotypic recurrent selection for percent oil in maize. I. Per se and test-cross performance. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 320-324, 1989.

MORAIS, O.P. Tamaño efectivo de la población. In: GUIMARÃES, E.P.(ed.), **Selección recorrente en arroz**. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p. 25-44. (Publicación CIAT, 267)

OLMEDA-ARCEGA, O.B. et al. Recurrent selection for grain yield in durum wheat. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 714-719, 1995.

OSPINA, Y.; et al. Ciclos de inter cruzamiento y variabilidad genética en poblaciones de arroz. In: GUIMARÃES, E.P.(ed.), **Selección recorrente en arroz**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p.45-53 (Publicación CIAT, 267).

PAYNE, T.S. et al. Physiological changes associated with three cycles of recurrent selection for grain yield improvement in oats **Crop Science**, Madison, v. 26, p. 734-736, 1986

PEREIRA, M.B.; VENCOSKY, R. Limites da seleção recorrente: I. Fatores que afetam as frequências alélicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.7, p. 769-780, julho 1988.

PARLEVIET, J.E. ; VAN OMMEREN, A. Recurrent selection for grain yield in early generations of two barley populations. **Euphytica**, Wageningen, v.38, p.175-184, 1988.

PEDERSEN, D.G. Arguments against intermating before selection in a self-fertilized species. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 45, p. 157-162, 1974.

PIPER, T.E. ; FEHR, W.R. Yield improvement in a soybean population by utilizing alternative strategies of recurrent selection. **Crop Science**, Madison, v. 27, p.172-178, 1987.

POMERANKE, G.J.; STUTHMAN, D.D. Recurrent selection for increase grain yield in oat. **Crop Science**, Madison, v.32, p. 1184-1187, 1992.

PROHASKA, K.R. ; FEHR, W.R. Recurrent selection for resistance to iron deficiency in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 524-526, 1981.

RAMALHO, M.A.P. et al. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

RANGEL, P.H.N et al. Estimativas de parâmetros genéticos e resposta à seleção nas populações de arroz irrigado CNA-IRAT 4PR e CNA-IRAT 4ME. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 906-912, 1998.

RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura da aveia. Londrina, Paraná: Instituto Agrônomo do Paraná, 1999. 60p.

REYSACK, J.J et al. Recurrent selection in oat: stability of yield and changes in unselected traits. **Crop Science**, Madison, v. 33, p. 919-924, 1993.

RODRIGUEZ, R.E.S. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e de resposta à seleção recorrente na população de arroz irrigado CNA 1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 33, n. 5, p. 685-691, 1998.

ROONEY, W.L. et al. Evaluation of rapid cycle recurrent selection for early flowering in oat. **Crop Science**, Madison, v.35, n.3, p. 764-766, 1995.

ROSS, W.M.; MILLER, J.D. A comparison of hill and conventional yield tests using oats and spring barley. **Agronomy Journal**, Madison, v. 47, p. 253-255, 1955.

SEARLE, S.R. **Linear models**. New York: John Wiley & Sons, 1971. 532 p.

SIEGEL, S. **Estatística não paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 350 p.

SINGH, R.J. ; KOLB, F.L. Chromosomal interchanges in six hexaploid oat genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 726-729, 1991.

SIRIPOONWIWAT, W. et al. Chromosomal regions associated with quantitative traits in oat. **Journal of Quantitative Trait Loci**, v. 2 Article 3. Disponível em: <<http://probe.nalusda.gov:80000/otherdocs/jqtl/>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2000.

SIVELA, L ; DIEZ-BARRA, R. Recurrent selection in autogamous species under forced random mating. **Euphytica**, Wageningen, v. 38, p. 817-832, 1985.

STEEL, R.G.D; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics** – a biometrical approach. 2. Ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

SOUZA, E.; SORRELS, M.E. Relationships among 70 north american oat germplasms: I. Cluster analysis using quantitative characters. **Crop Science**, Madison, v.31, p. 599-605, 1991.

STUBER, C.W. ; MOLL, R.H. Frequency changes of isoenzyme alleles in a selection experiment for grain yield in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 337-340, 1972.

STUBER, C.W. et al. Alloenzyme frequency changes associated with selection grain yield in maize (*Zea mays* L.). **Genetics**, Baltimore, v. 95, p. 225-236, 1980.

STUBER, C.W. et al. Improvement of yield and ear number resulting from selection at alloenzyme *loci* in a maize population. **Crop Science**, Madison, v. 22, p. 737-740, 1982.

STUTHMAN, D.D. ; STUCKER, R.E., 1975. Combining ability of near-homozygous lines derived from a 12-parent cross in oats. **Crop Science**, Madison, v. 15, p. 800-803, 1975.

SUMARNO; FEHR, W.R. Response to recurrent selection for yield in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 22, p. 295-299, 1982.

VAN BEUNINGEN, L.T.; BUSH, R.H. Genetic diversity among north american spring wheat cultivars: II ancestor contributions to gene pools of different areas and regions. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 580-585, 1997.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.