

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

DETERMINAÇÃO DE CARACTERES ASSOCIADOS À QUALIDADE FÍSICA E
EFICIÊNCIA DE DESCASQUE DOS GRÃOS DE AVEIA (*Avena sativa* L.)

DIOVANE ANTONOW
ENGENHEIRO AGRÔNOMO/UNIJUÍ

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Ênfase Melhoramento e Biotecnologia Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Julho de 2013

CIP - Catalogação na Publicação

Antonow, Diovane
DETERMINAÇÃO DE CARACTERES ASSOCIADOS À QUALIDADE
FÍSICA E EFICIÊNCIA DE DESCASQUE DOS GRÃOS DE AVEIA
(Avena sativa L.) / Diovane Antonow. -- 2013.
161 f.

Orientador: Marcelo Teixeira Pacheco.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2013.

1. Rendimento industrial. 2. Peso do hectolitro.
3. Facilidade de descasque. 4. Porcentagem de
cariopse. 5. Cultivares de aveia. I. Pacheco,
Marcelo Teixeira, orient. II. Título.

DIOVANE ANTONOW
Engenheiro Agrônomo - UNIJUÍ

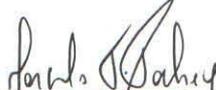
DISSERTAÇÃO

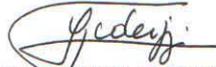
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

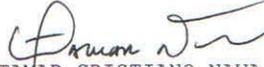
MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 09.07.2013
Pela Banca Examinadora

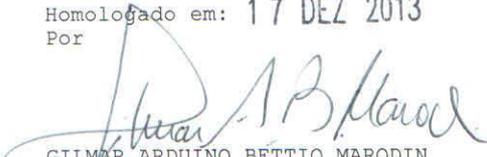

MARCELO TEIXEIRA PACHECO
Orientador - PPG Fitotecnia


LUIZ CARLOS FEDERIZZI
PPG Fitotecnia


ITAMAR CRISTIANO NAVA
PPG Fitotecnia


RENATA PEREIRA DA CRUZ
RiceTec

Homologado em: 17 DEZ 2013
Por


GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia


PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

DEDICATÓRIA

Ao meu irmão Diogo Antonow (*in memoriam*)
que sempre me apoiou e me incentivou para a
realização dos meus ideais, encorajando-me a enfrentar
todos os momentos difíceis da vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Ao professor Marcelo Teixeira Pacheco pela paciência na orientação, amizade, compreensão, dedicação e ensinamentos.

Aos professores Luiz Carlos Federizzi e Itamar Cristiano Nava pelos ensinamentos, pelo convívio, pelo apoio e pela amizade.

Aos meus pais, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Meu pai, Lucidio Antonow, por sempre me incentivar e encorajar nas decisões, pelo conhecimento e experiência de vida. Minha mãe, Beatriz Antonow, pelo eterno amor, apoio, carinho e dedicação.

À minha namorada Michele Helena Weller pela paciência e compreensão dos momentos de ausência, pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho sempre prestado.

Aos colegas de apartamento pela amizade e pela companhia nesses anos de mestrado.

Aos meus amigos do Departamento de Plantas de Lavoura e em especial aos colegas do grupo de pesquisa em aveia, Ana Paula Valentini, Kelly Pellizzaro, Sibila Nunes, Daniel Arthur Gaklik Waldow, Martim Severo e Márcio Arruda.

Aos funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura, Adriano, Miguel e Paulo, pela ajuda na Estação Experimental Agronômica.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

DETERMINAÇÃO DE CARACTERES ASSOCIADOS À QUALIDADE FÍSICA E EFICIÊNCIA DE DESCASQUE DOS GRÃOS DE AVEIA (*Avena sativa* L.)¹

Autor: Diovane Antonow

Orientador: Marcelo Teixeira Pacheco

RESUMO

A qualidade física dos grãos de aveia constitui caráter importante para a cultura, uma vez que determina o rendimento industrial de grãos em aveia, o qual é tão importante para a indústria de beneficiamento quanto o rendimento de grãos é para o agricultor. Entre as características relacionadas com a qualidade física de grãos em aveia destacam-se o peso do hectolitro, a porcentagem de grãos maiores que 2 mm e a porcentagem de cariopse. No Brasil, são poucos os trabalhos científicos que procuram estudar as relações entre os caracteres agronômicos e de qualidade física de grãos com caracteres associados à eficiência de descasque de grãos em aveia. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram caracterizar genótipos de aveia branca (*Avena sativa* L.) quanto a caracteres relacionados à qualidade física e eficiência de descasque de grãos, assim como entender as associações entre essas características com outros caracteres agronômicos e de grãos. Dois experimentos foram conduzidos nos anos de 2011 e 2012, em Eldorado do Sul, RS, sendo o primeiro composto por 29 cultivares de aveia branca, oriundas do Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS e duas cultivares de aveia norte americanas, adaptadas à região Sul do Brasil, e utilizadas como testemunhas. O segundo experimento foi composto por 45 linhagens e cinco cultivares testemunhas. Os componentes de variação experimental e médias foram estimados para os caracteres agronômicos e de qualidade física de grãos, bem como as associações entre esses caracteres. Houve diferença significativa entre os anos de cultivo para os dois experimentos, o caráter rendimento de grãos foi o mais variável entre anos e os caracteres relacionados ao tamanho do grão exibiram uma menor variação. As linhagens e cultivares desenvolvidas a partir da década de 1990 apresentaram valores mais elevados para os caracteres de qualidade de grãos e eficiência potencial de descasque. Sendo a cultivar URS Taura a mais estável para essas características, nos dois anos de experimento. Em geral, o peso do hectolitro foi o caráter com maior influência positiva sobre a porcentagem de cariopse, a eficiência potencial de descasque e a facilidade de descasque. Enquanto grãos de maior tamanho tenderam a apresentar menor eficiência potencial e facilidade de descasque. Genótipos de aveia superiores para esses dois caracteres de qualidade mostraram ser o resultados da combinação complexa de diferentes características associadas à qualidade dos grãos.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (147p.) Julho, 2013.

DETERMINATION OF TRAITS ASSOCIATED WITH PHYSICAL QUALITY AND DEHULLING EFFICIENCY OF OAT GRAINS (*Avena sativa* L.)²

Author: Diovane Antonow

Adviser: Marcelo Teixeira Pacheco

ABSTRACT

The physical quality of oat grains is an important trait to the crop for the reason that it determines the milling yield, which is as important for the grain millers as the grain yield is for the farmer. Among the traits related to the oat grain physical quality stand out the test weight, the percentage of grains larger than 2 mm and the caryopsis percentage. In Brazil, there are few scientific studies seeking to assess the relationships between agronomic traits and grain physical quality to grain dehulling efficiency on oats. Thus, the objectives of this study were to characterize oat genotypes (*Avena sativa* L.) regarding to traits related to grain physical quality and dehulling efficiency, as well as understand the associations between these traits with other agronomic and grain related traits. Two experiments were conducted in the years 2011 and 2012, in Eldorado do Sul, RS, the first one consisted of 29 oat cultivars derived from the UFRGS Oat Breeding Program and two North American oat cultivars, adapted to Southern Brazil, used as controls. The second experiment was composed by 45 oat lines and five oat cultivars. Experimental variation components and means were estimated for agronomic and grain physical quality traits, as well as the associations among these characters. Significant difference between the years of cultivation was detected for the two experiments, grain yield was the more variable trait between years and the traits related to grain size showed the lower variation. The oat lines and cultivars developed from the 1990s up showed higher values for the traits related to grain quality and dehulling efficiency. The oat cultivar URS Taura was the most stable genotype for these characteristics, in the two years of experimentation. In general, test weight was the trait with the largest positive influence on the percentage of caryopsis, the potential dehulling efficiency and dehulling facility. While larger grains tended to have lower dehulling potential efficiency and dehulling facility. Oat genotypes superior for these two grain quality traits showed to be the result of complex combination of different characteristics associated with grain quality.

² Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (147p.) July, 2013.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Hipóteses científicas	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 A cultura da aveia	5
2.2 Caracterização botânica	7
2.3 Melhoramento genético de aveia no Brasil	8
2.4 Qualidade física dos grãos de aveia branca	10
2.4.1 Uniformidade dos grãos	11
2.4.2 Peso de grão	14
2.4.3 Peso do hectolitro.....	15
2.4.4 Porcentagem de cariopse.....	17
2.5 Eficiência de descasque	19
2.6 Rendimento industrial.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Germoplasma utilizado.....	24
3.2 Experimento envolvendo as cultivares de aveia.....	24
3.3 Experimento envolvendo as linhagens de aveia	26
3.4 Implantação e condução dos experimentos a campo.....	27
3.5 Caracteres avaliados	29
3.5.1 Caracteres morfo-fisiológicos e de rendimento de grãos.....	29
3.5.2 Caracteres de qualidade física dos grãos.....	31
3.6 Análise Estatística.....	33
3.6.1 Estatística descritiva e análise da variância	33
3.6.2 Correlações fenotípicas	34

	Página
3.6.3 Análise de regressão linear múltipla	34
4 RESULTADOS	37
4.1 Experimento envolvendo cultivares de aveia	37
4.1.1 Caracterização agronômica, qualidade física e eficiência de descasque de grãos de cultivares de aveia	38
4.1.2 Associação entre caracteres agronômicos, de qualidade física e eficiência de descasque de grãos em cultivares de aveia	49
4.2 Experimento envolvendo linhagens de aveia branca.....	77
4.2.1 Caracterização agronômica, da qualidade física e eficiência de descasque de grãos em linhagens de aveia	78
4.2.2 Associação entre caracteres agronômicos, de qualidade física e eficiência de descasque de grãos em linhagens e aveia	86
5 DISCUSSÃO	103
6 CONCLUSÕES	137
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
8 VITA.....	147

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Genealogia e ano de obtenção das cultivares de aveia utilizadas no experimento.....	25
2. Genealogia e ano de obtenção dos genótipos de aveia utilizados no experimento.....	26
3. Valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos diferentes caracteres avaliados no experimento envolvendo as cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011.....	40
4. Ano de lançamento e médias de caracteres de rendimento de grãos, dias da emergência ao florescimento e relativos à qualidade física de grão das cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011.....	42
5. Valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos diferentes caracteres avaliados no experimento envolvendo as cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2012.....	45
6. Ano de lançamento e médias de caracteres de rendimento, dias da emergência ao florescimento e relativos à qualidade física de grão das cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2012.....	48
7. Correlação fenotípica entre componentes de qualidade física de grãos, em cultivares de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	50
8. Correlação fenotípica entre os componentes do rendimento de grãos, dias da emergência ao florescimento e caracteres de qualidade física dos grãos, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	52
9. Correlação fenotípica entre caracteres relacionados ao formato dos grãos, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	53
10. Correlação fenotípica entre rendimento de grãos, caracteres associados ao número de grãos por panícula e caracteres associados ao formato dos grãos, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	54
11. Correlação fenotípica entre o rendimento de grãos, componentes do rendimento de grãos e caracteres de qualidade física de grãos, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	55
12. Regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse (variável dependente) e caracteres de qualidade física do grão, a partir dos dados por parcela, originais e padronizados, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	57

	Página
13. Regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse (variável dependente) e caracteres de qualidade física de grãos, a partir das médias, dentro de cada ano, originais e padronizadas, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	60
14. Regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade física de grãos, com base nos dados por parcela, originais e padronizados, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	62
15. Regressão linear múltipla entre eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade física dos grãos, com base nas médias de cultivares originais e padronizadas, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	63
16. Estimativas dos coeficientes de regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física de grãos, para as cultivares com médias superiores a 95% da média da eficiência potencial de descasque da cultivar URS Taura, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	67
17. Regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física de grãos, considerando os dados das parcelas, originais e padronizados, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	73
18. Regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física dos grãos, com base nos dados médios das cultivares, dentro de cada ano, originais e padronizados. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	75
19. Valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos diferentes caracteres avaliados no experimento envolvendo as linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011.....	79
20. Ano de desenvolvimento e médias de rendimento de grãos, dias da emergência ao florescimento e caracteres relativos à qualidade física de grão dos genótipos avaliados no experimento envolvendo linhagens de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011.....	81
21. Valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos diferentes caracteres avaliados no experimento envolvendo as linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2012.....	83
22. Ano de desenvolvimento e médias de rendimento de grãos, dias da emergência ao florescimento e caracteres relativos à qualidade física de grão dos genótipos avaliados no experimento envolvendo linhagens de aveia branca. Eldorado do Sul, 2012.....	85
23. Correlação fenotípica entre caracteres associados à qualidade física de grãos, no experimento envolvendo linhagens de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	87

	Página
24. Correlação fenotípica entre rendimento de grãos, estatura de planta, dias da emergência ao florescimento e caracteres de qualidade física de grãos, no experimento envolvendo linhagens de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	89
25. Coeficientes de regressão linear múltipla da porcentagem de cariopse (variável dependente), estimados a partir de dados por parcela, originais e padronizados, no experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	91
26. Coeficientes de regressão linear múltipla da porcentagem de cariopse (variável dependente), estimados a partir das médias dos genótipos, dentro de cada ano, originais e padronizadas, no experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	93
27. Coeficientes de regressão linear múltipla da eficiência potencial de descasque (variável dependente), estimados a partir de dados por parcela, originais e padronizados, no experimento envolvendo linhagens de aveia Eldorado do Sul, 2011/2012.....	95
28. Coeficientes de regressão linear múltipla da eficiência potencial de descasque (variável dependente), estimados a partir das médias dos genótipos, dentro de cada ano, originais e padronizadas, no experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	98
29. Coeficientes de regressão linear múltipla da facilidade de descasque (variável dependente), estimados a partir de dados por parcela, originais e padronizados, no experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	100
30. Estimativa dos coeficientes de regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque para valores médios originais e padronizados. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	102

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. A – Foto de grão de aveia demonstrando lema e palea, adaptado de Hull characteristics as determinants of milling quality in oats (estudo não publicado); B - Representação esquemática das camadas que compõe o pericarpo, adaptado de < http://grain-gallery.de/en/oat/animations >; C - Representação esquemática do pericarpo do grão de aveia, adaptado de < http://grain-gallery.de/en/oat/images >.....	9
2. Regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse (variável dependente) e caracteres de qualidade física de grãos, com base nos dados por repetição, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	56
3. Regressões lineares simples, na média das cultivares de aveia, dentro de cada ano, da porcentagem de cariopse (variável dependente) com: A) Peso de mil grãos – PMG; B) Circularidade do grão; C) Comprimento do grão; D) peso do hectolitro – PH. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	58
4. Regressão linear múltipla, na média das cultivares de aveia, dentro de cada ano, entre a porcentagem de cariopse e caracteres de qualidade física de grãos. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	59
5. Regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade física de grãos, com base nos dados por parcela, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	61
6. Regressão linear múltipla, na média das cultivares, dentro de cada ano, entre a eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade de grãos. Eldorado do Sul, 2011 e 2012.....	63
7. Regressões lineares simples entre a eficiência potencial de descasque (variável dependente), considerando as cultivares que apresentam eficiência potencial de descasque superior a 95% da média da cultivar URS Taura, dentro de cada ano, com: A) Peso do hectolitro; B) Estatura de planta; C) Porcentagem de grãos maiores que dois mm; D) peso de mil grãos; E) largura do grão; F) perímetro do grão; G) Peso de grãos primários por panícula; H) Área do grão; I) Número de grãos primários por panícula; J) Circularidade do grão; L) Número de grãos secundários por panícula. Eldorado do Sul.....	65
8. Regressão linear múltipla, na média das cultivares, dentro de cada ano, entre a eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade física de grãos, para as cultivares com médias superiores a 95% da eficiência potencial de descasque média da cultivar URS Taura. Eldorado do Sul.....	66

9. Regressões lineares simples, em cultivares de aveia com média de eficiência de descasque inferiores a 90% do valor apresentado pela cultivar URS Taura entre a eficiência potencial de descasque (variável dependente) com: A) Peso do hectolitro – PH; B) Número de grãos secundários NGSec; C) Peso de mil grãos – PMG; C) Peso de grãos secundários. Eldorado do Sul, 2011/2012..... 68
10. Regressão linear simples entre a eficiência potencial de descasque na velocidade de rotação 1 (V1) e a eficiência potencial de descasque na velocidade de rotação 2 (V2), em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011... 70
11. Regressão linear múltipla entre facilidade de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física dos grãos, com base nos dados de parcelas das cultivares de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011/2012..... 72
12. Regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física dos grãos, na média das cultivares de aveia branca, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012..... 74
13. Grãos primários de cultivares de aveia apresentando: 1) elevada facilidade de descasque e elevado peso do hectolitro; 2) elevada facilidade de descasque e baixo peso do hectolitro; 3) baixa facilidade de descasque e elevado peso do hectolitro; 4) baixa facilidade de descasque e baixo peso do hectolitro. Eldorado do Sul..... 76
14. Associação entre valores de porcentagem de cariopse preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Análise utilizando dados por parcela. Eldorado do Sul, 2011/2012..... 89
15. Regressões lineares, utilizando médias de genótipos, dentro de cada ano, entre a porcentagem de cariopse (%Cariopse) e: A - Peso de mil grãos (PMG); B - Peso do hectolitro (PH). Eldorado do Sul, 2011/2012..... 91
16. Associação entre valores de porcentagem de cariopse preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Análise utilizando as médias de genótipo, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012..... 92
17. Associação entre valores de eficiência potencial de descasque preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Dados por parcela. Eldorado do Sul, 2011 e 2012..... 94
18. Regressões lineares simples entre a eficiência potencial de descasque com: A - Dias da emergência ao florescimento (DEF); B - Peso do hectolitro (PH); C - Peso de mil grãos (PMG). D – regressão linear entre o peso de mil grãos e número de dias da emergência ao florescimento; E – regressão linear entre o peso do hectolitro e o número de dias da emergência ao florescimento. Estimativas utilizando as médias dos genótipos, dentro de cada ano, do experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011 e 2012..... 96
19. Associação entre valores de eficiência potencial de descasque preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Análise utilizando as médias de genótipo, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012..... 97

	Página
20. Associação entre valores de facilidade de descasque preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Dados por parcela. Eldorado do Sul, 2011/2012.....	99
21. Regressões lineares simples entre a facilidade de descasque e: A – Dias da emergência ao florescimento; B – Porcentagem de grãos maiores que dois milímetros. C – Associação entre o peso do hectolitro e os dias da emergência ao florescimento. Análise com as médias dos genótipos, dentro de cada ano, do experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012...	100
22. Associação entre valores de facilidade de descasque preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Análise utilizando as médias de genótipo, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011 e 2012.....	101

1 INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) originária da região da Ásia Menor foi introduzida na Europa como uma espécie invasora dos campos de trigo e cevada e com a migração das áreas de cultivo para regiões nórdicas de clima frio foi então domesticada e utilizada como cultura alternativa. Hoje aveia está classificada como sexto cereal mais cultivado do mundo, sendo que os maiores produtores deste cereal estão concentrados em áreas de clima temperado e úmido, principalmente na América do Norte e Europa.

A introdução da aveia no Brasil se deu pelos estados do Sul através dos países do chamado Prata e, por muito tempo, esta espécie foi utilizada somente na alimentação animal, através dos grãos e da forragem. Por volta dos anos 80, teve início um intenso processo de melhoramento genético deste cereal objetivando viabilizar sua introdução no sistema de cultivo, por meio da redução dos problemas de adaptação, principalmente relacionados ao longo ciclo e elevada estatura, o que resultavam em acamamento e em baixo rendimento e baixa qualidade de grãos.

Atualmente os genótipos de aveia branca cultivados no Brasil apresentam excelente adaptação, além de elevado rendimento e qualidade de grãos. E pelo seu grande número de possibilidades de uso, tanto na alimentação animal quanto na alimentação humana e na indústria de cosméticos, além da grande demanda comercial o cultivo deste cereal no Brasil, ao contrário do restante do mundo, vem crescendo.

A alimentação humana é um dos principais usos da aveia branca e a busca por alimentos mais saudáveis tem aumentado a demanda por este cereal. Contudo para serem utilizados na alimentação humana, os grãos de aveia devem ser necessariamente processados pela indústria, o qual consiste na limpeza, classificação, descasque (retirada da palea e lema) e separação entre casca e cariopse, sendo o maior rendimento de cariopse é dos principais objetivos do processamento. Assim, a quantidade de cariopse resultante desse processo é denominada rendimento industrial ou rendimento de moagem.

Para que o rendimento industrial seja elevado é necessário que os grãos de aveia possuam uma alta qualidade física, sendo esta, determinada por uma série de características morfológicas e físicas do grão. Tais como, tamanho uniforme de grãos, peso de grão elevado e alta relação cariopse/casca. Outro aspecto importante a se considerar é a eficiência de descasque, ou seja, a quantidade de grãos descascados com uma passada pelo descascador. Grãos que descascam mais facilmente aumentam a eficiência do processamento.

Existe diferença entre as cultivares modernas de aveia, disponíveis aos agricultores brasileiros, com relação à qualidade física e eficiência de descasque de grãos. Essas diferenças não têm sido completamente aferidas pela pesquisa científica, principalmente quanto à eficiência de descasque. A provável razão para o menor interesse dos órgãos de pesquisa na área pode estar na falta de demanda por parte da indústria, principal interessada nos aspectos de qualidade física e de descasque.

A maioria das indústrias processadoras de aveia não leva essas diferenças em consideração, não fazendo distinção entre as diferentes cultivares que chegam para processamento. Para o recebimento, as indústrias como um todo, exigem apenas que o lote de aveia possua elevado peso de hectolitro e alta porcentagem de grãos maiores que

2 mm, o que garante uma qualidade física mínima no processamento, mas não configura a situação ideal.

A caracterização quanto a outras características de qualidade física e eficiência de descasque de grãos possibilitaria a melhor distinção entre as cultivares com relação a essas características. O que permite a indústria de processamento de aveia, indicar ao produtor a cultivar com os melhores aspectos de qualidade física e eficiência de descasque dos grãos e uniformizar o processamento. Outro aspecto importante consiste em entender como a qualidade física e eficiência de descasque dos grãos de aveia branca é formada. Tais estudos são de grande valia para o melhoramento genético desse cereal, assim como, para as empresas envolvidas no processamento de aveia no Brasil. Os programas de melhoramento podem desenvolver critérios de seleção que propiciem a escolha de genótipos com maior qualidade física de grãos, adequados para a indústria de processamento de aveia.

1.1 Hipóteses científicas

- Existem diferenças entre cultivares quanto à qualidade física de grãos, porcentagem de cariopse e de eficiência de descasque em aveia branca.
- Grãos com maior área e com formato mais circular são altamente associados com a eficiência de descasque.
- Genótipos que possuem grãos com maior comprimento e mais estreitos apresentam reduzida porcentagem de cariopse e menor eficiência de descasque.
- Genótipos que apresentem rendimento de grãos e peso do hectolitro elevados possuem uma porcentagem de cariopse superior.
- O ciclo vegetativo e o peso de grãos são positivamente associados com a porcentagem de cariopse.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Caracterizar genótipos de aveia branca (*Avena sativa* L.) quanto a caracteres relacionados à qualidade física e eficiência de descasque de grãos e distinguir associações entre essas características.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar linhagens e cultivares de aveia do Programa de Melhoramento Genético da UFRGS quanto à qualidade física de grãos.
- Estimar as associações entre caracteres agronômicos, tais como, ciclo vegetativo, estatura e caracteres de panícula com a qualidade física dos grãos e eficiência de descasque.
- Estudar as relações entre caracteres de qualidade física dos grãos, como tamanho, peso de mil grãos e peso do hectolitro com a percentagem de cariopses e eficiência de descasque.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da aveia

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é uma espécie de clima temperado, tem como prováveis centros de origem a Ásia Menor ou o Norte da África, inicialmente encontrada como invasora dos cultivos de trigo e cevada (Coffman, 1961; Allard, 1971). Devido a sua diversidade possui ampla adaptação geográfica, sendo cultivada em diferentes locais no mundo (Coffman, 1961 e 1977). No Brasil, a aveia consiste em uma importante espécie para cultivo na estação fria da região Sul do país, apresenta um grande número de possibilidades de uso, tanto na cobertura de solo e produção de forragem, quanto na produção de grãos constituindo uma opção para a rotação com as culturas do trigo e da cevada.

A aveia é classificada como sexto colocado na produção mundial de cereais, atrás do trigo, milho, cevada, arroz e sorgo e a maior distribuição e cultivo está concentrada em áreas de clima temperado e úmido, na América do Norte, Europa e Rússia (Murphy & Hoffman, 1992). A produção mundial na safra 2011 foi de 22,5 milhões de toneladas, sendo a Rússia o maior produtor mundial com 5,33 milhões de toneladas, logo atrás está o Canadá (2,99 milhões t), Polônia (1,38 milhões t), Finlândia (1,1 milhões t) e Espanha (1,07 milhões t) (FAOSTAT, 2013).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013), a produção brasileira de aveia em grão na safra do ano de 2013 é estimada em 360,7 mil toneladas,

e o Rio Grande do Sul será o estado com maior produção deste cereal, com estimativa de 211,8 mil toneladas para o mesmo ano. No país a área semeada será em torno de 168,7 mil hectares, com média de produtividade de 2138 kg/ha. Ainda de acordo com a CONAB (2013) existe uma previsão de crescimento de 10,3% na área semeada e de 2% na produção de grãos deste cereal para safra de 2013, comparada com a safra 2012.

A cultura da aveia branca consiste em uma alternativa adequada para o sistema de plantio direto, pela sua elevada relação carbono/nitrogênio, que proporciona uma menor velocidade de decomposição da palhada permitindo que o solo fique coberto por mais tempo, sendo que a inclusão desta espécie nos sistemas de produção propicia melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Federizzi *et al.*, 1995). Além disso esta espécie, por ser resistente a maioria das moléstias que atacam as culturas do trigo e cevada, consiste em uma interessante alternativa para a rotação de culturas na estação, atuando na redução de moléstias e pragas que atacam essas culturas, e ainda possui ação alelopática, proporcionando o controle de plantas daninhas (Borges *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2012).

A aveia ainda pode ser utilizada na alimentação animal como forrageira anual, a qual apresenta um bom perfilhamento e uma alta produção de forragem por unidade de área, além de alta palatabilidade, valor nutritivo, resistência ao pisoteio e baixo custo de produção (Macari *et al.*, 2006). Tendo grande importância para pecuária em geral, sendo utilizada como pastagens hibernais aos animais, a aveia é uma excelente alternativa para a produção de feno de ótima qualidade e alto valor nutricional, pode também ser utilizado na forma de ensilagem.

Na alimentação humana, a aveia é consumida, principalmente, na forma de flocos e de farinha. De acordo com Ali *et al.* (1986), pequenas quantidades deste cereal, quando inseridas na alimentação diária, têm a propriedade de reduzir o nível de

colesterol no sangue, devido à alta concentração de fibras solúveis (*beta-glicanas*). A aveia na alimentação humana também tem a propriedade de melhorar a digestão e diminuir a pressão sanguínea, reduzindo a probabilidade de doenças do coração (Liu *et al.*, 1982).

2.2 Caracterização botânica

As aveias em geral formam uma série poliplóide onde ocorrem espécies diplóides, tetraplóides e hexaplóides, apresentam um número básico de cromossomos igual a sete, pertencem à família *Poaceae*, subfamília *Poideae*, tribo *Aveneae* e gênero *Avena*. A aveia branca (*Avena sativa* L.) é uma espécie alohexaplóide com $2n = 6x = 42$ cromossomos, combinando os genomas AACDD de três espécies ancestrais diplóides (Thomas, 1992).

Consiste em uma gramínea com crescimento cespitoso, podendo ultrapassar além de um metro (FAO, 2006) Apresenta ciclo anual, possui colmos lisos e eretos formados por bainhas foliares. O sistema radicular é fibroso e fasciculado, com raízes seminais e adventícias. Os colmos são cilíndricos e eretos, compostos de nós e entrenós e relativamente cheios durante o período vegetativo. As folhas são constituídas por uma lâmina plana, pecíolo e bainha provida de lígula.

A inflorescência é uma panícula piramidal, terminal, aberta e composta de ráquila, ráquis e espiguetas que contêm de um a três grãos. O grão é um fruto tipo cariopse (Leonard & Martin, 1963), sendo esse termo usado para designar grãos pequenos, secos, indeiscentes, com semente única por fruto e com uma fina camada de pericarpo (Hoseney, 1994). Embora, na maioria das espécies de aveia, a lema e a palea permanecem aderidas ao grãos após a colheita (FAO, 2006), grãos nus também são produzidos em espécies como *Avena nuda* L. A cariopse de aveia é semicilíndrica e

aguda nas extremidades (Hoseney, 1994). A cariopse se desenvolve dentro de coberturas florais que formam parte da palha, chamadas de lema e a palea (Figura 1-A). As quais envolvem as cariopses tão firmemente que permanecem aderidas a elas após a colheita, constituindo a casca dos grãos de aveia (Hoseney, 1991). Desta forma, o grão é formado pela cariopse mais a casca, sendo que a cariopse representa aproximadamente 65% a 75% do grão, enquanto as cascas os restantes 25% a 35% (Hoseney, 1991).

Do ponto de vista morfológico, a cariopse de aveia pode ser dividida em duas partes principais, pericarpo e semente. O pericarpo é composto pelas camadas de epiderme, hipoderme, células cruzadas e células tubulares (Figuras 1-B e 1-C). A semente é formada pelo endosperma e pelo germe, os quais estão recobertos pelas camadas de testa, hialina e aleurona (Hoseney, 1991).

Os grãos de aveia estão comportados dentro de uma espiguetta, a qual pode conter até três grãos, o maior é chamado o grão primário e o menor terciário, o tamanho do grão diminui em ordem crescente na espiguetta onde grãos terciários são geralmente de tamanho reduzido (Doehlert *et al.*, 2002; Gates, 2007).

2.3 Melhoramento genético de aveia no Brasil

No Sul do Brasil, a aveia é uma das principais culturas utilizadas na estação fria, isso em virtude de um intenso esforço de melhoramento genético da cultura, que viabilizou a introdução da cultura no sistema de semeadura direta.

Até a década de 80, as principais variedades de aveia cultivadas eram provenientes dos Estados Unidos ou Argentina e apresentavam problemas de adaptação ao ambiente brasileiro, principalmente por apresentarem longo ciclo de cultivo e elevada estatura, o que resultava no acamamento de plantas, no baixo rendimento de grãos e na baixa qualidade do produto (Federizzi & Pacheco, 2009).

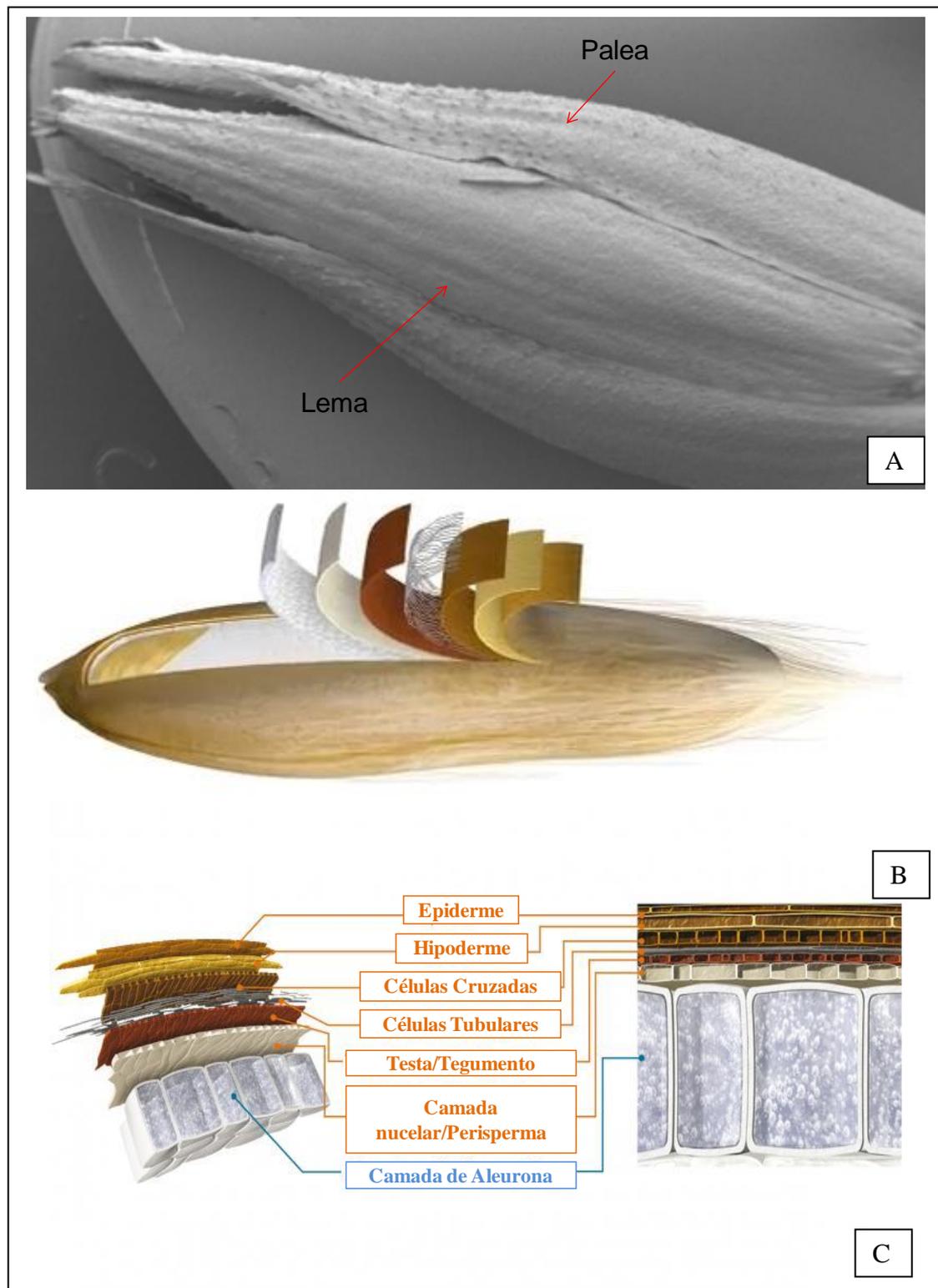


FIGURA 1. A – Foto de grão de aveia demonstrando lema e palea, adaptado de Hull characteristics as determinants of milling quality in oats (estudo não publicado); B - Representação esquemática das camadas que compõe o pericarpo, adaptado de Kampffmeyer, 2013a; C - Representação esquemática do pericarpo do grão de aveia, adaptado de Kampffmeyer, 2013b.

Foi com este cenário, que em 1974 teve início na Universidade Federal do Rio Grande do Sul o Programa de Melhoramento Genético de Aveia, que tinha o objetivo principal de transformar a aveia branca de uma planta produtora de forragem em uma produtora de grãos de alta qualidade. A introdução de populações segregantes, vindas dos EUA, possibilitou a realização dos primeiros cruzamentos intraespecíficos. Sendo as características de estatura de planta, rendimento de grãos, ciclo, tolerância ao alumínio tóxico (Al^{3+}), resistência a doenças, bem como, uniformidade e qualidade de grãos as que receberam maior atenção no programa de melhoramento (Federizzi & Pacheco, 2009).

Segundo Barbosa Neto *et al.* (2000), em estudo analisando o progresso genético de cultivares de aveia no Brasil, o maior ganho genético, no período entre 1968 e 1996, ocorreu para as características de ciclo vegetativo, rendimento de grãos, peso do hectolitro e peso de grãos, indicando que os programas de melhoramento foram eficientes em produzir novas cultivares com maior rendimento e qualidade de grãos. Contudo, os mesmos autores relatam que o patamar máximo para melhoramento dessa espécie ainda não foi atingido, o que permitiria a obtenção de maiores ganhos genéticos nos próximos anos de melhoramento.

2.4 Qualidade física dos grãos de aveia branca

A qualidade física de grãos é fator muito importante no processamento dos grãos de aveia para consumo humano, sendo o descasque dos grãos, variável que depende da qualidade física dos grãos, uma etapa fundamental neste processo. O descasque consiste na separação entre a casca e a cariopse de aveia, realizado através de descascadores

mecânicos, dos quais a indústria utiliza dois tipos principais, os de ar comprimido e os de impacto (Ganssamann & Vorwerck, 1995).

A qualidade física de grãos está relacionada a aspectos morfológicos do grão, sendo essencial para que os grãos possuam alta qualidade física, serem bem desenvolvidos e de tamanho uniforme. O comprimento e a largura são as duas medidas básicas que podem definir o tamanho do grão (Cabral *et al.*, 2001). Segundo Doehlert *et al.*, (2001) as características mais comumente usadas para descrever qualidade em aveia incluem a uniformidade de grãos, peso de grãos e peso hectolitro, além da porcentagem de cariopses. Desta forma, serão explicados a seguir os caracteres que são responsáveis pela qualidade física de grãos em aveia.

2.4.1 Uniformidade dos grãos

O tamanho do grão de aveia não uniforme, devido ao hábito multiflora da espiguetas de aveia, espiguetas de aveia podem conter, normalmente, um, dois ou três grãos que são classificados em primários, secundários e terciários quanto à posição na espiguetas (Doehlert *et al.*, 2006). O grão mais externo, chamado de grão primário, é o maior, sendo que a massa e o tamanho dos grãos diminuem conforme os grãos secundários e terciários vão surgindo na espiguetas. Doehlert *et al.* (2002) relatam que, normalmente, os grãos primários são maiores do que os secundários, todavia, em espiguetas onde existem apenas dois grãos, em geral, não há diferença significativa entre grãos primários e secundários.

A determinação do caráter tamanho dos grãos de aveia é afetado principalmente pelo tipo de grão (primário, secundário e terciário), genótipo, ambiente e posição na panícula (Doehlert *et al.*, 2006). Condições favoráveis durante o enchimento de grãos podem permitir o enchimento completo das espiguetas disponíveis, resultando em grãos

maiores e uma maior frequência de grãos terciários (Doehlert *et al.*, 2006). Desta forma, a ocorrência de grãos terciários é dependente de fatores ambientais, que alteram o suprimento de reservas da planta para o enchimento dos grãos. Se existir uma oferta suficiente de nutrientes para enchimento dos grãos, além de uma massa mínima, para os grãos primários e secundários, o enchimento de grãos terciários pode ser iniciado (Symons & Fulcher, 1988). Isto pode ser demonstrado pela maior frequência de espiguetas com um único grão em ambientes com menor potencial de enchimento de grãos (Doehlert *et al.*, 2006).

Quanto maior a uniformidade para o tamanho de grãos primários e secundários, maior será o rendimento industrial, que é a porcentagem de flocos que são produzidos a partir de grãos com casca (Crancio *et al.*, 2001) . Ainda, a proporção entre os três tipos de grãos na espiguetas de aveia (primários, secundários e terciários) é indicativo da sua qualidade industrial (Alves & Kist, 2010). Uma vez que os grãos terciários são menores e mais leves que os primários e secundários a presença de grãos terciários contribui para a heterogeneidade do lote de grãos e, por consequência, para a redução da qualidade dos mesmos (Bothona, 1997; Alves & Kist, 2010).

Os grãos primários, secundários e terciários possuem alta correlação em aveia branca, no entanto, correlações mais elevadas são encontradas entre grãos primários e secundários (Bothona *et al.*, 1999). Consequentemente, baixas correlações entre grãos terciários com os outros tipos de grãos indicam que a seleção contra estes grãos pode levar à obtenção de genótipos com maior uniformidade para tamanho de grãos (Alves & Kist, 2010). O aumento da uniformidade dos grãos contribuiria para a sua maior qualidade física, principalmente no momento do descasque. Isso porque grãos menores, em comparação com os maiores, necessitam de maior força de impacto para obter a mesma eficiência de descasque (Doehlert *et al.*, 2004).

Uma excelente ferramenta para a avaliação das diferenças de tamanho nos grãos de aveia é a “porcentagem de peneira”, a qual consiste na proporção de grãos que ficam retidos na peneira de malha de dois milímetros, também chamada de porcentagem de grãos maiores que 2 mm (Floss, 2002). O percentual de grãos maiores que 2 mm pode estar associado com o rendimento industrial de grãos. Desta forma, para que se tenham genótipos com alta qualidade de grãos é fundamental que se atente para essa característica nos programas de melhoramento. Medidas de espessura do grão também são descritos por Doehlert *et al.* (2004), que avaliaram a distribuição do tamanho dos grãos de aveia através do peneiramento sequencial em peneiras oblongas de 3,18, 2,58, 2,38 e 1,98 milímetros, permitindo classificar os grãos em cinco classes distintas, “muito grande”, “grande”, “médio” e “pequeno” respectivamente. E aqueles grãos que passassem através da malha de 1,98 milímetros eram classificados como “muito pequeno”. Esta classificação permite o cálculo de um “índice de uniformidade”, obtido através das massas dos grãos contidos em cada classe. O referido índice pode ajudar a avaliar de maneira mais eficaz genótipos de aveia, com relação a diferenças de tamanho dos grãos (Doehlert *et al.*, 2002).

Outra ferramenta importante para avaliar a uniformidade dos grãos de aveia consiste na análise dos grãos através de *softwares* de análise de imagens digitais (Doehlert *et al.*, 2002). Segundo Cabral *et al.* (2001), as medidas tamanho e formato dos grãos anteriormente eram realizadas por meio de paquímetro ou sobre projeções de sombra do grão sobre papel milimetrado, processos demorados e de pouca precisão. Com desenvolvimento de análises de imagens digitalizadas é possível analisar caracteres morfológicos com mais precisão. A imagem é captada por meio de um instrumento de aquisição de imagens digitais e transferida para um computador, que a partir de um *software* de análise de imagens possibilita uma série de medidas, de modo

rápido e preciso (Bothona, 1997). Uma dessas medidas consiste na relação grão/casca, que influencia o rendimento industrial e segundo Bothona *et al.* (1999) pode ser estudada através da análise de imagens de grãos com e sem casca. Para Doehlert *et al.* (2004) a análise de imagens digitais é uma excelente ferramenta para a avaliação do tamanho dos grãos, entre outros motivos, por apresentar alta precisão na análise dos dados.

2.4.2 Peso de grão

A massa média de grãos é um componente do rendimento de grãos e está diretamente relacionada com o mesmo (Martins, 2009). Correlações positivas entre o percentual de cariopse com o peso de grão, peso do hectolitro e rendimento de grãos foram relatadas por Doehlert *et al.* (2001). A maior massa média de grãos está positivamente correlacionada com a maior porcentagem de grãos de tamanho médio a grandes (Doehlert *et al.*, 2004).

Analisando o tamanho dos grãos de aveia, Doehlert *et al.* (2006) verificaram correlações positivas da área do grão com o comprimento, largura e perímetro do grão, com e sem casca. Assim, a área do grão pode ser considerada uma característica que representa, de forma geral, o tamanho do grão. E ainda, segundo os mesmos autores, o principal fator que afeta o tamanho e a massa do grão em aveia é o tipo de grão, ou seja, se é primário, secundário ou terciário.

Analisando a herança genética do peso de grãos primários e secundários em linhagens segregantes de aveia Cabral *et al.* (2002), verificaram alta herdabilidade para peso de grãos primários, sugerindo que esse caráter pode ser facilmente selecionado. Ainda de acordo com o mesmo autor o caráter peso dos grãos apresenta herança

genética mais simples que rendimento de grãos, sendo sugerido como um critério de seleção indireta para aumentar o potencial de produtividade de grãos.

2.4.3 Peso do hectolitro

O peso do hectolitro consiste em um importante método de análise da qualidade física de grãos em cereais, bem como, para a aveia branca. De acordo com Forsberg & Reeves, (1992) o peso do hectolitro é o teste mais comumente usado para avaliar qualidade em aveia, sendo normalmente utilizado no lugar da porcentagem de cariopse, pois esta é uma determinação demorada, uma vez que é feita manualmente ou com auxílio de equipamentos especiais, dificultando sua realização em amostras comerciais (Browne *et al.*, 2003). O peso do hectolitro consiste em uma medida da densidade dos grãos de aveia e como eles são condicionados em um determinado volume, corrigido para a massa de grãos que é comportada em 100 litros.

O tamanho da cariopse em relação ao tamanho do grão de aveia pode influenciar o peso do hectolitro, uma vez que a cariopse é mais densa do que a casca da aveia, dessa maneira, aveia com tamanho maior de cariopse em relação ao grão pode ter maior peso do hectolitro (Doehlert *et al.*, 2001 e 2006). Também, correlações positivas foram encontradas entre peso do hectolitro, peso médio de grãos e a porcentagem de cariopse (Doehlert *et al.*, 2009a). Em cevada, Walker & Panozsoa (2011) encontraram associações positivas entre os caracteres densidade do grão e peso do hectolitro.

O peso do hectolitro pode ser afetado principalmente por dois fatores, o primeiro é relativo à densidade do grão e o segundo à sua capacidade de acomodação. A densidade de grãos é igual à massa média do grão dividida pelo volume médio dos grãos individuais. Já a acomodação dos grãos é determinada pelo espaço entre os grãos quando são acondicionados em um recipiente. O fator de acomodação dos grãos pode

ser convenientemente expresso como uma relação de espaço intersticial ou a razão entre o volume intersticial e o volume total (Doehlert *et al.*, 2006).

De acordo com os resultados de Doehlert *et al.* (2006), a área da imagem de grão de aveia é cerca do dobro da cariopse, se for considerado que a casca compõe algumas das diferenças de tamanho, o restante pode ser constituído por espaços vazios dentro do grão. Esses espaços vazios podem contribuir para baixar o peso do hectolitro em aveia. Os valores elevados de correlação entre a proporção da largura pelo comprimento dos grãos de aveia e o peso do hectolitro foi verificada por Symons & Fulcher (1988). Os mesmos autores também sugeriram que quanto mais similares forem a largura e comprimento, assim, os grãos em um formato mais esférico, mais eficientemente os grãos poderiam ser acomodados. Resultados semelhantes foram encontrados por Doehlert *et al.* (2006), os quais encontraram uma correlação significativa da relação entre largura e comprimento do grão com o peso do hectolitro.

Pelo fato de constituir um caráter diretamente ligado a qualidade de grãos e por ser de fácil medição, o peso do hectolitro tem sido utilizado pelos programas brasileiros de melhoramento de aveia branca como forma de desenvolver genótipos de elevada qualidade física de grãos, caracterizados por apresentar grãos grandes, uniformes e com massa elevada (Federizzi *et al.*, 2005).

Prova disso é que o peso do hectolitro em décadas passadas, em anos bastante favoráveis para a cultura da aveia, ficava ao redor de 44 kg/hl, valor que não pode se comparar diretamente com os dados de hoje, ao redor de 53 a 55 kg/hl, uma vez que, agora os grãos são desaristados, processo não empregado antigamente (Federizzi, 2002). Porém, segundo Barbosa Neto *et al.* (1996) houve um aumento de 124,2% no peso do hectolitro, correspondente a 0,92 kg/hl/ano, nas variedades lançadas comercialmente entre o início da década de 1980 e início da década 1990.1

Na análise conjunta do ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca do ano de 2011, foi encontrado que o peso do hectolitro dos genótipos superiores para esse caráter ficou acima de 55,5 kg/hl, nos ambientes mais favoráveis ao enchimento dos grãos, com destaque para cultivar URS Penca que apresentou peso do hectolitro de 59,4 kg/hl para o ambiente de Passo Fundo (Lângaro *et al.*, 2012).

2.4.4 Porcentagem de cariopse

Os grãos de aveia são formados em grande parte pela cariopse e pela casca (palea e lema), que envolve a cariopse (White, 1995). Para consumo humano as aveias (exceto aveias nudas), necessitam ser descascadas. O rendimento de descasque, que consiste na quantidade física de cariopses resultantes desse processo de descasque a partir de uma amostra de grãos de aveia, é chamado também de porcentagem de cariopses. A porcentagem de cariopse é considerada o principal fator que afeta o rendimento de moagem, que representa o rendimento econômico de uma amostra de grãos (Doehlert *et al.*, 2010). O rendimento de moagem é a quantidade de flocos produzidos a partir de uma amostra de grãos com casca. Em teoria, a porcentagem de cariopse (PC) consiste na relação entre a massa das cariopses (MC) e massa dos grãos de (MG), sendo calculada através da equação (Doehlert *et al.*, 2009b):

$$PC = \frac{MC}{MG} \times 100$$

A porcentagem de cariopses tem sido considerada, por muitos, mais importante do que o peso do hectolitro para a avaliação de qualidade de grãos em aveia, uma vez que fornece uma estimativa mais precisa do valor econômico da amostra de grãos de aveia (Bartley & Weiss 1951). Segundo Kurek *et al.* (2002), grãos pesados, com alto percentual de cariopse, constituem interesse primordial para a indústria. A medição dessa característica dá-se de duas maneiras principais, a primeira é através do descasque

manual e a segunda pelo descasque mecânico. Entre os descascadores mecânicos existem os de ar comprimido e os de impacto (Ganssamann & Vorwerck, 1995). No entanto, o percentual de cariopse é significativamente mais difícil de ser medido com precisão, do que a massa dos grãos e peso do hectolitro (Doehlert *et al.*, 1999).

Por esse motivo os melhoristas utilizam alternativas para seleção daqueles caracteres que são de difícil medição, essa alternativa consiste na seleção indireta através de características que sejam de mais fácil aferição e que estejam altamente associadas àquelas de interesse. Neste contexto uma maneira de selecionar materiais para com uma maior porcentagem de cariopse seria através de características altamente associadas à mesma. Segundo Doehlert *et al.* (2004; 2009a) o peso do hectolitro é positivamente associado com a porcentagem de cariopses. Ao contrário do percentual de casca do grão que é negativamente correlacionado com a porcentagem de cariopses.

Outra importante variável a ser observada para a seleção indireta é o comprimento de grão, o qual apresenta uma correlação negativa com a porcentagem de cariopse, bem como, com o peso do hectolitro, assim, grãos mais compridos possuem uma menor quantidade de cariopse, muito possivelmente em função da maior quantidade de casca nestes grãos (Doehlert *et al.*, 2009a). De acordo com o mesmo autor, variedades que apresentem grãos de aveia mais circulares, tendem a ter maiores porcentagens de cariopse.

Segundo Kurek *et al.* (2002), o que sustenta a seleção indireta para porcentagem de cariopse é o fato de que, mesmo sofrendo considerável influência do ambiente na sua expressão fenotípica, a porcentagem de cariopse é um caráter altamente herdável. Ainda de acordo com o mesmo autor, estimativas de herdabilidade no sentido amplo variaram de 63 a 74% com média de 66% e de 41 a 98% no sentido restrito, tendo a média também igual a 66%.

2.5 Eficiência de descasque

Como já citado anteriormente o grão de aveia é formado pela cariopse mais a casca, a qual é formada por duas partes distintas, a lema e a palea, que englobam a cariopse (White, 1995). Para fins de alimentação humana, a aveia, diferentemente dos demais cereais, é consumida na forma integral, sendo eliminada somente a casca no processamento, que representa aproximadamente 25% a 35% do grão de aveia (Hoseney, 1991).

O descasque dos grãos de aveia consiste na separação da casca da cariopse. Os mecanismos analíticos utilizados para o descasque mecânico dos grãos de aveia incluem o descascador de ar comprimido e também o descascador de impacto, porém o mecanismo de descasque por impacto é o mais usado comercialmente (Ganssamann & Vorwerck, 1995). O descascador por impacto consiste em um rotor que gira em alta velocidade, o qual arremessa os grãos de aveia contra as paredes ásperas do equipamento. Após atingirem a parede, a força do impacto provoca a ruptura da casca e a liberação da cariopse, então as cascas são separadas das cariopses por aspiração. Em termos de descascamento por impacto, a literatura enfoca eficiência de descasque como a porcentagem de aveia descascada resultante de apenas uma passada na máquina de descasque (Ganssamann & Vorwerck, 1995).

De acordo com Doehlert *et al.* (2010), a eficiência de descasque (ED) pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$ED = \frac{[MGI - (GR \times FUG)]}{MGI} \times 100$$

Onde: MGI é a massa da amostra de grãos inteiros que será descascada, GR é a massa de grãos resistentes ao descasque e FUG é o fator de correção da umidade do grão.

A morfologia do grão de aveia e o conteúdo da casca (a porcentagem de massa de aveia que é casca) afetam a eficiência de descasque. No entanto, a proporção de cariopse e casca é influenciada pelas condições ambientais e pelo genótipo. Embora grande parte da variação no descasque seja determinado pela cultivar, esta pode variar entre locais e anos (Browne *et al.*, 2002).

Outro componente importante a considerar no processo de descasque da aveia, quando se trabalha com descascador de impacto, é o tamanho dos grãos. Em geral grãos menores exigem maior velocidade do rotor para alcançar a mesma eficiência de descasque, quando comparados com grãos grandes (Doehlert & Wiessenborn, 2007). Isso acontece porque um grão de aveia com maior massa possuirá mais energia no impacto com as paredes do descascador, em comparação com grãos menores de aveia, mantendo a mesma velocidade do rotor. Dessa forma, grãos terciários necessitam de maior velocidade no descasque em comparação aos grãos secundários e primários (Engleson & Fulcher, 2002).

A eficiência de descasque também é dependente do conteúdo de umidade do grão, onde o aumento do teor de umidade diminui a eficiência descasque, e aumenta a resistência da aveia para danos causados por impactos (Doehlert *et al.*, 1999). Da mesma maneira, cascas mais finas estão associadas à maior eficiência de descasque, porém ofereceram menor proteção aos grãos durante o descasque, o que leva à maior porcentagem de grãos quebrados (Doehlert *et al.*, 1999).

Os danos causados pelo impacto nas paredes do descascador promovem efeitos negativos sobre o rendimento de moagem e qualidade do produto acabado (Engleson & Fulcher, 2002). Estes danos podem resultar na quebra da cariopse, em função de aplicação de energia mecânica excessiva no descascamento dos grãos de aveia,

enquanto que aplicação de energia insuficiente resultará em menor eficiência de descasque (Doehlert *et al.*, 2006).

De acordo com Symons & Fulcher (1988), a proporção de dano nas cariopses está linearmente relacionada ao peso do grão, essa proporcionalidade parece ser função da variação no tamanho e peso da cariopse e/ou casca. Certas características da cariopse e da casca podem prevenir danos, porém, essas características não estão completamente identificadas. Ao analisar os danos do descasque, Doehlert *et al.* (1999) relataram uma correlação positiva entre o dano na cariopse, causado pelo descascamento por impacto, com a massa de cariopse.

2.6 Rendimento industrial

O rendimento industrial consiste na quantidade final de produto obtida no processamento dos grãos de aveia envolvendo as etapas de limpeza, classificação, descasque e separação entre casca e cariopse (Ganssamann & Vorwerck, 1995). Quanto menor for a diferença entre a quantidade de cariopses obtida no final do processo em relação à quantidade total de grãos inicial, maior será o rendimento industrial. Dessa forma, os materiais com maior rendimento serão aqueles com menor quantidade de impurezas, que possuam uma boa uniformidade de grãos e com pouca quantidade de casca.

Por esse motivo, as indústrias de beneficiamento de aveia branca costumam ser bastante exigentes quanto à qualidade para aquisição de grãos. Nas aveias para beneficiamento são observadas, entre outras características, o peso do hectolitro igual ou superior a 50 kg/hl, a presença ou não de grãos manchados, a porcentagem de grãos com espessura maior que dois milímetros, e ainda, os níveis de acidez. (White & Watson, 2010).

A uniformidade do tamanho dos grãos é um importante caráter a ser observado no processamento industrial de aveia, sendo está determinada principalmente pela proporção entre grãos primários, secundários e terciários (Doehlert *et al.*, 2002). Essa característica é relevante, uma vez que os grãos terciários, que possuem um tamanho reduzido, não são facilmente descascados necessitando maior velocidade do rotor (Groh *et al.*, 2001). Por outro lado, segundo Symons & Fulcher (1988) quanto maior o peso do grão menor a quantidade de grãos intactos, ou seja, que não sofrem danos por ocasião do descasque, deste modo, reduzindo a quantidade de cariopses inteiras e conseqüentemente restringindo o rendimento industrial.

O aumento do peso de grãos, fator que afeta o rendimento industrial, proporciona um aumento muito maior na largura do grão do que no comprimento, mostrando que a separação dos grãos por série de peneiras consiste em um relevante método para aumentar o rendimento industrial (Groh *et al.*, 2000). Ainda segundo Floss (1998), a espessura do grão e a porcentagem de casca influenciam diretamente no rendimento industrial da aveia. O tamanho máximo do floco de aveia é determinado pelo tamanho da cariopse, que é a porção do grão que dá origem ao floco. Sendo que a massa da cariopse em relação a massa do grão de aveia, referida como o percentual de cariopse, é o principal fator que afeta o rendimento de moagem (Doehlert *et al.*, 2006). Dessa forma, a seleção para o peso do grão consiste em uma alternativa para a seleção de genótipos de aveia que apresentem um maior rendimento industrial, uma vez que o peso do grão é positivamente correlacionado com a porcentagem de cariopse, podendo ser utilizado como um indicativo da porcentagem de cariopse (Bunch & Forsberg, 1989).

A qualidade de grãos em aveia depende de vários fatores que podem estar relacionados a aspectos químicos ou físicos do grão (Bothona *et al.*, 1999). A baixa

qualidade física dos grãos resulta, muitas vezes, em baixo rendimento industrial. Portanto, é importante que haja a caracterização dos genótipos de aveia branca, quanto às suas características físicas, quando destinados à indústria, também levando em consideração a qualidade nutricional para o consumo humano (Gatto, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, um envolvendo cultivares lançadas pelo Programa de Melhoramento de Genético de Aveia da UFRGS e cultivares Norte Americanas. E outro experimento envolvendo linhagens e cultivares desenvolvidas pelo mesmo Programa de Melhoramento, além de cultivares Norte Americanas.

3.1 Germoplasma utilizado

A escolha dos genótipos que compõem cada experimento está baseada na sua importância dentro do programa de melhoramento de aveia da UFRGS. Os critérios utilizados na escolha dos genótipos foram: a participação destes genótipos nos blocos de cruzamentos do programa, que resultavam em progênes superiores para rendimento de grãos e/ou qualidade de grãos, o elevado desempenho agrônomo na época do seu desenvolvimento, pela sua genealogia ou ainda por ter sido lançado como cultivar comercial ao longo da história do programa de melhoramento.

3.2 Experimento envolvendo as cultivares de aveia

Este experimento foi conduzido por dois anos consecutivos, em 2011 e 2012. No ano de 2011 foi composto por 28 cultivares de aveia branca desenvolvidas no programa de melhoramento da UFRGS e ainda duas cultivares de aveia Norte-Americanas adaptadas à região Sul Brasileira. No ano de 2012 houve o acréscimo da cultivar URS

Brava somando ao todo 31 cultivares de aveia. A genealogia das cultivares está apresentada na Tabela 1.

As cultivares de aveia Norte-Americanas Suregrain e Coronado foram escolhidas como testemunha por constituírem cultivares adaptadas às condições climáticas do Sul do Brasil e por terem sido cultivadas pelos agricultores brasileiros na década de 1970. Além disso, Coronado faz parte da genealogia das principais cultivares de aveia, assim como em muitas linhagens de destaque, desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS.

TABELA 1. Genealogia e ano de obtenção das cultivares de aveia utilizadas no experimento.

Genótipo	Genealogia	Ano
Coronado	Santa Fe / 2*Clinton /3/ Sac // Hajira / Joannette /4/ New Nortex / Landhafer /5/ Black Mesdag / Ab 101 = CI 6671 // New Nortex / Landhafer /3/ CI 7650	1967
Suregrain	Arlington / Delair // Trispermia	1957
UFRGS 1	Dal / CDA 292	1982
UFRGS 2	Dal / CDA 292	1982
UFRGS 4	Dal / CDA 292	1982
UFRGS 7	X1205 / FLA 1093	1985
UFRGS 8	OA338 / X2682-1	1985
UFRGS 9	Double / S (4 parents)	1985
UFRGS 10	C1217 / (Coronado x BCLA)	1985
UFRGS 11	Quadcross (16 parents)	1987
UFRGS 12	734470-2 / Coker 234-74C17	1987
UFRGS 14	80SA65 // Coronado ² / Cortez ³ / Pendek / ME 1563	1993
UFRGS 15	Coronado ² / Cortez ³ / Pendek / ME1563// C16CRcpx / C7512 / SRcpx / 74C8014	1995
UFRGS 16	CP16CRcpx / C7512 // SRcpx / 74C8014	1995
UFRGS 17	Coronado ² / Cortez ³ / Pendek / ME1563 // 76-29 / 76-23 / 75-28 / CI833	1996
UFRGS 18	Coronado ² / Cortez ³ / Pendek / ME1563// C16CRcpx / C7512 / SRcpx / 74C8014	1996
UFRGS 19	UFRGS 841110 / UFRGS 884021-1	1999
URS 20	UFRGS 86A1196 / UFRGS 8	2000
URS 21	UFRGS 10 / CTC 84B993	2000
URS 22	UFRGS 841110 / UFRGS 884021-1	2001
URS Guapa	UPF 17 Resel, // Guaiba Sel,/CTC 84B993	2004
URS Taura	UFRGS 970216-2 (F _{3:4}) / UFRGS 970461 (F _{7:8})	2009
URS Tarimba	UFRGS 987016-1 / UFRGS 19	2009
URS Guria	UFRGS 987015-2 / UFRGS 960195-2	2010
URS Torena	UFRGS 984111-4 / UFRGS 988109-1	2010
URS Charrua	UFRGS 984126-1 / UFRGS 984109-7	2010
URS Corona	UFRGS 987016-1 / UFRGS 970497-1	2010
URS Penca	UFRGS 995078-2 / UFRGS 006054-4	2011
URS Estampa	UFRGS 995088-3 / UFRGS 006049	2011
URS Guará	UFRGS 987016-1 / UFRGS 970497-1	2011
URS Brava	UFRGS 995078-2 / URS 21	2012

3.3 Experimento envolvendo as linhagens de aveia

Este experimento foi composto por 45 linhagens, quatro cultivares de aveia desenvolvidas pelo programa de melhoramento da UFRGS e uma cultivar de aveia Norte-Americana, adaptada à região Sul Brasileira, totalizando 50 genótipos. A genealogia e ano de desenvolvimento das linhagens e cultivares são apresentados na Tabela 2. As cinco cultivares de aveia foram utilizadas como testemunhas do experimento. A cultivar Norte-Americana, Coronado, representa uma medida da qualidade de grãos de aveia no Brasil antes da disponibilização de cultivares brasileiras. As cultivares desenvolvidas pela UFRGS representam genótipos modernos, com alta qualidade de grãos, além de possuírem genitores semelhantes aos das linhagens utilizadas no experimento.

TABELA 2. Genealogia e ano de obtenção dos genótipos de aveia utilizados no experimento.

Genótipo	Genealogia	Ano
Coronado	Santa Fe / 2*Clinton /3/ Sac // Hajira / Joannette /4/ New Nortex / Landhafer /5/ Black Mesdag / Ab 101 = CI 6671 // New Nortex / Landhafer /3/ CI 7650	1967
URS Guapa	UPF 17 Resel, // Guaiba Sel./CTC 84B993	2004
URS Taura	UFRGS 970216-2 (F _{3:4})/ UFRGS 970461 (F _{7:8})	2009
URS Tarimba	UFRGS 987016-1 / UFRGS 19	2009
URS Torena	UFRGS 984111-4 / UFRGS 988109-1	2010
UFRGS 881920	Sel UFRGS 16/Guaiba sel. 1	1988
UFRGS 881971	Cocker 81C72 // Coronado ² / Cortez ³ / Pendek / Me 1563	1988
UFRGS 884070-2	DON/ x 4020-15	1988
UFRGS 884110	C5-2 1563 CRcpx/SRcpx//79Bonow sel	1988
UFRGS 901707	Coronado ² /Cortez ³ /Pendek/ME1563//76-29/76-23/75-28/CI833	1990
UFRGS 910905-1-3	UFRGS 871547 / UFRGS 881920	1991
UFRGS 910906-3	UFRGS 871547 / UFRGS 881920	1991
UFRGS 911715	UFRGS 86A1194-2 / UFRGS 8	1991
UFRGS 930551-6	UFRGS 881920 / UFRGS 7	1993
UFRGS 930587	UFRGS 871547 / UFRGS 10	1993
UFRGS 930661-5	UFRGS 884087 / UFRGS 871547	1993
UFRGS 953146	UFRGS 871547 / UFRGS 8	1995
UFRGS 953195	UFRGS 881920 / UFRGS 17	1995
UFRGS 940814-1	UFRGS 10 / UFRGS 8	1994
UFRGS 941698-6	UFRGS 881920 / UFRGS 871547	1994
UFRGS 941700-3	UFRGS 86A1194-2 / UFRGS 8	1994
UFRGS 942097-4	94Q216	1994
UFRGS 970216-2	UFRGS 881971 // PC68 / 5* STARTER F4	1997
UFRGS 970654-3	UFRGS 10 / UFRGS 8	1997
UFRGS 987015-2	UPF 17 Resel. // Guaiba Sel./CTC 84B993	1998
UFRGS 995088-3	UFRGS 881971 // PC68 / 5* STARTER F4	1999
UFRGS 996007-3	UPF16 / 946H12 (TX 83AB2923 / 92SAT24-4)	1999

continuação TABELA 2. Genealogia e ano de obtenção dos genótipos de aveia utilizados no experimento.

Genótipo	Genealogia	Ano
UFRGS 006110-3	Amagalon / 4*Ogle // UFRGS8	2000
UFRGS 01B6200-5	UFRGS 881971 // PC68 / 5* STARTER F4	2001
UFRGS 017061-5	PC68 / 5*Starter (F ₄) // UFRGS 8	2001
UFRGS 017116-2	PC68 / 5*Starter (F ₄)// UFRGS 10	2001
UFRGS 01B10026-1-2	UFRGS 7 / CTC 84B993	2001
UFRGS 026017-1	UFRGS 17 / UFRGS 910120	2002
UFRGS 036107-3	AMAGALON / 4*OGLE 1543 // UFRGS 881971	2003
UFRGS 036111-3	UFRGS 952681 / UFRGS 17	2003
UFRGS 02B6173-4-4	UFRGS 952681 / UFRGS 911715	2002
UFRGS 037025-4	UFRGS 950120 / UFRGS 950155	2003
UFRGS 037034-1	UPF 16 / UFRGS 950155	2003
UFRGS 046101-1	UFRGS 987016-1 / UFRGS 940263-3	2004
UFRGS 04B7063-2-1	UFRGS 91905-17 / UFRGS 8	2004
UFRGS 049002-2	UFRGS 11-Sel 1 / Belle	2004
UFRGS 055114-3	UFRGS 995088-3 / UFRGS 006049	2005
UFRGS 057006-2	UFRGS 984111-4 / UFRGS 988109-1	2005
UFRGS 076052-3	UFRGS 995078-2 / URS 21	2007
UFRGS 077026-2	UFRGS 007020-2 / UFRGS 984060-1	2007
UFRGS 086004-1	UFRGS 14 / UFRGS 984129-1	2008
UFRGS 086092-2	UFRGS 006049 / URS Guapa	2008
UFRGS 086183-2	UFRGS 017170-1 / UFRGS 995088-3	2008
UFRGS 087389-1	UFRGS 995088-3 / UFRGS 960257-5	2008
UFRGS 089008	UFRGS 984077-2 / UFRGS 984082-2	2008

3.4 Implantação e condução dos experimentos a campo

Os experimentos foram conduzidos nos anos de 2011 e 2012, na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no município de Eldorado do Sul, RS localizado a 30°05'30,56" S de latitude e 51°40'20,69" W de longitude. O local apresenta uma altitude de 43 m acima do nível do mar e precipitação média anual de 1400 mm.

O solo da região segundo a classificação brasileira de solos é do tipo Argissolo Vermelho Distrófico Típico pertencente à unidade de mapeamento São Jerônimo (EMBRAPA, 1999). O clima da Estação Experimental é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen, isto é, subtropical úmido de verão quente (Bergamaschi & Guadagnin, 1990).

A condução dos experimentos nos anos de 2011 e 2012 foi a mesma, com exceção do número de repetições. O experimento envolvendo somente cultivares de

aveia foi constituído por quatro repetições, enquanto o experimento envolvendo linhagens de aveia foi conduzido com três repetições, em ambos os anos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados. As parcelas foram constituídas por cinco linhas, espaçadas 0,20 metros entre si, com três metros de comprimento, totalizando três metros quadrados, que constituiu a área útil da parcela.

A semeadura dos experimentos em ambos os anos foi realizada com semeadora mecânica de parcelas experimentais, diretamente sobre a palhada de soja, nas datas de 13 de junho de 2011 e 27 de junho de 2012.

A densidade de semeadura foi de 350 sementes por metro quadrado. A adubação de base foi igual a 300 kg/ha de adubo, na fórmula 5-30-15 de N-P-K. A adubação de cobertura foi constituída de duas aplicações de ureia, na dose 90 kg/ha, correspondendo a cerca de 40 kg de nitrogênio/ha. A primeira aplicação de ureia foi realizada por ocasião da emissão da quarta folha e a segunda aplicação durante a emissão da sétima folha. O controle de ervas daninhas foi realizado através de herbicida e capinas manuais. O herbicida utilizado foi Metsulfurom-metil, na concentração 600 g/kg do ingrediente ativo, na dose de 4,0 g do produtor comercial (Ally), aplicado no estágio de pleno perfilhamento. O controle de doenças fúngicas foi realizado através do fungicida Tebuconazole, na concentração de 200 g de ingrediente ativo por litro, na dose de 750 ml/ha do produto comercial. Também, foi feito o controle de insetos, principalmente pulgões, através do inseticida Dimetoato, na concentração de 500 g/litro e na dose de 500 ml/ha do produto comercial.

O experimento envolvendo as linhagens de aveia no ano de 2011 foi realizado pelo estudante Daniel Arthur Gaklik Waldow para a elaboração da sua Dissertação de mestrado. Os grãos colhidos de cada parcela desse experimento, após serem utilizados pelo referido estudante para as avaliações foram guardados em câmara de sementes. No

ano de 2012 foi retirada uma amostra de grãos de cada parcela, que estavam armazenadas, para a realização das avaliações relativas à eficiência de descasque dos grãos e porcentagem de cariopse.

3.5 Caracteres avaliados

A fim de determinar a qualidade física dos grãos e a eficiência de descasque de grãos de aveia, assim como a sua possível associação com outros caracteres agronômicos, diferentes caracteres foram avaliados em ambos os experimentos. No experimento envolvendo apenas cultivares de aveia, foram realizadas 25 determinações diferentes, enquanto apenas 10 medições foram realizadas no experimento envolvendo as linhagens de aveia. Essas medições foram utilizadas para gerar os diferentes caracteres descritos a seguir.

3.5.1 Caracteres morfo-fisiológicos e de rendimento de grãos

- Dias da emergência ao florescimento: número de dias desde a emergência das plântulas até o florescimento, o qual foi considerado como o estágio em que 50% dos colmos da parcela apresentavam, pelo menos, a metade da panícula exposta para fora da bainha da folha bandeira.

- Estatura da planta: realizada a partir da leitura de três plantas por parcela no final do enchimento dos grãos, quando as plantas haviam atingido máxima estatura, compreendida pela distância do solo até o topo das panículas mais altas das plantas. A estatura anotada procurou representar a estatura na média das plantas da parcela.

- Rendimento de grãos: massa total de grãos de cada parcela, colhida mecanicamente e transformada para kg/ha.

- Número de grãos primários, secundários e terciários por panícula: determinado a partir da sua separação manual em cinco panículas principais, marcadas por ocasião do florescimento e colhidas anteriormente à colheita mecânica da parcela. Essas panículas foram trilhadas individualmente de forma manual, mantendo-se separados os grãos de cada classe, para contagem do número de grãos primários, secundários e terciários.

- Peso de grãos primários, secundários e terciários por panícula: determinado a partir da pesagem dos grãos primários, secundários e terciários da panícula separados por ocasião da contagem.

- Número de grãos da panícula: determinada a partir da soma do número médio de grãos primários, secundários e terciários da panícula, com base nas cinco panículas colhidas por parcela.

- Peso de grãos da panícula: determinada a partir da soma da massa média de grãos primários, secundários e terciários da panícula, com base em cinco panículas por parcela.

- Porcentagem do número de grãos primários, secundários e terciários da panícula: determinada através da divisão individual do número de grãos primários, secundários e terciários, individualmente, pelo número de grãos da panícula, multiplicado por 100.

- Porcentagem do peso de grãos primários, secundários e terciários da panícula: determinada através da divisão individual da massa de grãos primários, secundários e terciários, individualmente, pela massa de grãos da panícula multiplicado por 100.

3.5.2 Caracteres de qualidade física dos grãos

- Peso de mil grãos: a partir de grãos limpos e desaristados, foi realizada contagem de três amostras de 100 grãos por unidade experimental. O peso de grãos de cada amostra foi medido e então calculado a média das três amostras. Essa média foi transformada para peso de mil grãos.

- Peso do hectolitro: determinado a partir de amostra de grãos desaristados e limpos manualmente, com auxílio de peneira e ar forçado. O peso do hectolitro foi mensurado em equipamento apropriado, que possui um cilindro de 0,25 litros de volume. A massa dos grãos alojados dentro desse cilindro é medida e transformada para o peso do hectolitro em Kg/100 litros, através de tabela de conversão para a cultura da aveia, fornecida pelo fabricante do equipamento.

- Porcentagem de grãos maiores que dois mm: após os grãos colhidos de cada unidade experimental serem limpos e desaristados, foram separadas duas amostras de 100 gramas cada, as quais foram peneiradas separadamente durante um (1) minuto em peneira de malha de dois milímetros. Os grãos que foram retidos na peneira foram pesados e a sua massa correspondeu à porcentagem de grãos maiores que dois mm.

- Comprimento, largura, área, perímetro e formato dos grãos: determinados a partir de imagens digitalizadas de grãos de panículas, trilhados manualmente, ao todo três panículas por tratamento foram analisadas. As imagens dos grãos de cada panícula foram captadas através de escâner, da impressora Multifuncional HP Laserjet Pro M1132, na qualidade de 300 dpi, e transferidas para um computador mediante cabo USB. Após a captação, as imagens foram analisadas pelo *software* “*Assess: Image Analysis Software for Plant Disease Quantification*”. Foi utilizado uma tira de papel milimetrado em todas as imagens para conversão de dados de pixels em milímetros.

- Porcentagem de cariopse: determinada a partir de uma amostra de 50 gramas de grãos desaristados da parcela, descascados em debulhadora de espigas de laboratório WINTERSTEIGER LD 180, na velocidade de cerca de 1085 rotações por minuto (rpm), mantidos dentro da câmara de descasque por oito segundos. Grãos com casca e cascas não separadas pelo descascador foram separados manualmente de cada amostra. Os grãos descascados na debulhadora de panículas foram pesados. Os grãos com casca separados foram pesados para cálculo da eficiência de descasque e depois de descascados manualmente foram pesados novamente para inclusão do peso na porcentagem de cariopse. Dessa forma, a porcentagem de cariopse (%Cariopse), consiste na razão entre a massa de cariopses total descascadas (MCT) e a massa total da amostra (MTA), multiplicada por 100, segundo a seguinte fórmula:

$$\%Cariopse = \frac{MCT}{MTA} \times 100$$

- Facilidade de descasque: foi determinada como a razão entre a massa de cariopses descascadas diretamente (MCDes) na debulhadora de espigas de laboratório WINTERSTEIGER LD 180, e a massa total da amostra (MTA). O cálculo desse caráter é dado pela seguinte fórmula:

$$FacilDes = \frac{MCDes}{MTA} \times 100$$

A facilidade de descasque, no experimento envolvendo somente cultivares de aveia, conduzido no ano de 2011, foi realizada com duas amostras para cada tratamento e descascadas no descascador em duas velocidades distintas. A velocidade 1 (V1) tinha cerca de 1085 rpm e a velocidade 2 (V2) tinha cerca de 1190 rpm; esse caráter recebeu os nomes “facilidade de descasque na velocidade 1” (FacilDesV1)” e “facilidade de descasque na velocidade 2” (FacilDesV2), respectivamente. O tempo de descasque foi de oito segundos para ambas as velocidades do rotor utilizadas.

A velocidade 1 (cerca de 1085 rpm) tende a manter os grãos mais íntegros, mostrando-se mais adequada para determinar a facilidade do descasque. Enquanto a velocidade 2 (cerca de 1190 rpm) tende a resultar em uma maior quebra dos grãos, proporcionando uma melhor avaliação da resistência dos grãos à quebra durante o descasque.

- Eficiência potencial de descasque: determinada através da razão entre a massa de cariopses descascadas diretamente (MCDes) na debulhadora de espigas de laboratório WINTERSTEIGER LD 180 e a massa total da amostra (MTA) diminuída da massa de grãos não descascados (MGNDes), sendo o resultado desta razão multiplicado por 100, segundo a fórmula:

$$EfiPotDes = \frac{MCDes}{(MTA - MGNDes)} \times 100$$

Esse caráter também foi determinado em duas velocidades de rotação da debulhadora de espigas, aproximadamente 1085 e 1190 rpm, no experimento envolvendo somente cultivares, conduzido no ano de 2011. O caráter recebeu os nomes de “eficiência potencial de descasque na velocidade 1” (EfiPotDesV1) e “eficiência potencial de descasque na velocidade 2” (EfiPotDesV2), respectivamente.

3.6 Análise Estatística

3.6.1 Estatística descritiva e análise da variância

Os dados obtidos foram submetidos à análise de estatísticas descritivas e análise de variância, através do software SAS Versão 8.0 (SAS *Institute. Inc.* 2012). A análise de variância foi realizada através do procedimento “Proc GLM”.

As médias de genótipos foram classificadas em inferior, superior e sem diferença estatística, relativo à média geral do caráter. Médias superiores foram aquelas maiores que a média geral mais um desvio padrão do caráter, médias inferiores eram as

menores que a média geral menos um desvio padrão, enquanto que aquelas com valor entre ou igual à média geral mais ou menos um desvio padrão foram consideradas como não significativamente diferentes da média geral.

3.6.2 Correlações fenotípicas

Correlações fenotípicas entre os caracteres avaliados foram estimadas utilizando os dados originais, de acordo com a fórmula apresentada por Steel *et al.* (1997), através do programa computacional SAS versão 8.02:

$$r = \frac{\sum[(X - \bar{X}) \times (Y - \bar{Y})]}{\sqrt{[\sum(X - \bar{X})^2] \times [\sum(Y - \bar{Y})^2]}}$$

Onde: r = coeficiente de correlação fenotípica

X = valor de cada observação do caráter “**X**”;

\bar{X} = média das observações do caráter “**X**”;

Y = valor de cada observação do caráter “**Y**”;

\bar{Y} = média das observações do caráter “**Y**”;

3.6.3 Análise de regressão linear múltipla

Com o objetivo de estimar as relações causais entre os caracteres avaliados foram realizadas análises de regressão linear múltipla, com auxílio do programa computacional Arc (Cook & Weisberg, 1999), através do comando “*Fit Linear LS*”.

Nas análises de regressão linear múltipla, para cada variável dependente foram consideradas como variáveis independentes todas as variáveis que possuíam alguma base biológica para serem consideradas como explicativas da variável dependente, excluindo aquelas que eram estimadas a partir de outras variáveis já presentes no modelo. As análises de regressão linear foram realizadas com o conjunto de dados dos anos de 2011 e 2012, dentro de cada experimento. Para cada variável dependente foram

realizadas duas análises de regressão linear múltipla, uma considerando os dados por parcela e outra considerando as médias de cada genótipo, dentro de cada ano.

A análise de regressão múltipla utilizando os dados originais não permite comparar o efeito de cada variável explicativa sobre a variável dependente, ou seja, o grau de importância de cada variável explicativa no modelo de regressão. Isto é possível de realizar através da estimativa da regressão linear múltipla utilizando dados padronizados, onde cada coeficiente de regressão representa o efeito direto, ou coeficiente de trilha, de cada variável explicativa sobre a variável dependente (Li, 1975). Desta forma, as análises de regressão linear múltipla foram estimadas tanto com os dados originais quanto com os dados padronizados.

Na análise de regressão linear múltipla, as variáveis explicativas cujo coeficiente de regressão apresentava significância superior a 5% de probabilidade, pelo teste *T* de Student, foram eliminadas através do procedimento de seleção de variáveis significativas por eliminação do modelo completo (“*backward selection*”). Quando o valor de significância do coeficiente de regressão de alguma variável explicativa era inferior a 5%, porém próximo a este limite, a significância dos modelos com (não restritivo) e sem (restritivo) a inclusão dessa(s) variável(is) explicativa(s) foi testada através da comparação dos modelos pelo teste *F*. Caso o modelo restritivo não apresentasse diferença significativa do modelo não restritivo, o modelo restritivo era então considerado o mais adequado (Cook & Weisberg, 1999). Para teste de significância dos modelos completo e restritivo foi utilizada a seguinte fórmula:

$$F = \frac{\left\{ \frac{[(QMRR) - (QMRC)]}{2} \right\}}{(QMRC)/(n - k)}$$

Onde: QMRR = Quadrado médio do resíduo do modelo restrito;

QMRC = Quadrado médio do resíduo do modelo completo;

k = número de parâmetros excluídos;

n = número de graus de liberdade do modelo completo.

O número de graus de liberdade do teste F é igual a k e n .

4 RESULTADOS

Foram realizados dois experimentos durante os anos de 2011 e 2012, sendo um deles envolvendo as cultivares de aveia lançadas comercialmente pelo Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS, para as quais ainda há disponibilidade de sementes, e outro envolvendo linhagens de aveia desenvolvidas por esse programa, mas não lançadas comercialmente.

Grande variação ambiental foi observada entre os anos de 2011 e 2012, de maneira que a análise de variância (ANOVA) revelou que houve efeito significativo para o caráter rendimento de grãos, tanto para genótipos como para anos de cultivo, além da interação significativa entre genótipos e anos de cultivo (dados não mostrados). Deste modo, para a caracterização agrônômica os dados de cada ano foram analisados separadamente, já nas análises de correlação e regressão, para permitir uma maior robustez das associações, os dois anos foram analisados de forma conjunta.

4.1 Experimento envolvendo cultivares de aveia

O objetivo do experimento envolvendo cultivares foi determinar a qualidade física de grãos de aveia disponibilizados aos agricultores brasileiros ao longo da história do Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS. Assim como compreender como a qualidade física de grãos é formada e, se possível, determinar quais critérios são mais adequados para a seleção de genótipos superiores quanto à qualidade física dos grãos.

A apresentação dos resultados do experimento envolvendo cultivares de aveia foi dividida em duas partes. Na primeira parte são apresentados os desempenhos médios e variações para cada caráter, na média de todas as cultivares avaliadas. Nesta primeira parte, também é apresentado o desempenho médio de cada cultivar para alguns caracteres considerados importantes para sua caracterização quanto ao desempenho agrônomico e qualidade física dos grãos. Na segunda parte são apresentadas as associações entre as diferentes características avaliadas, procurando entender como caracteres de qualidade física, como facilidade de descasque e rendimento potencial de moagem podem ser preditos e desta forma, serem selecionados dentro de programas de melhoramento de aveia branca.

4.1.1 Caracterização agrônômica, qualidade física e eficiência de descasque de grãos de cultivares de aveia

Com o objetivo de entender o desempenho e caracterizar agronomicamente as cultivares de aveia desenvolvidas pelo programa da UFRGS, foram determinadas as médias e componentes que medem a variância dos dados experimentais. Assim como a análise do comportamento médio dos genótipos para os caracteres adaptativos agrônomicos e de qualidade física de grãos para cada ano de cultivo.

Os desempenhos dos caracteres agrônomicos e de qualidade das cultivares de aveia para o ano de 2011 estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. Na Tabela 3 estão apresentados as médias gerais, valores máximos, valores mínimos, desvios padrões e coeficiente de variação observados para cada caráter avaliado. Enquanto que na Tabela 4 estão apresentadas as médias de cada genótipo para alguns caracteres selecionados, para as cultivares de aveia no ano de 2011.

O caráter rendimento de grãos das cultivares de aveia no ano de 2011 mostrou média elevada, igual a 4443 kg/ha, e coeficiente de variação igual a 12,61%, que é considerado relativamente baixo para esse caráter, revelando boa qualidade do experimento. A maioria dos caracteres apresentou baixos valores para o coeficiente de variação, variando de 1,96%, para o caráter número de dias da emergência ao florescimento até 15,67%, para a porcentagem de grãos menores que 2 mm. A exceção foi observada para os caracteres envolvendo os grãos terciários da panícula, cujos coeficientes de variação variaram de 56,71% a 90,95%, para o caráter porcentagem do número de grãos terciários da panícula e peso de grãos terciários por panícula, respectivamente (Tabela 3).

As variáveis relacionadas às medidas de tamanho do grão também apresentaram baixos coeficientes de variação, alcançando valores entre 2,09%, para o caráter perímetro do grão e 3,52% para o caráter área do grão. Ainda na Tabela 3, é importante destacar que os caracteres relativos à eficiência potencial de descasque (EfiPotDes), nas velocidades de rotação 1 e 2, apresentaram coeficientes de variação baixos, iguais a 3,93 e 3,73%, respectivamente. Enquanto que os caracteres relativos à facilidade de descasque, nas velocidades de rotação 1 e 2, apresentaram valores um pouco maiores, mas ainda bastante aceitáveis, iguais a 10,33 e 5,98, respectivamente (Tabela 3).

Na Tabela 4 são apresentadas as médias das cultivares no ano de 2011, de alguns caracteres selecionados. Cultivares mais antigos, lançados comercialmente pelo Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS na década de 1980, exibiram rendimento de grãos inferior, considerando a média geral menos um desvio padrão (Tabela 4).

TABELA 3. Valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos diferentes caracteres avaliados no experimento envolvendo as cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011.

Variável*	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
REND	1302,0	4443,2	6828,0	560,45	12,61
DEF	85,0	93,1	108,0	1,82	1,96
EST	77,0	101,3	130,0	5,98	5,91
PMG	19,85	31,2	42,8	2,50	8,00
PH	41,80	51,9	58,85	1,74	3,36
%G>2mm	28,88	81,00	96,85	2,98	3,68
%G<2mm	3,15	19,00	71,12	2,98	15,67
FacilDesV1	54,37	54,64	77,46	5,64	10,33
EfiPotDesV1	59,62	69,35	98,31	2,72	3,93
%Cariopse	28,60	71,59	72,00	2,06	2,88
FacilDesV2	53,04	59,34	77,03	3,55	5,98
EfiPotDesV2	61,10	66,19	78,78	2,47	3,73
NGPri	24,60	41,59	68,20	4,90	11,79
NGSec	24,60	39,72	61,60	4,82	12,13
NGTer	0,00	6,01	26,80	3,74	62,18
NGPan	53,50	87,33	129,80	10,38	11,89
%NGPri	32,40	47,50	56,80	2,45	5,16
%NGSec	34,80	45,46	51,60	2,25	4,96
%NGTer	0,00	7,03	30,50	3,99	56,71
PGPri	0,99	1,59	2,42	0,22	13,90
PGSec	0,64	0,98	1,53	0,13	13,25
PGTer	0,00	0,06	0,37	0,06	90,95
PGPan	1,78	2,63	4,10	0,35	13,32
%PGPri	46,46	60,49	72,92	2,55	4,22
%PGSec	27,08	37,15	44,38	1,74	4,69
%PGTer	0,00	2,35	13,67	2,04	86,89
ÁREA	19,73	24,82	29,60	0,87	3,52
PERI	23,07	27,26	31,00	0,57	2,09
COMP	10,30	12,26	14,12	0,27	2,18
LARG	2,65	2,98	3,49	0,09	3,03
CIRC	0,35	0,41	0,61	0,01	3,44

*REND = Rendimento de grãos (kg/ha); DEF = Dias da emergência ao florescimento (dias); EST = Estatura de planta (cm); PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100l); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); %G<2mm = Porcentagem de grão menores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque rotor velocidade 1 (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque rotor velocidade 1 (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopses total (%); FacilDesV2 = Facilidade de descasque rotor velocidade 2 (%) EfiDes2 = Eficiência de descasque rotor velocidade 2 (%); NGPri = Número de grãos primários por panícula; NGSec = Número de grãos secundários por panícula; NGTer = Número de grãos terciários da panícula; NGPan = Número de grãos por panícula; %NGPri = Porcentagem do número de grãos primários por panícula (%); %NGSec = Porcentagem do número de grãos secundários por panícula (%); %NGTer = Porcentagem do número de grãos terciários por panícula (%); PGPri = Peso de grãos primários por panícula (g); PGSec = Peso de grãos secundários por panícula (g); PGTer = Peso de grãos terciários por panícula (g); PGPan = Peso de grão por panícula (g); %PGPri = Porcentagem do peso de grão primários da panícula (%); %PGSec = Porcentagem do peso de grão secundários da panícula (%); %PGTer = Porcentagem do peso de grão terciários da panícula (%); ÁREA = Área do grão (mm²), PERI = Perímetro do grão (mm); COMP = Comprimento do grão (mm); LARG = Largura do grão (mm); CIRC = Circularidade do grão (mm).

A exceção foi a cultivar UFRGS 4, que embora não tenha sido superior quanto ao rendimento de grãos, foi superior quanto à porcentagem de grãos maiores que 2 mm

e para facilidade de descasque na velocidade 1 de rotação da máquina utilizada para descascar os grãos, considerando a média do caráter mais um desvio padrão (Tabela 4). Por outro lado, nenhuma das cultivares lançadas após a década de 1990 mostrou rendimento de grãos inferior.

Quase todas as cultivares lançadas na década de 1990 tiveram rendimento de grãos superior em 2011, com exceção das cultivares UFRGS 14 e UFRGS 16 (Tabela 4). Porém, maior variação foi observada para as cultivares lançadas após a década de 1990, quanto ao rendimento de grãos, sendo a maior parte das cultivares lançadas entre os anos de 2000 e 2009 mostraram ser superiores para esse caráter, mas nenhuma lançada entre 2010 e 2011 foi superior em 2011 (Tabela 4). É importante ressaltar que a cultivar Coronado, lançada comercialmente pela Universidade do Texas em 1967 e cultivada no Brasil na década de 1970 e início da década de 1980, mostrou rendimento de grãos superior em 2011 (Tabela 4). Este fato é relevante porque a cultivar Coronado está presente na genealogia de todas as cultivares lançadas pela UFRGS da década de 1990 em diante, com exceção da cultivar UFRGS 20 (comunicação pessoal Marcelo Teixeira Pacheco). Porém a cultivar Coronado foi inferior para todos os caracteres de qualidade física de grãos, além de ser tardia da emergência ao florescimento (Tabela 4).

Para o caráter dias da emergência ao florescimento (DEF), entre os genótipos mais tardios, em 2011, foram destaque a cultivar UFRGS 1, com 103 dias, e a cultivar UFRGS 2, com 106 dias da emergência ao florescimento. Contudo, entre os genótipos com médias inferiores para o número de dias da emergência ao florescimento destacaram-se as cultivares URS 22 e URS Guará, com 86 dias cada (Tabela 4).

Com relação ao peso do hectolitro (PH), no experimento de cultivares conduzido em 2011, vários genótipos apresentaram médias superiores, desde genótipos lançados no início da década de 1980 (UFRGS 2) até aqueles lançados mais recentemente, como

todos aqueles lançados no ano de 2011 (Tabela 4). Dentre os genótipos caracterizados como inferiores para peso de hectolitro no ano de 2011, a maioria também foi inferior para o rendimento de grãos, sendo as cultivares UFRGS 7, UFRGS 10, UFRGS 11, UFRGS 12; enquanto que a cultivar UFRGS 9 teve PH superior, mas rendimento de grãos inferior. As cultivares URS Guapa e URS Tarimba apresentaram PH inferior, mas

TABELA 4. Ano de lançamento e médias de caracteres de rendimento de grãos, dias da emergência ao florescimento e relativos a qualidade física de grão das cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011.

Cultivar	Ano Lanç.	REND	DEF	PH	PMG	%G> 2mm	% Cariopse	Facil DesV1	EfiPot DesV1
CORONADO	1967	5196 S ¹	96 S	48,9 I	24,2 I	32,4 I	66,6 I	34,7 I	64,4 I
SUREGRAIN	1957	4187	98 S	52,2	33,1	66,9 I	68,2 I	49,8	69,8
UFRGS 1	1982	3602 I	103 S	52,9	35,1 S	89,0 S	73,4	57,8	71,8
UFRGS 2	1982	3588 I	106 S	54,1 S	33,3	87,5 S	73,4	55,4	71,2
UFRGS 4	1982	4292	99 S	49,5 I	30,0	84,1 S	74,0 S	63,9 S	----
UFRGS 7	1985	3496 I	93	47,8 I	21,6 I	50,0 I	68,1 I	41,2 I	64,8 I
UFRGS 8	1985	3440 I	88 I	52,1	31,6	91,2 S	73,3	60,0	70,7
UFRGS 9	1985	3833 I	91 I	53,7 S	33,8 S	93,6 S	70,5	49,5	68,5
UFRGS 10	1985	2265 I	97 S	44,0 I	26,6 I	68,2 I	63,1 I	31,5 I	55,6 I
UFRGS 11	1987	2966 I	93	45,2 I	27,9 I	66,6 I	65,3 I	47,0 I	63,9 I
UFRGS 12	1987	2886 I	95 S	46,2 I	22,5 I	40,3 I	67,7 I	50,2	67,7
UFRGS 14	1993	4874	92	53,8 S	39,3 S	93,7 S	69,3 I	49,5	67,7
UFRGS 15	1995	5337 S	96 S	52,0	34,8 S	89,8 S	70,3	40,1 I	68,8
UFRGS 16	1995	4312	99 S	52,9	41,2 S	93,5 S	67,1 I	53,1	66,7
UFRGS 17	1996	5945 S	91	53,3	32,2	88,0 S	71,3	62,4 S	71,8
UFRGS 18	1996	5576 S	95 S	52,5	33,8 S	88,7 S	72,6	50,6	71,3
UFRGS 19	1999	5097 S	87 I	53,6	27,7 I	82,4	74,9 S	60,0	72,8 S
UFRGS 20	2000	4316	94	57,7 S	31,3	89,0 S	77,0 S	67,6 S	75,3 S
URS 21	2000	5191 S	89 I	54,0 S	28,2 I	81,5	74,5 S	57,9	72,5 S
URS 22	2001	4548	86 I	55,6 S	28,3 I	83,8	74,2 S	62,6 S	72,5 S
URS GUAPA	2004	5181 S	89 I	49,8 I	37,0 S	91,7 S	70,7	60,3 S	69,2
URS TAURA	2009	6496 S	92	51,5	27,9 I	87,3 S	76,2 S	67,9 S	73,5 S
URS TARIMBA	2009	5231 S	87 I	46,8 I	28,7	83,9	70,8	58,5	68,2
URS GURIA	2010	4523	90 I	53,1	29,9	85,3 S	70,9	55,9	69,8
URS CHARRUA	2010	4925	87I	52,3	35,6 S	87,8 S	72,5	59,7	70,2
URS TORENA	2010	4540	89 I	52,1	37,9 S	94,9 S	72,1	60,6 S	71,2
URS CORONA	2010	4202	89 I	53,7 S	32,9	90,3 S	71,8	54,0	67,5
URS PENCA	2011	4127	94	57,4 S	26,5 I	78,4	72,3	49,5	69,8
URS ESTAMPA	2011	4436	96S	53,9 S	28,3 I	79,0	74,0 S	59,4	71,8
URS GUARÁ	2011	4960	86 I	54,4 S	34,4 S	91,4 S	75,0 S	63,8 S	72,0
Média		4443,2	93	51,9	31,2	81,0	71,6	54,6	69,4
Desvio Padrão (DP)		560,45	1,83	1,74	2,50	2,98	2,07	5,64	2,73
Média - 1 DP		3882,7	91,26	50,19	28,69	78,03	69,53	49,00	66,63
Média + 1 DP		5003,6	94,91	53,68	33,68	83,98	73,66	60,28	72,08

Ano Lanç. = ano do lançamento comercial da cultivar; REND = Rendimento de grãos (kg/ha); DEF = Dias da emergência ao florescimento (dias); PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100l); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque rotor velocidade 1 (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque rotor velocidade 1 (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopses; ⁽¹⁾S = Superior (valor acima da média mais um desvio padrão do caráter); I = Inferior (valor abaixo da média menos um desvio padrão do caráter).

rendimento de grãos superior. O PH inferior de URS Guapa deve ser resultado dos grãos de tamanho e peso elevados, que deixam muitos espaços vazios entre os grãos, reduzindo, conseqüentemente o PH; enquanto o PH inferior de URS Tarimba deve ser resultante de um menor enchimento de grãos (Tabela 4).

Para o caráter peso de mil grãos, diversas cultivares são encontradas entre o grupo daquelas que apresentaram médias superiores, com destaque para as cultivares UFRGS 14, UFRGS16, URS Guapa e URS Torena (Tabela 4). Por outro lado, diversos genótipos foram inferiores para o caráter peso de mil grãos, sendo que as cultivares de menor peso de grãos foram Coronado, UFRGS 7 e UFRGS 12, que também foram inferiores para a variável porcentagem de grãos maiores que dois milímetros ($%G>2mm$). É interessante notar que as cultivares UFRGS 19, URS 21, URS 22, URS Taura, URS Penca, URS Estampa que também apresentaram peso de mil grãos inferior, em 2011, não tiveram a $%G>2mm$ inferior. Com destaque para a URS Taura que mostrou $%G>2mm$ superior, apesar de pertencer ao grupo de genótipos com peso de mil grãos inferior em 2011 (Tabela 4).

Para as características de facilidade de descasque, eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse os genótipos UFRGS 20, URS 22 e URS Taura foram superiores para as três características simultaneamente. A cultivar UFRGS 4 também foi superior para a facilidade de descasque e porcentagem de cariopse, porém não foi avaliada para a eficiência potencial de descasque (Tabela 4). Outros genótipos foram superiores para um ou dois desses três caracteres e tiveram média pertencente ao grupo intermediário, o que é ainda desejável. Por outro lado, os genótipos Coronado, UFRGS 7, UFRGS 10 e UFRGS 11 mostraram ser inferiores para os mesmos caracteres, concomitantemente (Tabela 4).

As estatísticas descritivas dos caracteres agronômicos e de qualidade física de grãos obtidas no experimento envolvendo as cultivares de aveia, conduzido no ano de 2012, são apresentadas na Tabela 5. A média para o rendimento de grãos em 2012 foi inferior, comparada com a média observada em 2011, sendo igual a 2554 Kg/ha, e ainda, o ano de 2011 em geral apresentou menor coeficiente de variação para o caráter rendimento de grãos que em 2012 (Tabelas 4 e 5). Essa maior variação pode ser atribuída às condições menos favoráveis à cultura da aveia em 2012, relativo a 2011, como à ocorrência de temperaturas geralmente mais elevadas que a normal no período anterior ao florescimento, no mês de agosto, tanto as temperaturas mínimas como as máximas nesse mês; além de precipitação bem acima da normal para o mês de setembro, concentrada em poucos dias do mês, com chuvas bastante fortes, contribuindo para o maior acamamento dos genótipos.

Já para a estatura de plantas, as cultivares apresentaram média de 101,44 cm de altura, em 2012 (Tabela 5), similar àquela observada em 2011 (Tabela 4). O peso do hectolitro em 2012 foi de 45,82 Kg/100 litros, bastante inferior àquele de 2011 (Tabelas 4 e 5). Assim como em 2011, em 2012 as variáveis que envolvem a quantificação dos grãos terciários da panícula apresentaram os mais altos coeficientes de variação, próximos ou acima de 100%, sugerindo o quanto a presença de grãos terciários é dependente do ambiente (Tabela 5).

Por outro lado, as variáveis relativas à qualidade física de grãos e eficiência de descasque, como peso do hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMG), facilidade de descasque (FacilDesV1), eficiência potencial de descasque (EfiPotDesV1), porcentagem de cariopses (%Cariopse) e porcentagem de grãos maiores que 2mm (%G>2mm), apresentaram coeficientes de variação que variaram de 3,40% e 8,73% (Tabela 5).

TABELA 5. Valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos diferentes caracteres avaliados no experimento envolvendo as cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2012.

Variável*	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
REND	621,00	2554	4991,00	431,87	16,91
DEF	75,00	84,47	99,00	7,04	8,33
EST	70,00	101,44	130,00	5,29	5,22
PMG	19,56	29,68	39,78	2,59	8,73
PH	32,49	45,82	56,02	2,14	4,67
%G>2mm	43,32	78,04	93,13	4,04	5,18
%G<2mm	6,87	21,96	56,68	4,04	18,42
FacilDesV1	34,70	56,11	74,32	3,57	6,37
EfiPotDesV1	45,85	65,96	76,30	2,53	3,84
%Cariopse	48,18	67,85	77,08	2,31	3,40
NGPri	15,40	27,47	42,80	4,62	16,83
NGSec	13,80	25,00	43,60	4,61	18,43
NGTer	0,00	2,82	14,30	2,66	94,38
NGPan	29,40	55,29	85,00	9,38	16,97
%NGPri	38,00	49,82	58,60	3,32	6,67
%NGSec	36,00	45,27	51,30	2,64	5,84
%NGTer	0,00	4,92	21,90	4,67	95,00
PGPri	0,55	1,02	1,61	0,15	14,35
PGSec	0,28	0,57	0,94	0,09	16,53
PGTer	0,00	0,03	0,15	0,03	91,74
PGPan	0,83	1,62	2,54	0,23	14,52
%PGPri	54,10	63,24	72,02	2,52	3,98
%PGSec	27,98	35,03	41,01	1,92	5,49
%PGTer	0,00	1,73	9,64	1,78	102,84
ÁREA	20,36	25,30	31,84	0,98	3,86
PERI	24,57	27,70	31,29	0,63	2,31
COMP	11,04	12,43	14,19	0,30	2,44
LARG	2,69	3,04	3,52	0,09	3,00
CIRC	0,35	0,41	0,48	0,01	2,98

*REND = Rendimento de grãos (kg/ha); DEF = Dias da emergência ao florescimento (dias); EST = Estatura de planta (cm); PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100l); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); %G<2mm = Porcentagem de grão menores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque rotor velocidade 1 (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque rotor velocidade 1 (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopse (%); NGPri = Número de grãos primários por panícula; NGSec = Número de grãos secundários por panícula; NGTer = Número de grãos terciários por panícula; NGPan = Número de grãos por panícula; %NGPri = Porcentagem do número de grãos primários da panícula (%); %NGSec = Porcentagem do número de grãos secundários da panícula (%); %NGTer = Porcentagem do número de grãos terciários da panícula (%); PGPri = Peso de grãos primários por panícula (g); PGSec = Peso de grãos secundários por panícula (g); PGTer = Peso de grãos terciários por panícula (g); PGPan = Peso de grão por panícula (g); %PGPri = Porcentagem do peso de grão primários da panícula (%); %PGSec = Porcentagem do peso de grão secundários da panícula (%); %PGTer = Porcentagem do peso de grão terciários da panícula (%); ÁREA = Área do grão (mm²); PERI = Perímetro do grão (mm); COMP = Comprimento do grão (mm); LARG = Largura do grão (mm); CIRC = Circularidade do grão.

A variação observada para os caracteres de qualidade de grãos e descasque no ano de 2012 não foi muito superior aquela observada em 2011 (Tabela 4), chegando a

ser até menor, como para o caráter FacilDesV1, que foi igual a 6,37% em 2012 e igual a 10,33% em 2011 (Tabelas 4 e 5). Coeficientes de variação reduzidos também foram verificados para os caracteres relativos às dimensões dos grãos de aveia, que variou entre 2,31 e 3,86% em 2012 (Tabela 5).

Na Tabela 6 estão representadas as médias para as cultivares de aveia do ano de 2012, para alguns caracteres considerados importantes para a caracterização de cada genótipo relativo ao desempenho agrônomo e da qualidade de grãos. A cultivar testemunha Coronado foi novamente destaque quanto ao rendimento de grãos em 2012 (4186 Kg/ha), o qual foi maior que a maioria das cultivares lançadas comercialmente pela UFRGS, com exceção da cultivar URS Brava, lançada em 2012, cujo rendimento de grãos foi o maior de todas as cultivares testadas neste ano (4454 Kg/ha). Assim como em 2011, em 2012 as cultivares de aveia mais antigas do Programa de Melhoramento da UFRGS tenderam a apresentar rendimento de grãos inferior, com exceção da cultivar UFRGS 4, que foi superior para o caráter (Tabela 6). Entre as cultivares lançadas pela UFRGS da década de 1990 em diante (período moderno do Programa de Melhoramento), somente a cultivar URS 22 teve rendimento de grãos inferior em 2012. A maioria das cultivares do período moderno mostraram rendimento de grãos superior em 2012.

O número de dias da emergência ao florescimento foi mais curto em cerca de nove dias, na média dos genótipos, no ano de 2012, relativo ao ano de 2011 (Tabelas 4 e 6), em virtude das temperaturas mais elevadas no início do desenvolvimento da cultura em 2012. O ciclo vegetativo das plantas foi similar entre as cultivares testadas em 2012, sendo que somente a cultivar UFRGS 8 foi inferior para o número de dias da emergência ao florescimento. Assim como, somente as cultivares Suregrain, UFRGS 1, UFRGS 10 e UFRGS 15 foram superior para esse caráter em 2012 (Tabela 6).

O peso do hectolitro foi cerca de 6 kg/100 litros menor na média das cultivares em 2012, relativo à 2011 (Tabelas 4 e 6). Ambas as cultivares testemunha, Coronado e Suregrain, foram superiores para o caráter em 2012. Enquanto que as cultivares antigas, ou seja, lançadas na década de 1980, mostraram peso do hectolitro inferior, em 2012, com exceção da UFRGS 4 (Tabela 6). Entre as cultivares lançadas na década de 1990 em diante, somente a URS Guapa teve peso do hectolitro inferior, enquanto algumas outras foram superiores para o caráter, com destaque para as cultivares URS Penca (52,0 Kg/100 litro) e URS Brava (54,6 kg/100 litro).

Os genótipos UFRGS 7, UFRGS 10, UFRGS 11, UFRGS 12 apresentaram médias inferiores para o rendimento de grãos, peso do hectolitro, porcentagem de grãos maior que 2 mm, facilidade de descasque, eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse, em 2012 (Tabela 6). Essa inferioridade dessas quatro cultivares esta possivelmente associada ao fato de seus grãos serem pequenos, sendo que as cultivares UFRGS 7, UFRGS 11 e UFRGS 12 também tiveram peso de mil grãos inferior em 2012 (Tabela 6).

As cultivares testemunhas Coronado e Suregrain também foram inferiores para a qualidade de grãos, quanto à porcentagem de grãos maiores que 2 mm e à facilidade de descasque, sendo inferiores para ambos esses caracteres (Tabela 6). Por outro lado, a cultivar Coronado apresentou porcentagem de cariopse superior em 2012, indicando que seus grãos, apesar de terem conteúdo elevado de cariopse, tendem a reter a casca, por ocasião do processamento. Uma possível explicação é devido a Coronado ter apresentado peso de mil grãos inferior em 2012, indicando ter grãos pequenos. Porém, a cultivar Suregrain apresentou grãos relativamente pesados, na média, ficando próximo ao limite para ser considerada como tendo peso de mil grãos superior em 2012 (Tabela 6).

TABELA 6. Ano de lançamento e médias de caracteres de rendimento, dias da emergência ao florescimento e relativos à qualidade física de grão das cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2012.

Cultivar	Ano Lanç.	REND	DEF	PH	PMG	%G>2mm	% Car	Facil DesV1	EfiPot DesV1
CORONADO	1967	4187 S	91	51,0 S	23,2 I	45,9 I	71,7 S	51,9 I	70,1 S
SUREGRAIN	1957	3155 S	92 S	48,9 S	31,9	68,0 I	68,1	48,4 I	65,8
UFRGS 1	1982	1959 I	93 S	44,6	30,2	75,1	67,6	51,6 I	65,4
UFRGS 2	1982	1163 I	79	42,0 I	28,9	68,3 I	63,6 I	50,1 I	63,9
UFRGS 4	1982	3238 S	87	48,4 S	29,2	84,1 S	73,5 S	70,8 S	73,5 S
UFRGS 7	1985	1669 I	82	41,9 I	22,6 I	66,0 I	61,5 I	43,7 I	58,6 I
UFRGS 8	1985	1285 I	76 I	41,5 I	27,8	78,1	65,5 I	45,4 I	61,1 I
UFRGS 9	1985	2145	84	41,0 I	27,5	79,7	62,9 I	42,0 I	57,7 I
UFRGS 10	1985	843 I	95 S	34,9 I	29,5	73,8 I	55,9 I	40,4 I	53,6 I
UFRGS 11	1987	963 I	81	35,9 I	24,8 I	72,9 I	52,9 I	38,0 I	52,3 I
UFRGS 12	1987	775 I	81	36,0 I	23,3 I	59,7 I	63,7 I	47,2 I	60,7 I
UFRGS 14	1993	3282 S	87	45,9	33,8 S	90,0 S	66,0	55,1	64,6
UFRGS 15	1995	3277 S	95 S	47,1	28,7	81,3	67,0	56,9	65,8
UFRGS 16	1995	2143	88	43,9	33,2 S	85,2 S	66,4	58,6	65,6
UFRGS 17	1996	3017 S	85	50,3 S	31,7	79,2	68,4	64,1 S	67,4
UFRGS 18	1996	2601	84	47,5	32,3 S	78,5	68,5	58,3	67,1
UFRGS 19	1999	2527	81	46,9	28,2	79,5	71,2 S	60,0 S	69,9 S
UFRGS 20	2000	2285	85	48,9 S	30,5	79,3	72,6 S	69,8 S	73,6 S
URS 21	2000	3021 S	83	47,7	28,7	77,7	71,9 S	64,1 S	70,8 S
URS 22	2001	2085 I	79	45,0	26,9 I	78,0	68,6	53,7 S	66,7
URS GUAPA	2004	2195	81	40,9 I	30,3	87,3 S	61,0 I	45,9 I	57,5 I
URS TAURA	2009	3313 S	79	48,8 S	32,0	85,4 S	74,2 S	71,3 S	73,8 S
URS TARIMBA	2009	2816	77	46,5	27,0 I	77,3	68,4	54,9	66,2
URS GURIA	2010	3132 S	78	45,8	28,8	76,8	67,8	47,5 I	65,3
URS CHARRUA	2010	3425 S	85	49,5 S	32,7 S	83,3 S	69,3	62,9 S	68,1
URS TORENA	2010	3113 S	79	48,0 S	38,3 S	91,2 S	67,4	62,4 S	66,2
URS CORONA	2010	3298 S	89	47,6	32,6 S	86,5 S	68,3	61,3 S	67,1
URS PENCA	2011	2134	84	52,0 S	29,0	79,1	73,3 S	60,2 S	72,1 S
URS ESTAMPA	2011	2507	84	47,9	31,3	79,1	74,4 S	70,9 S	73,4 S
URS GUARA	2011	3171 S	85	47,0	33,0 S	87,4 S	70,3 S	64,4 S	69,2 S
URS BRAVA	2012	4454 S	84	54,6 S	31,9	85,5 S	75,8 S	67,6 S	75,0 S
Média		2554,0	84,5	45,8	29,7	78,0	67,9	56,1	66,0
Desvio Padrão		431,87	7,04	2,14	2,59	4,04	2,31	3,57	2,53
Inferior		2122,1	77,43	43,68	27,09	74,00	65,55	52,54	63,42
Superior		2985,8	91,51	47,96	32,27	82,08	70,16	59,69	68,49

REND = Rendimento de grãos (kg/ha); DEF = Dias da emergência ao florescimento; PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque rotor na velocidade 1(%); EfiPotDesV1 = Eficiência de descasque rotor na velocidade 1(%); %Cariopse = Porcentagem de cariopse; ¹S = Superior (valor acima da média mais um desvio padrão do caráter); I = Inferior (valor abaixo da média menos um desvio padrão do caráter).

Por outro lado, as cultivares UFRGS 4, UFRGS 19, UFRGS 20, URS 21, URS Taura, URS Penca, URS Estampa, URS Guará e URS Brava foram superiores quanto à facilidade de descasque, eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse, em 2012 (Tabela 6). É interessante notar que as últimas quatro cultivares representam os últimos lançamentos comerciais do Programa de Melhoramento da UFRGS, realizados

em 2011 e 2012 (Tabela 6). Desse grupo de cultivares superior para potencial de rendimento de moagem, as cultivares UFRGS 4, URS Taura, URS Guará e URS Brava também foram superiores para o caráter porcentagem de grãos maiores que 2 mm em 2012 (Tabela 6).

A cultivar URS Guapa mostrou comportamento inferior para a facilidade e eficiência de descasque, assim como para a porcentagem de cariopse, em 2012, apesar de ser superior para a porcentagem de grãos maiores que 2 mm (Tabela 6), indicando que esse último caráter não é um indicador do potencial de rendimento de flocos de uma cultivar.

4.1.2 Associação entre caracteres agronômicos, de qualidade física e eficiência de descasque de grãos em cultivares de aveia

Em um programa de melhoramento genético de plantas muitas vezes não é possível medir todas as características necessárias para a seleção, logo, a seleção indireta através de caracteres mais simples e de mais fácil mensuração, possibilita maior eficiência na seleção. Dessa forma, para uma seleção mais efetiva de genótipos com maior qualidade física de grãos em aveia, é fundamental compreender as associações entre as características que compõem a qualidade física. As quais também possam servir de critérios de seleção para melhoria da qualidade física dos grãos, em populações segregantes.

Para melhor entender que fatores explicam o comportamento e a variação dos componentes de qualidade física e de descasque de grãos em aveia branca foi realizada uma análise de correlação dos dados obtidos, para verificar a existência de associação entre as variáveis. Análises de regressão linear, simples e múltiplas, também foram

realizadas, procurando entender como a qualidade física e eficiência de descasque dos grãos é formada nas cultivares de aveia.

Para maior robustez das associações, os dados dos dois anos de cultivo foram analisados de forma conjunta. Também, o conjunto de dados foi analisado de forma distinta para a estimativa das regressões lineares. Primeiro, foram feitas regressões utilizando todo o conjunto de dados, ou seja, considerando as repetições. Após, a fim de reduzir a variação dos dados, devido à variação entre parcelas, foram realizadas análises de regressão linear com as médias dos genótipos, dentro de cada ano. A utilização das médias teve por objetivo procurar relações causais que ocorram no desempenho médio dos genótipos e que, por isso, produza uma melhor predição de seu comportamento ao longo dos anos.

Coefficientes de correlação positivos, variando entre médio a elevados, foram observados entre a porcentagem de cariopse total (%Cariopse), eficiência potencial de descasque (EfiPotDesV1) e facilidade de descasque (FacilDesV1). A maior correlação foi verificada entre %Cariopse e EfiPotDesV1 (0,95), indicando que o caráter eficiência potencial de descasque é um bom estimador da porcentagem de cariopse (Tabela 7).

TABELA 7. Correlação fenotípica entre componentes de qualidade física de grãos, em cultivares de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011/2012.

	%Cariopse	EfiPotDesV1	FacilDesV1
%Cariopse	1	0,95** ⁽¹⁾	0,70**
EfiPotDesV1		1	0,76**
FacilDesV1			1

FacilDesV1 = Facilidade de descasque (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopses; ^{(1)**} = significativo a 1% de probabilidade.

Na Tabela 8 estão representados os coeficientes de correlação entre os componentes de qualidade física e eficiência de descasque de grãos de aveia com

caracteres de desempenho agrônômico, rendimento de grãos, componentes do rendimento de grãos e caracteres de formato dos grãos.

O peso do hectolitro (PH) apresentou associação moderada com os caracteres relativos ao peso dos grãos, como o peso de grãos primário da panícula (0,59), peso de grãos secundários da panícula (0,59) e peso de grãos da panícula (0,60), além do número de grãos por panícula (0,46) (Tabela 8). Os caracteres perímetro do grão e comprimento do grão mostraram associação negativa, porém baixa, com o PH, igual a -0,22 e -0,21, respectivamente. Por outro lado, o peso do hectolitro foi altamente associado com os caracteres de facilidade de descasque (0,72), eficiência potencial de descasque (0,82) e porcentagem de cariopse (0,80). (Tabela 8).

A porcentagem de grãos maiores que 2 mm se mostrou mais associado ao peso de mil grãos (0,68). Apresentou também uma associação de média intensidade com a área e a largura do grão (0,48 e 0,53). Por outro lado, a porcentagem de grãos maiores que 2 mm foi negativamente associada ao número de grãos primários e secundários.

A facilidade de descasque dos grãos de aveia (FacilDesV1) mostrou-se positivamente associado ao peso de mil grãos (0,32) e com a porcentagem de grãos maiores que dois milímetros (0,46), embora ambas correlações tenham sido de baixa magnitude. A variável FacilDesV1 foi ainda negativamente correlacionada com o número de grãos primários e secundários da panícula, embora essas associações tenham sido muito baixas, -0,19 e -0,18, respectivamente.

O caráter eficiência potencial de descasque foi positivamente associado, embora de forma pouco intensa, com a porcentagem de grãos maiores que 2 mm (0,29), ao peso de grãos primários (0,34), ao peso de grãos da panícula (0,35), assim como com o maior número de grãos primários e secundários na panícula (Tabela 8). Por outro lado, associação negativa, também baixa, foi verificada entre a eficiência potencial de

descasque com caracteres relativos ao formato dos grãos, que foram a área (-0,20), o perímetro (-0,28) e o comprimento dos grãos (-0,27); indicando que o aumento em uma dessas características pode resultar na diminuição da eficiência potencial de descasque em aveia branca (Tabela 8). Entretanto, parece que grãos mais circulares podem estar associados com maior potencial de descasque, embora a associação desse caráter com a circularidade dos grãos tenha sido de apenas 0,21(Tabela 8).

TABELA 8. Correlação fenotípica entre os componentes do rendimento de grãos, dias da emergência ao florescimento e caracteres de qualidade física dos grãos, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

	%G>2mm	PH	FacilDesV1	EfiPotDesV1	%Cariopse
PH	----	----	0,72**	0,82**	0,80**
%G>2mm	----	0,35**	0,46**	0,29**	0,32**
REND	0,25**	0,73**	0,25**	0,57**	0,58**
DEF	-0,05 ^{ns}	0,32** ⁽¹⁾	-0,10 ^{ns}	0,14*	0,13 ^{ns}
PMG	0,68**	0,37**	0,32**	0,27**	0,20**
AREA	0,48**	-0,11 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,20**	-0,28**
PERI	0,17**	-0,22**	-0,11 ^{ns}	-0,28**	-0,35**
COMP	0,13*	-0,21**	-0,12 ^{ns}	-0,27**	-0,33**
LARG	0,53**	-0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
CIRC	0,32**	0,23**	0,17*	0,21**	0,23**
NGPri	-0,30*	0,39**	-0,19**	0,19**	0,26**
NGSec	-0,24**	0,43**	-0,18**	0,22**	0,28**
NGTer	0,29**	0,19**	0,17**	0,12 ^{ns}	0,20**
NGPan	-0,18**	0,46**	-0,13 ^{ns}	0,24**	0,32**
PGPri	0,12**	0,59**	-0,01 ^{ns}	0,34**	0,38**
PGSec	0,24**	0,59**	0,02 ^{ns}	0,33**	0,37**
PGTer	0,29**	0,16*	0,16*	0,08 ^{ns}	0,17*
PGPan	0,20**	0,60**	0,02 ^{ns}	0,35**	0,39**

REND = rendimento de grãos; DEF = Dias da emergência ao florescimento; PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros);%G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque rotor na velocidade 1 (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque rotor na velocidade 1 (%);%Cariopse = Porcentagem de cariopses (%); NGPri= Número de grãos primários por panícula; NGSec = Número de grãos secundários por panícula; NGTer = Número de grãos terciários por panícula; NGPan = Número de grãos por panícula; PGPri = Peso de grãos primários da panícula (g); PGSec = Peso de grãos secundários da panícula (g); PGTer = Peso de grãos terciários da panícula (g); PGPan = Peso de grão por panícula (g); ÁREA = Área do grão (mm); PERI = Perímetro do grão (mm); COMP = Comprimento do grão (mm); LARG = Largura do grão (mm); CIRC = Circularidade do grão; ⁽¹⁾ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** =nsignificativo a 1% de probabilidade.

A porcentagem de cariopse apresentou coeficientes de correlação significativos com quase todas as características, exceto para dias da emergência à floração (DEF) e para a largura do grão (LARG). O aumento do perímetro dos grãos de aveia tende a diminuir a porcentagem de cariopse (-0,35), o que deve ser o resultado de grãos mais longos e com maior proporção de casca relativo ao conteúdo de cariopse. Conforme revelado pela associação negativa (-0,33) entre porcentagem de cariopse e o comprimento dos grãos, o que é reforçado pela correlação (0,23) positiva entre circularidade e porcentagem de cariopse. Panículas mais pesadas estão associadas às porcentagens de cariopse mais elevadas, conforme indicado pela correlação desse caráter com o peso de grãos da panícula, que foi igual a 0,39 (Tabela 8).

Nas Tabela 9 estão apresentados os coeficientes de correlação entre caracteres relativos ao formato dos grãos, enquanto que na Tabela 10 estão as correlações entre esses caracteres com o rendimento de grãos e alguns de seus componentes. A área do grão, como era esperado, apresentou correlações positivas com o perímetro, comprimento e largura dos grãos, variando entre 0,70 e 0,75.

TABELA 9. Correlação fenotípica entre caracteres relacionados ao formato dos grãos, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

	ÁREA	PERI	COMP	LARG	CIRC
ÁREA *	1	0,75** ⁽¹⁾	0,70**	0,70**	-0,01 ^{ns}
PERI		1	0,99**	0,33**	-0,65**
COMP			1	0,25**	-0,69**
LARG				1	0,26**
CIRC					1

ÁREA = Área do grão (mm); PERI = Perímetro do grão (mm); COMP = Comprimento do grão (mm); LARG = Largura do grão (mm); CIRC = Circularidade do grão (mm); ⁽¹⁾ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

Porém, não foi verificada associação da área com a circularidade do grão (Tabela 9). O perímetro foi positivo e fortemente associado com o comprimento do grão (0,99), enquanto que grãos mais circulares tendam a ter menor perímetro, indicado pela

correlação negativa entre essas duas características (-0,69). Comprimento e largura dos grãos mostraram-se estar fracamente associados entre si (Tabela 9).

Os caracteres relacionados ao formato dos grãos não apresentaram qualquer associação com o rendimento de grãos (REND), bem como, com o caráter número de grãos terciários por panícula (NGTer), exceto para a circularidade do grão (Tabela 10). É notório que todos os caracteres de formato dos grãos apresentam associações negativas com os caracteres relativos ao número de grãos na panícula, indicando que panículas com maior número de grãos tendem a ter grãos menores, em quase todas as dimensões, principalmente a área e a largura dos grãos (Tabela 10).

TABELA 10. Correlação fenotípica entre rendimento de grãos, caracteres associados ao número de grãos por panícula e caracteres associados ao formato dos grãos, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

	REND	NGPri	NGSec	NGTer	NGPan
AREA	-0,05 ^{ns} (1)	-0,33**	-0,27**	0,09 ^{ns}	-0,30**
PERI	-0,13 ^{ns}	-0,13*	-0,14*	-0,09 ^{ns}	-0,18**
COMP	-0,11 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,14*
LARG	-0,06 ^{ns}	-0,38**	-0,32**	0,02 ^{ns}	-0,37**
CIRC	0,12 ^{ns}	-0,21**	-0,14*	0,21**	-0,12 ^{ns}

REND = Rendimento de grãos (kg/ha); NGPri= Número de grãos primários da panícula; NGSec = Número de grãos secundários da panícula; NGTer = Número de grãos terciários da panícula; NGPan = Número de grãos por panícula; ÁREA = Área do grão (mm); PERI = Perímetro do grão (mm); COMP = Comprimento do grão (mm); LARG = Largura do grão (mm); CIRC = Circularidade do grão (mm). ⁽¹⁾ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

Os coeficientes de correlação para o rendimento de grãos e os componentes de peso de grãos e número de grãos da panícula estão apresentados na Tabela 11. O rendimento de grãos mostrou correlação de magnitude intermediária com peso de grãos primários por panícula (0,61), peso de grãos secundários por panícula (0,71), e ainda, com o peso de grãos por panícula (0,69). O número de grãos primários por panícula apresentou forte associação com número de grãos secundários por panícula, bem como, com o número de grãos por panícula. Da mesma forma, o aumento no número de grãos primários por panícula e no número de grãos secundários por panícula tem associação

positiva com o maior peso de grãos da panícula (0,77) e (0,84), respectivamente (Tabela 11). Fato relevante é que o número de grãos secundários por panícula apresenta associação maior com o peso de grãos da panícula, comparado com o número de grãos primários por panícula, embora essa diferença não seja grande (Tabela 11).

TABELA 11. Correlação fenotípica entre o rendimento de grãos, componentes do rendimento de grãos e caracteres de qualidade física de grãos, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

	NGPri	NGSec	NGTer	NGPan	PGPri	PGSec	PGTer	PGPan
REND	0,44** ⁽¹⁾	0,53**	0,39**	0,58**	0,61**	0,71**	0,33**	0,69**
NGPri	1	0,96**	-0,11 ^{ns}	0,94**	0,83**	0,70**	-0,16*	0,77**
NGSec		1	0,00 ^{ns}	0,96**	0,86**	0,81**	-0,05 ^{ns}	0,84**
NGTer			1	0,19**	0,04 ^{ns}	0,29**	0,96**	0,22**
NGPan				1	0,84**	0,82**	0,13*	0,85**
PGPri					1	0,91**	0,01 ^{ns}	0,97**
PGSec						1	0,27**	0,98**
PGTer							1	0,20**
PGPan								1

REND = Rendimento de grãos (kg/ha); NGPri= Número de grãos primários por panícula; NGSec = Número de grãos secundários por panícula; NGTer = Número de grãos terciários por panícula; NGPan = Número de grãos por panícula; PGPri = Peso de grãos primários por panícula (g); PGSec = Peso de grãos secundários por panícula (g); PGTer = Peso de grãos terciários por panícula (g); PGPan = Peso de grão por panícula (g); ÁREA = Área do grão (mm); PERI = Perímetro do grão (mm); COMP = Comprimento do grão (mm); CIRC = Circularidade do grão (mm); ⁽¹⁾ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

Após identificar as associações existentes entre as diferentes características, é necessário entender quais caracteres explicam a variação encontrada. Através da regressão linear múltipla é possível estudar a associação entre as características avaliadas, concernente às relações de causa e efeito. Na tentativa de explicar a variação encontrada para as características ligadas à qualidade de grãos e eficiência de descasque foram realizadas análises de regressão entre estes caracteres e as demais características medidas.

Conforme descrito anteriormente, as análises de regressão linear, para cada caráter, foram realizadas considerando todo o conjunto de dados, ou seja, incluindo as repetições, dentro de cada ano, e com as médias por genótipo, dentro de cada ano.

As regressões serão apresentadas da seguinte forma, primeiro as análises de regressão considerando todo o conjunto de dados, posteriormente aquelas realizadas considerando as médias de cada genótipo, dentro de cada ano.

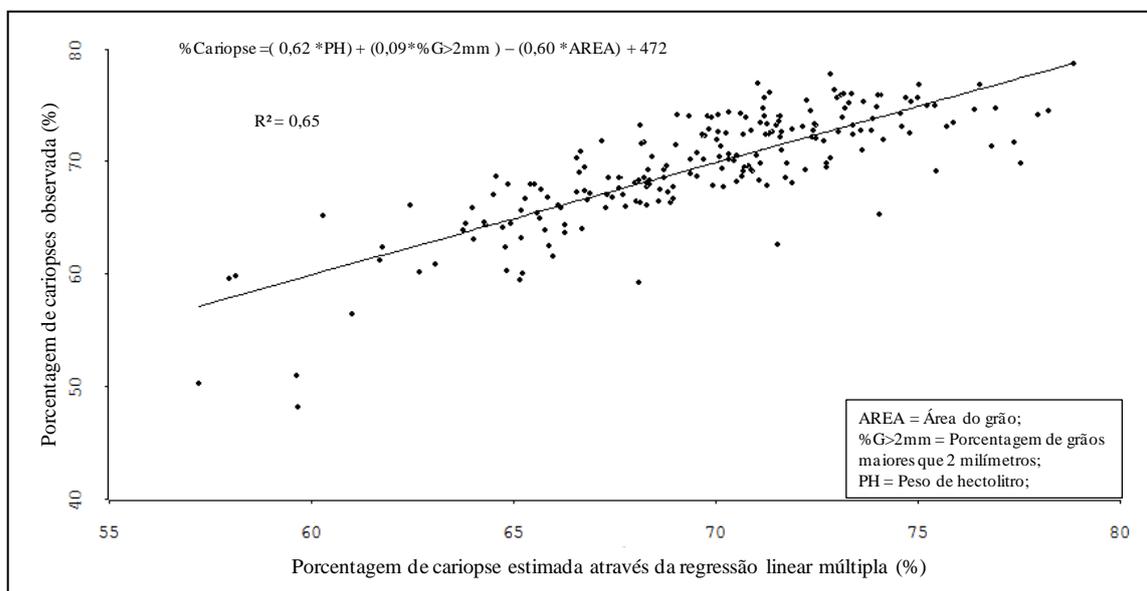


FIGURA 2. Regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse (variável dependente) e caracteres de qualidade física de grãos, com base nos dados por repetição, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Na Figura 2 está representada a regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse (variável dependente) e os caracteres associados à porcentagem de cariopse das cultivares de aveia, considerando todo o conjunto de dados. O coeficiente de determinação foi de 0,65, significando que 35% da variação não é explicada pelas variáveis independentes. Nesta análise verificou-se que a maior porcentagem de cariopse é alcançada pelo aumento do peso do hectolitro e da porcentagem de grãos maiores que 2 mm, concomitante a uma redução da área dos grãos (Figura 2 e Tabela 12).

Com o objetivo de verificar a contribuição relativa de cada variável para a porcentagem de cariopse foi realizada regressão linear múltipla com os dados padronizados, uma vez que, as variáveis apresentam diferentes unidades de medida e

não é possível distinguir a real contribuição destas para a variação da porcentagem de cariopse. Esta regressão está representada na Tabela 12, onde se verifica que a variável que mais influenciou a porcentagem de cariopse foi o peso do hectolitro, seguida pela área do grão, que influenciou negativamente a porcentagem de cariopse. A porcentagem de grãos maiores que dois milímetros foi a variável que menos explicou a variação observada na porcentagem de cariopse (0,24), embora sua contribuição não tenha sido muito diferente daquela estimada para a área do grão, mesmo que de sentido contrário.

TABELA 12. Regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse (variável dependente) e caracteres de qualidade física do grão, a partir dos dados por parcela, originais e padronizados, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada*	Estimativa dos Coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados padronizados	
Intercepto	472,00	-0,01	0,79
PH	0,62	0,65	<,0001
%G>2mm	0,09	0,24	<,0001
AREA	-0,60	-0,29	<,0001
Coefficiente de determinação	0,65		

* PH= Peso do hectolitro (kg/100L), %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%), Área = Área do grão (mm).

⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste |t|.

Para a associação entre a porcentagem de cariopse e as demais características avaliadas considerando a média dos dados, foram realizadas dois tipos de análise de regressão. A primeira que será descrita é a análise de regressão linear simples entre a porcentagem de cariopse (variável dependente) com cada uma das características que foram significativas na análise de regressão linear múltipla, a qual será apresentada logo em seguida. Na Figura 3 estão representadas as associações lineares simples entre a porcentagem de cariopse e demais características para as médias das cultivares, dentro de cada ano. É possível observar que a associação entre a porcentagem de cariopse e o peso de mil grãos (Figura 3-A), apresentou um baixo coeficiente de determinação. Da mesma forma, a variação encontrada para a circularidade do grão não foi capaz de

explicar a variação da porcentagem de cariopse para os anos de 2011 e 2012 (Figura 3-B). O aumento do comprimento do grão promoveu a redução da variável porcentagem de cariopse, de forma a explicar 13% da variação encontrada nesta variável (Figura 3-C). O peso do hectolitro foi a variável que mais influenciou individualmente a porcentagem de cariopse ($R^2 = 0,71$), de modo que o aumento de 1 Kg/100l desse caráter promoveu o incremento de 0,78% na porcentagem de cariopse (Figura 3-D).

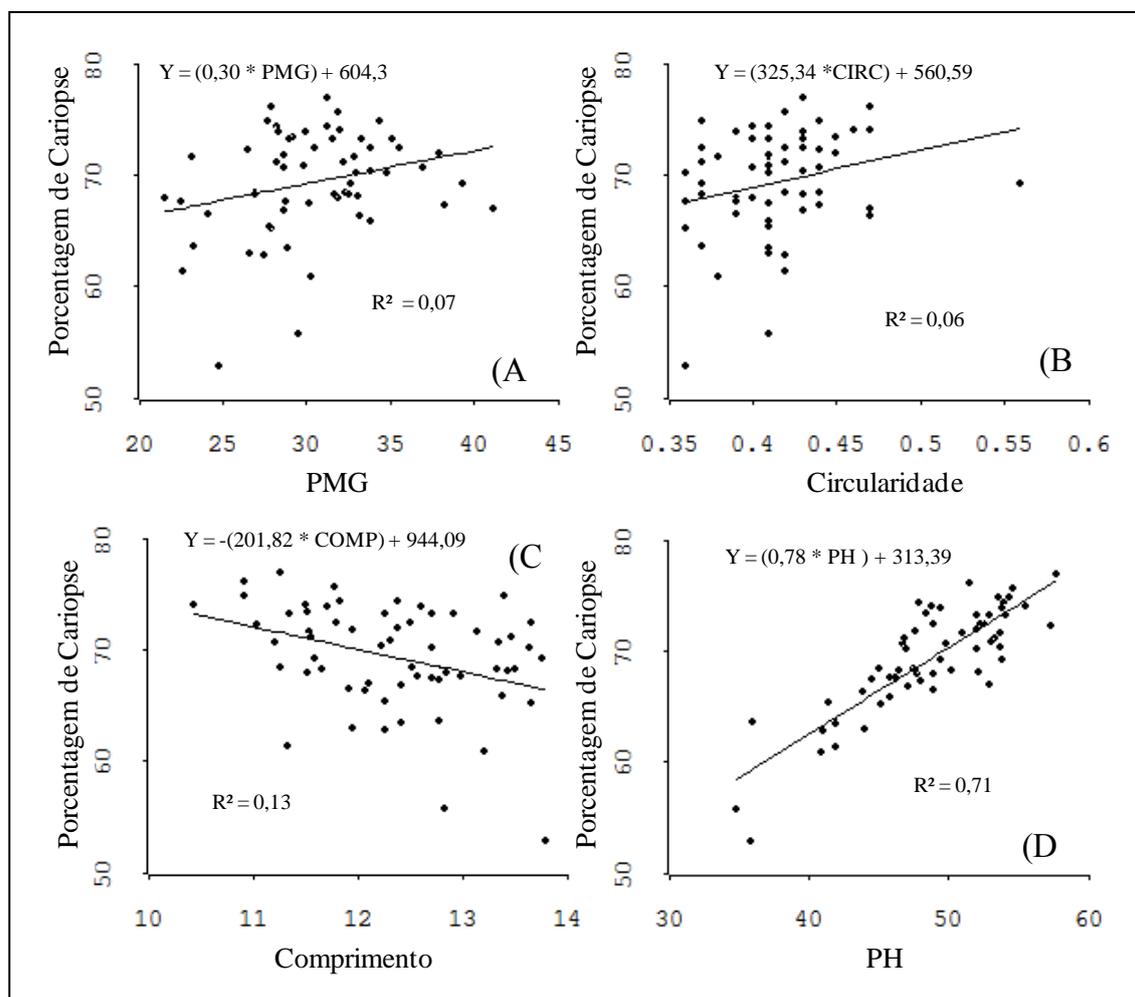


FIGURA 3. Regressões lineares simples, na média das cultivares de aveia, dentro de cada ano, da porcentagem de cariopse (variável dependente) com: A) Peso de mil grãos – PMG; B) Circularidade do grão; C) Comprimento do grão; D) peso do hectolitro – PH. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Na Figura 4 está representada a regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse e outras variáveis explicativas significativas usando médias dos genótipos. O coeficiente de regressão encontrado foi de $R^2 = 0,77$. Os caracteres significativamente associados com a porcentagem de cariopse foram o peso do hectolitro, o peso de mil grãos, o comprimento do grão e a circularidade de grão (Figura 4 e Tabela 13). Portanto, somente o peso do hectolitro manteve-se em ambos os modelos de regressão, com dados por parcela e dados médios por genótipo, procurando explicar a variação para a porcentagem de cariopse (Tabelas 12 e 13).

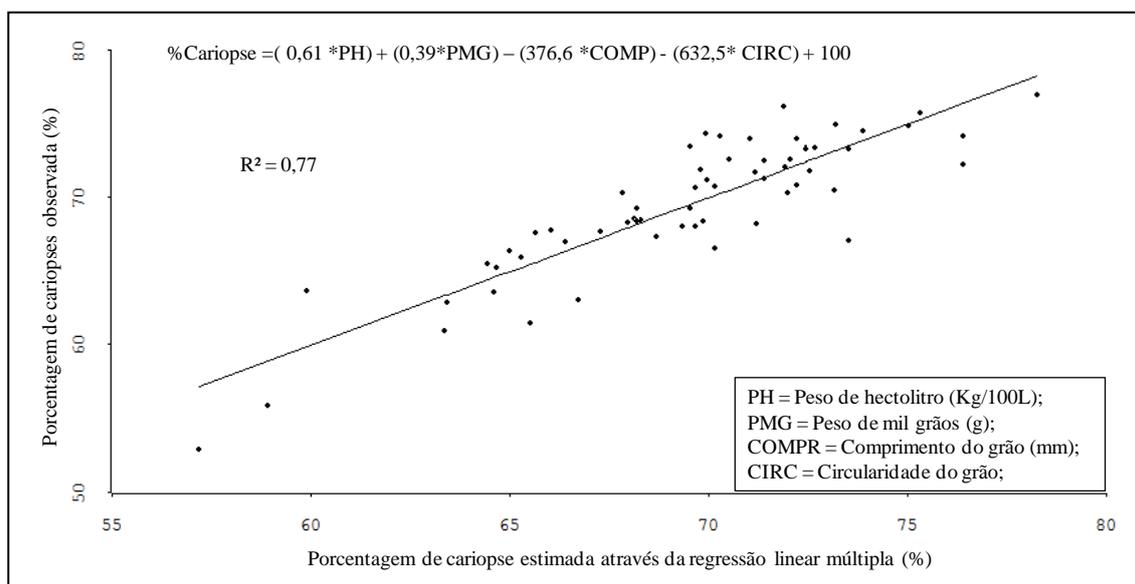


FIGURA 4. Regressão linear múltipla, na média das cultivares de aveia, dentro de cada ano, entre a porcentagem de cariopse e caracteres de qualidade física de grãos. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Na Tabela 13 estão representados os coeficientes de regressão entre a porcentagem de cariopses e os caracteres de qualidade física usando os dados originais e os dados padronizados, os quais permitem a comparação da magnitude da influência das características explicativas sobre a variável dependente.

O peso do hectolitro apresentou um coeficiente de regressão igual a 0,66 (Tabela 13), similar ao apresentado na regressão linear múltipla considerando os dados por

parcela (Tabela 12), sendo o caráter que mais influenciou a porcentagem de cariopse. Associação positiva também foi verificada para o peso de mil grãos e a porcentagem de cariopse, de modo que o aumento de um desvio padrão para o PMG promoveu um aumento de 0,35 desvios padrões na porcentagem de cariopse. Porém o aumento de um desvio padrão para os caracteres comprimento e circularidade do grão promoveu um decréscimo da porcentagem de cariopse de -0,67 e -0,48 desvios padrões, respectivamente (Tabela 13).

TABELA 13. Regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse (variável dependente) e caracteres de qualidade física de grãos, a partir das médias, dentro de cada ano, originais e padronizadas, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável	Estimativa dos Coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados Padronizados	
Intercepto	100,00	0,00	1,00
PH	0,61	0,66	<0,0001
PMG	0,39	0,35	0,02
COMP	-377,00	-0,67	0,00
CIRC	-633,00	-0,48	0,01
Coefficiente de determinação	0,77		

PH = Peso do hectolitro (Kg/100l); PMG = Peso de mil grãos (g); COMP = Comprimento do grão (mm); CIRC = Circularidade do grão (mm). ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

A eficiência de descasque é fator muito importante para a qualidade industrial de grãos de aveia, nesse sentido, entender quais as características relacionadas a esse caráter é de suma importância, principalmente para o desenvolvimento de critérios de seleção dentro dos programas de melhoramento genético de aveia. Com esse objetivo, foi realizada a análise de regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque e características agrônomicas associadas. Com base nos dados por parcela, 64% da variação da eficiência potencial de descasque, observada nos anos de 2011 e 2012, foi explicada pelo modelo de regressão linear múltipla estimada (Figura 5). Onde seis características foram significativamente associadas.

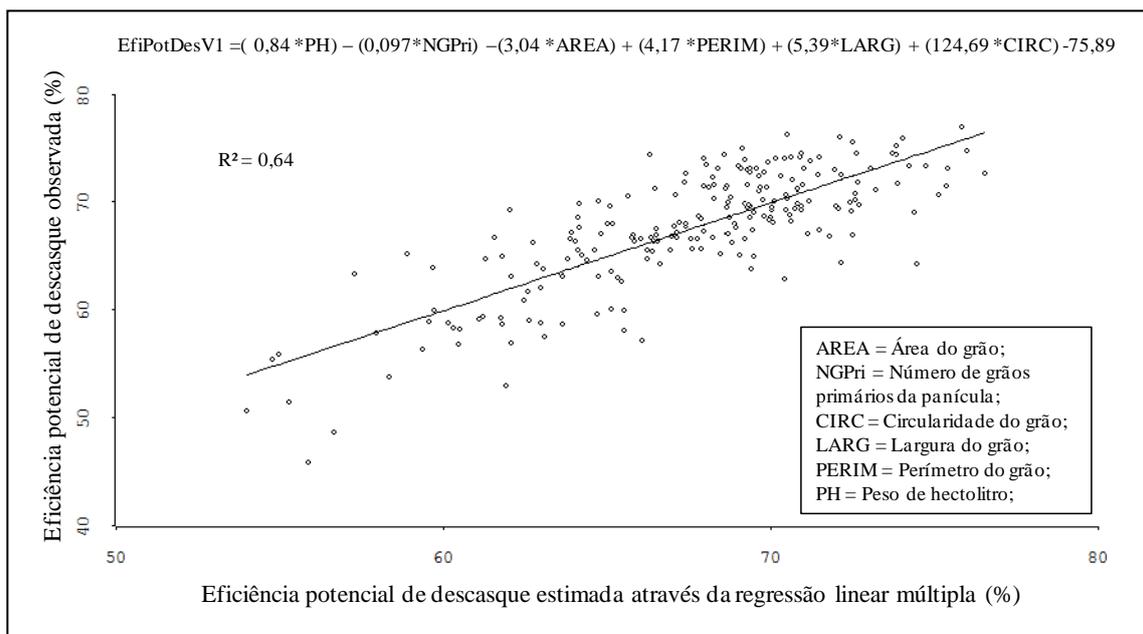


FIGURA 5. Regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade física de grãos, com base nos dados por parcela, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Na Tabela 14 estão representados os coeficientes de regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque e demais características que se mostram significativamente associadas a essa variável dependente. Com base na análise de regressão utilizando dados padronizados por parcela, é possível verificar que o caráter que mais influencia a eficiência potencial de descasque é o perímetro do grão (associação positiva igual a 1,33), seguido pela área do grão, que apresentou uma associação negativa (-1,28), indicando que a característica promove um declínio de 1,28 desvios padrões no descasque com o aumento de 1 desvio padrão na área do grão. As outras duas características que mais influenciam o caráter eficiência potencial de descasque são a circularidade do grão e o peso do hectolitro, ambos positivamente, com valores de 0,82 e 0,78, respectivamente. O número de grãos primários da panícula e a largura do grão mostraram influência de igual magnitude sobre a eficiência potencial de descasque, ambas de 0,18, embora o número de grãos primários tenha associação negativa e a largura tenha associação positiva com a variável dependente (Tabela 14).

TABELA 14. Regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade física de grãos, com base nos dados por parcela, originais e padronizados, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada*	Estimativa dos Coeficientes de regressão		Pr > t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados Padronizados	
Intercepto	-75,89	0,03	0,4009
PH	0,84	0,78	<,0001
NGPri	-0,10	-0,18	0,0005
Área	-3,04	-1,28	0,0024
Perímetro	4,17	1,33	0,0123
Largura	5,4	0,18	0,0121
Circularidade	124,69	0,82	0,0182
Coefficiente de determinação	0,64		

* PH= Peso do hectolitro (kg/100l), NGPri = Número de grãos primários da panícula, Área = Área do grão (mm), Perímetro = Perímetro do grão(mm), Largura = Largura do grão (mm), Circularidade = Circularidade do grão. ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste |t|.

Na tentativa de obter associações mais robustas da eficiência potencial de descasque com os demais caracteres estudados, uma análise de regressão linear múltipla foi realizada utilizando as médias das cultivares, dentro de cada ano do experimento, a qual está representada na Figura 6. O coeficiente de determinação da regressão múltipla envolvendo os valores médios de eficiência potencial de descasque foi igual a 0,75, sendo que apenas o peso do hectolitro, número de grãos primários e área do grão foram significativamente associados com essa variável dependente.

A análise de regressão linear múltipla, a partir dos dados padronizados, tendo o caráter eficiência potencial de descasque como variável dependente é apresentada na Tabela 15. O peso do hectolitro foi o caráter que mais influenciou a eficiência potencial de descasque, na média das cultivares, onde a cada aumento de 1 desvio padrão desse caráter resultou no incremento de 0,93 desvio padrão na eficiência potencial de descasque (EfiPotDesV1). Por outro lado, a variável número de grãos primários por panícula (NGPri) e a área do grão foram negativamente associados com a eficiência potencial de descasque. Deste modo, a elevação de um desvio padrão do caráter NGPri

e no caráter área do grão, resultou na redução de 0,29 e 0,20 desvio padrão na EfiPotDesV1, respectivamente (Tabela 15).

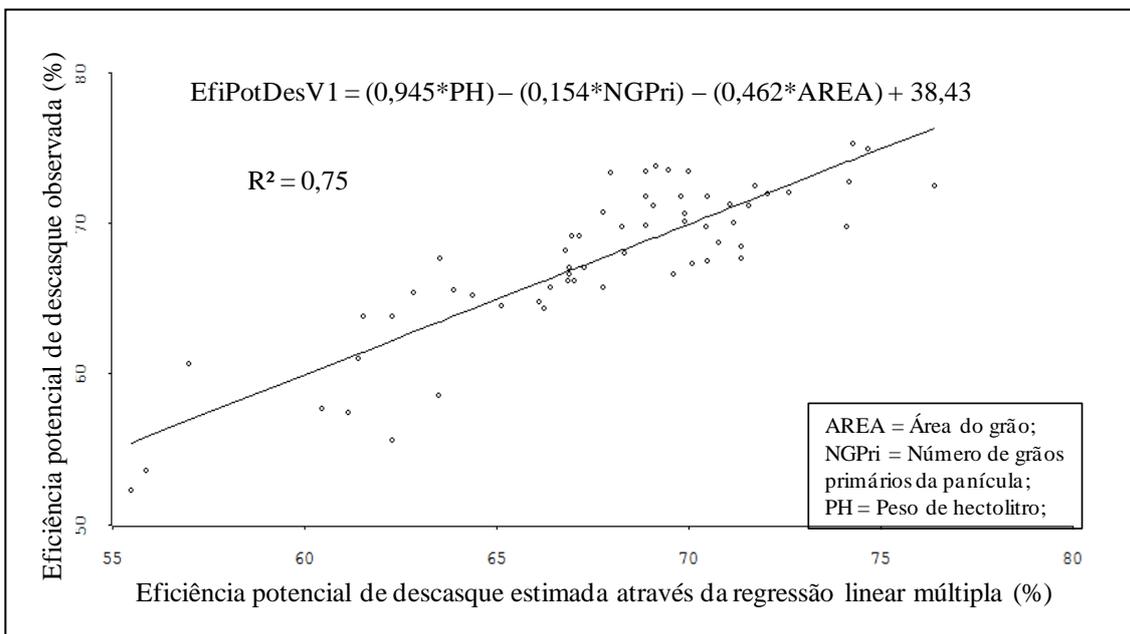


FIGURA 6. Regressão linear múltipla, na média das cultivares, dentro de cada ano, entre a eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade de grãos. Eldorado do Sul, 2011 e 2012.

TABELA 15. Regressão linear múltipla entre eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade física dos grãos, com base nas médias de cultivares originais e padronizadas, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos coeficientes de Regressão		Pr > t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados Padronizados	
Intercepto	38,43	0,002	0,9792
PH	0,95	0,93	<0,0001
NGPri	-0,15	-0,29	0,0008
ÁREA	-0,46	-0,20	0,008
Coefficiente de determinação	0,75		

PH= Peso do hectolitro (kg/100l); NGPri = Número de grãos primários da panícula; Área = Área do grão (mm); ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

Entre as cultivares que apresentaram maior eficiência potencial de descasque destacou-se a cultivar URS Taura, que exibe, além de uma alta eficiência de descasque, uma grande estabilidade para esse caráter. Dessa forma, o valor médio da eficiência potencial de descasque para a cultivar URS Taura foi usado como referência para a

comparação com as demais cultivares classificando-as em superiores e inferiores. Os genótipos classificados como superiores foram aqueles com uma eficiência potencial de descasque cuja média era superior a 95% da média da eficiência potencial de descasque da cultivar URS Taura, dentro de cada ano de cultivo. Já os genótipos classificados como inferiores são os que possuíam média de eficiência potencial de descasque igual ou inferior a 90% da média da cultivar URS Taura, dentro de cada ano.

Utilizando somente as cultivares que tiveram médias de eficiência de potencial descasque superior a 95% da média da cultivar URS Taura, foi realizada uma análise de regressão linear múltipla, considerando a eficiência de potencial de descasque como variável dependente. Nesta análise constatou-se que 11 características foram associadas à eficiência de potencial de descasque (Figura 8), e não somente as três variáveis como aquelas encontradas no modelo utilizando as médias de todas as cultivares (Tabela 15). Porém, as análises de regressão linear simples envolvendo as mesmas 11 características como variáveis explicativas do caráter eficiência potenciais de descasque, na média das cultivares superiores para o caráter, revelaram que apenas nove eram associadas com essa variável dependente (Figura 7). Estas regressões lineares simples mostraram baixa associação entre a eficiência potencial de descasque e as variáveis explicativas, revelando que não há uma característica que possa ser usada como critério de seleção isolado para o caráter eficiência de potencial de descasque. Entre os caracteres que apresentam maior associação com a variável dependente estão a largura do grão e a circularidade do grão, com coeficientes de determinação de 0,16 e de 0,20, respectivamente (Figura 7- E).

O ano de 2012, representado por um asterisco vermelho (*), apresentou um menor número de grãos primários e secundários por panícula, assim como menor peso

de grãos primários por panículas, quando comparado com o ano de 2011 (*) (Figura 7-G, I e L).

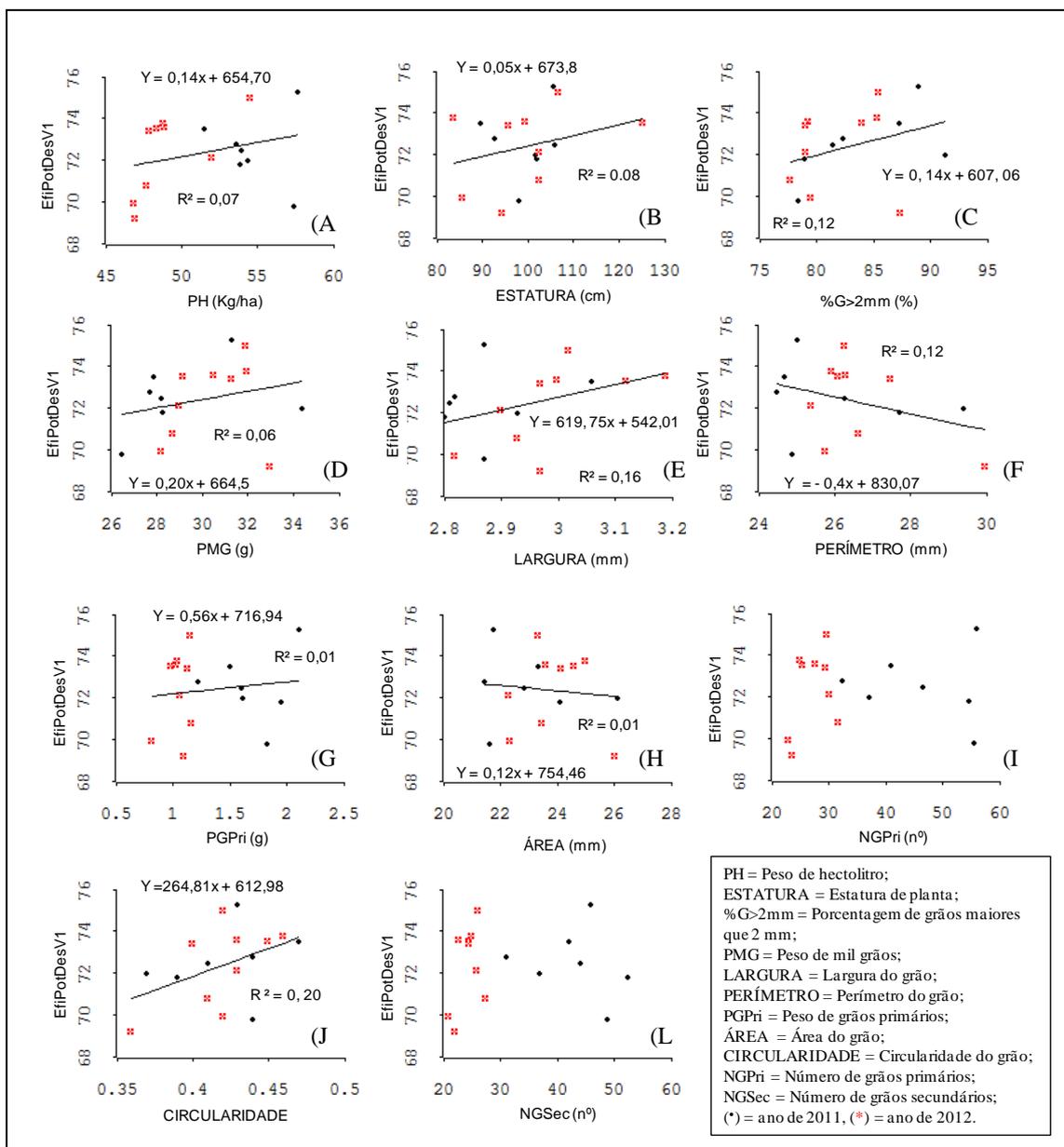


FIGURA 7. Regressões lineares simples entre a eficiência potencial de descasque (variável dependente), considerando as cultivares que apresentam eficiência potencial de descasque superior a 95% da média da cultivar URS Taura, dentro de cada ano, com: A) Peso do hectolitro; B) Estatura de planta; C) Porcentagem de grãos maiores que dois mm; D) peso de mil grãos; E) largura do grão; F) perímetro do grão; G) Peso de grãos primários por panícula; H) Área do grão; I) Número de grãos primários por panícula; J) Circularidade do grão; L) Número de grãos secundários por panícula. Eldorado do Sul.

Na Figura 8 está representada a regressão linear múltipla que procura explicar a eficiência potencial de descasque para os genótipos superiores a 95% em relação à eficiência potencial de descasque da cultivar URS Taura, comparando-se as médias, dentro de cada ano. Foi observado que 11 características foram significativamente associadas à eficiência potencial de descasque, explicando 99% da variação encontrada para essa variável. Ainda na Figura 8, estão apresentados os genótipos que foram caracterizados como superiores para a EfiPotDesV1, verificando-se que a cultivar UFRGS 20, no ano de 2011, e a cultivar URS Brava, no ano de 2012, foram superiores para o caráter eficiência potencial de descasque.

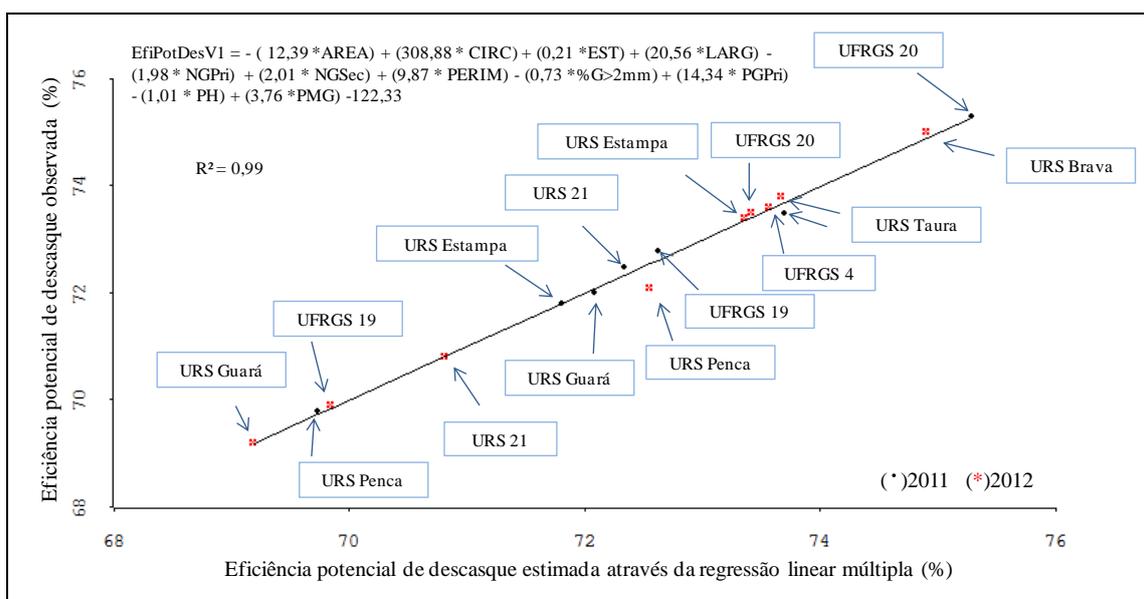


FIGURA 8. Regressão linear múltipla, na média das cultivares, dentro de cada ano, entre a eficiência potencial de descasque e caracteres de qualidade física de grãos, para as cultivares com médias superiores a 95% da eficiência potencial de descasque média da cultivar URS Taura. Eldorado do Sul.

As estimativas dos coeficientes de regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque (variável dependente) e demais caracteres, envolvendo somente as cultivares superiores para a variável dependente, estão apresentadas Tabela 16. É possível observar, através dos coeficientes de regressão lineares obtidos a partir da

regressão com os dados padronizados, que as variáveis explicativas que mais influenciaram o caráter eficiência potencial de descasque foram o número de grãos primários e o número de grãos secundários por panícula. Sendo que quanto maior o número de grãos primários por panícula (NGPri) menor é a expectativa da eficiência potencial de descasque, de modo que o aumento de um desvio padrão no NGPri promove uma redução de 12,45 desvios padrões na eficiência potencial de descasque. Interessante que o peso do grão primário, ao contrário do NGPri, apresenta uma associação positiva com a EfiPotDesV1 (2,97).

TABELA 16. Estimativas dos coeficientes de regressão linear múltipla entre a eficiência potencial de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física de grãos, para as cultivares com médias superiores a 95% da média da eficiência potencial de descasque da cultivar URS Taura, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada*	Estimativa dos coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados padronizados	
Intercepto	-122,33	0,02	0,04
AREA	-12,39	-9,71	0,00
CIRC	308,88	5,04	0,01
EST	0,21	1,12	0,00
LARG	20,56	1,28	0,01
NGPri	-1,98	-12,45	0,00
NGSec	2,01	11,58	0,00
PERI	9,87	8,39	0,00
%G>2mm	-0,73	-1,70	0,00
PGPri	14,34	2,97	0,01
PH	-1,01	-2,00	0,00
PMG	3,76	4,49	0,00
Coefficiente de determinação	0,99		

EST = Estatura de planta (cm); PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros; FacilDesV1 = Facilidade de descasque (%); EfiPotDesV1 = Eficiência de potencial de descasque (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopses total (%); NGPri = Número de grãos primários por panícula; NGSec = Número de grãos secundários por panícula; PGPri = Peso de grãos primários por panícula (g); ÁREA = Área do grão (mm²); PERI = Perímetro do grão (mm); LARG = Largura do grão (mm); CIRC = Circularidade do grão. ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

Por outro lado, o número de grãos secundários por panícula (NGSec) influenciava positivamente a eficiência potencial de descasque (Tabela 16). Sendo que o aumento de um desvio padrão para o NGSec promoveu um incremento de 11,58 desvios

padrões para a EfiPotDesV1. Da mesma maneira, o aumento no perímetro do grão também apresentou uma associação positiva com a EfiPotDesV1. Verifica-se ainda, que os grãos mais circulares promoveram uma maior porcentagem de grãos descascados, uma vez que, a circularidade de grão foi positivamente associada com a EfiPotDesV1.

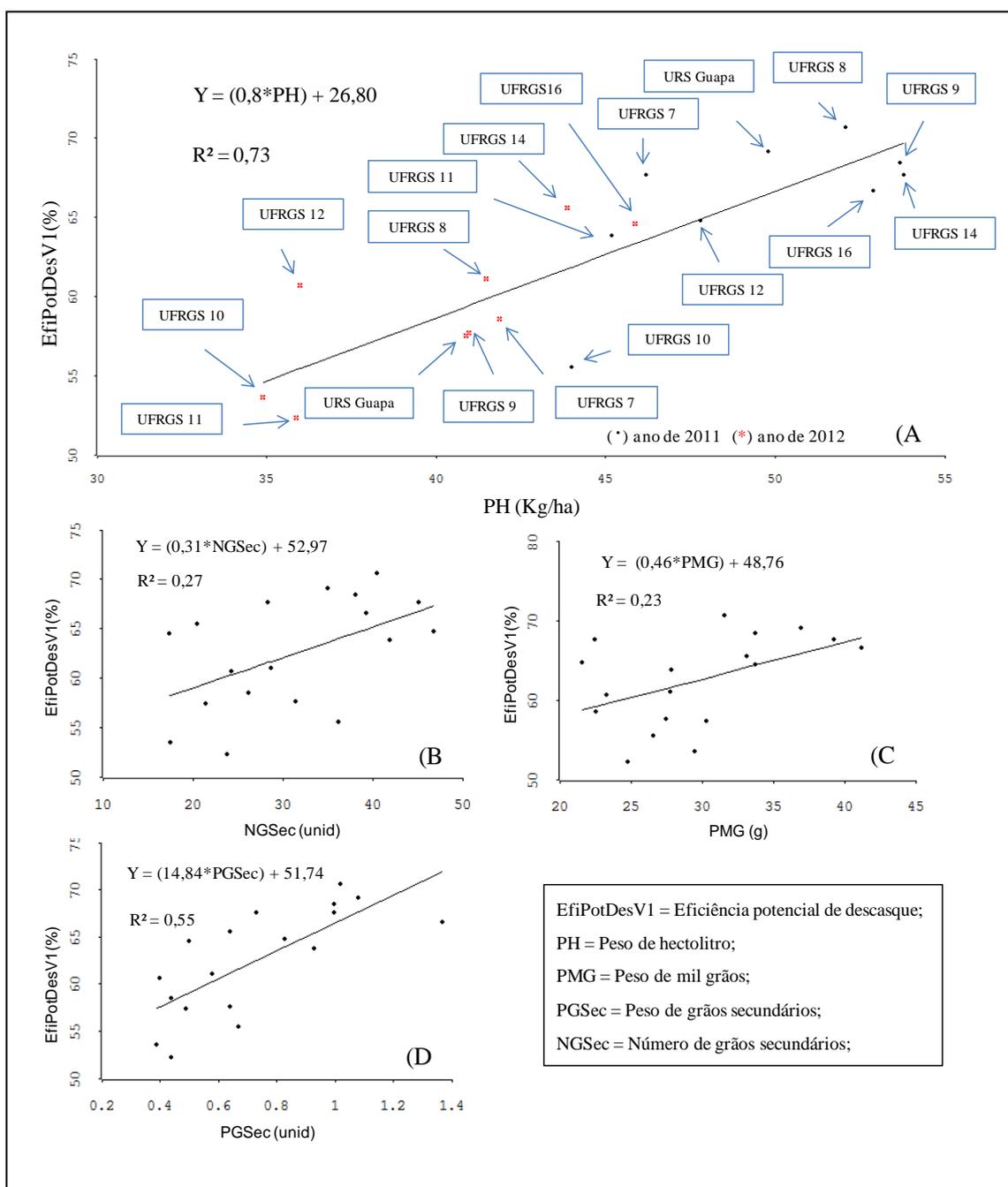


FIGURA 9. Regressões lineares simples, em cultivares de aveia com média de eficiência de descasque inferiores a 90% do valor apresentado pela cultivar URS Taura entre a eficiência potencial de descasque (variável dependente) com: A) Peso do hectolitro – PH; B) Número de grãos secundários NGSec; C) Peso de mil grãos – PMG; D) Peso de grãos secundários. Eldorado do Sul, 2011/2012.

O peso do hectolitro e a porcentagem de grãos maiores que dois milímetros foram negativamente associados à eficiência potencial de descasque para as cultivares analisadas. Para os genótipos classificados como inferiores quanto à eficiência potencial de descasque, ou seja, com média para o caráter igual ou inferior a 90% da média da cultivar URS Taura, dentro de cada ano, foram realizadas análises de regressão linear, tanto múltipla quanto simples, tendo a eficiência do potencial de descasque como variável dependente (Figura 9). Esta análise teve por objetivo identificar as características que influenciam na eficiência potencial de descasque (EfiPotDesV1) nas cultivares inferiores e, se possível, identificar critérios de seleção que permitam eliminar genótipos inferiores para o caráter nos programas de melhoramento de aveia.

Na Figura 9-A está representada a associação linear entre a EfiPotDesV1 e o peso do hectolitro (PH) a qual foi obtida através da seleção por eliminação (*backward selection*) na análise de regressão múltipla para o caráter EfiPotDesV1. O caráter peso do hectolitro isoladamente explicou 73% da variação observada para a eficiência potencial de descasque, sendo que nenhuma outra variável foi significativa no modelo de regressão linear. Também é possível constatar que a EfiPotDesV1 aumentou em 0,8% com o incremento de 1 Kg/100 litros no caráter PH.

As cultivares inferiores a 90% da eficiência potencial de descasque em relação à média da cultivar URS Taura, estão identificadas na Figura 9-A. As cultivares UFRGS 8, UFRGS 9, UFRGS 14, UFRGS 16 e URS Guapa para o ano de 2011, apresentaram os maiores valores para caráter peso de hectolitro e tenderam a também apresentar os maiores valores da eficiência potencial de descasque. Exceção foi a cultivar UFRGS 7 que em 2011 mostrou eficiência potencial de descasque similar a apresentada pelas cultivares UFRGS 9 e UFRGS 14, porém com peso do hectolitro bastante inferior,

comparativamente a essas cultivares. Já as cultivares UFRGS 10 e UFRGS 11, no ano de 2012, apresentaram valores reduzidos para o PH, e conseqüentemente, para o caráter eficiência potencial de descasque.

Na Figura 9-B está representada a associação entre a EfiPotDesV1 e o número de grãos secundários (NGSec), que explica aproximadamente 30% da variação encontrada na variável dependente. O peso de mil grãos foi significativamente associado com a EfiPotDesV1 (Figura 9-C), de forma que o aumento de 1 grama no peso de mil grãos promove o acréscimo de 0,46% na eficiência potencial de descasque. Verifica-se também que, para as cultivares que foram inferiores a 90% a média da cultivar URS Taura analisadas, existe uma associação entre o peso de grãos secundários (PGSec) para a eficiência potencial de descasque, com coeficiente de determinação igual a 55% (Figura 9-D).

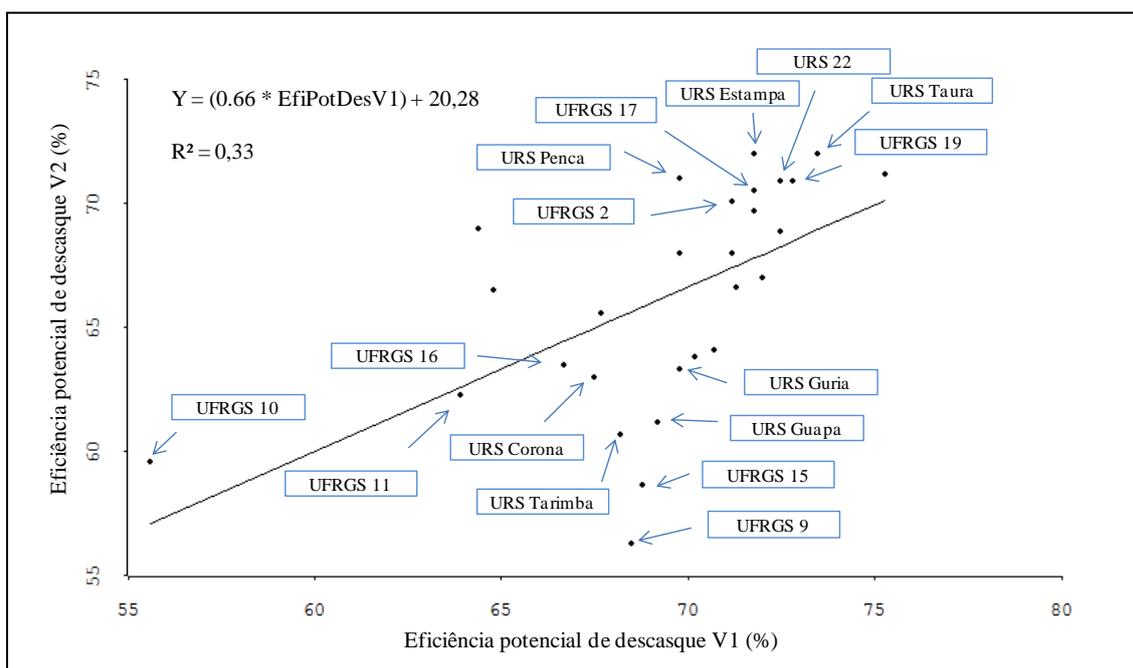


FIGURA 10. Regressão linear simples entre a eficiência potencial de descasque na velocidade de rotação 1 (V1) e a eficiência potencial de descasque na velocidade de rotação 2 (V2), em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011.

Possivelmente, o peso de grãos secundários não é significativo no modelo de regressão linear múltipla, cuja variável dependente é a eficiência potencial de descasque de cultivares inferiores, porque há uma associação positiva entre o peso de grãos secundários e o PH, estimada em 0,59 (Tabela 8), quando analisado todo o conjunto de dados. Um problema do processo de descasque dos grãos de aveia é a quebra do grão, os quais são perdidos no processamento, reduzindo o rendimento industrial desse grão. Dessa forma, os genótipos de aveia que apresentam grãos com maior resistência a essa quebra são de interesse para a indústria de beneficiamento. Com o objetivo de identificar as cultivares mais resistentes à quebra dos grãos por ocasião do descasque foi realizada a estimativa de integridade dos grãos de aveia para as cultivares de aveia no experimento conduzido no ano de 2011 (Figura 10).

Essa estimativa foi realizada através da regressão linear entre a EfiPotDesV1 (amostras de grãos descascados em uma velocidade de rotação menor, cerca de 1085 rpm) e EfiPotDesV2 (amostras de grãos descascados em uma velocidade de rotação maior, cerca de 1190 rpm). Na maior velocidade de rotação tende a ocorrer maior quebra de grãos e tem-se maiores perdas, por sucção dos farelos dos grãos quebrados junto com as cascas. Aqueles genótipos que apresentam eficiência potencial de descasque semelhante nas duas velocidades de descasque são aqueles que apresentam a maior integridade do grão.

O modelo de regressão linear simples entre as eficiências de descasque, nas velocidades de rotação 1 e 2, revela que somente 33% da variação na eficiência de descasque na maior velocidade é explicada pela eficiência de descasque na menor velocidade de rotação (Figura 10). De outra forma, a facilidade do grão descascar está pouco associada com a manutenção da sua integridade quando submetido a rotações mais elevadas de descasque. Assim os grãos com integridade são aqueles que mesmo

em rotações mais elevadas mantêm elevadas porcentagens de grãos descascados, evidenciando menor perda pela quebra das cariopses.

Entre os genótipos com grãos mais íntegros pode se destacar as cultivares UFRGS 19, URS 22, URS Penca, URS Estampa e URS Taura, que mantiveram altas as porcentagens de grãos descascados mesmo na velocidade mais elevada, além disso, mostraram ter grãos que são mais facilmente descascados (Figura 10). Contudo, entre as cultivares que mostraram ter grãos menos íntegros quando submetidos à maior rotação de descasque (eficiência potencial de descasque velocidade 2) e que apresentaram valores intermediários de eficiência potencial de descasque na velocidade 1. Essa baixa relação indica que as cariopses sofreram maiores e tiveram maior quebras que foram aspirada juntamente com as cascas, podem ser citadas as cultivares UFRGS 9, UFRGS 15, URS Tarimba e URS Guapa (Figura 10).

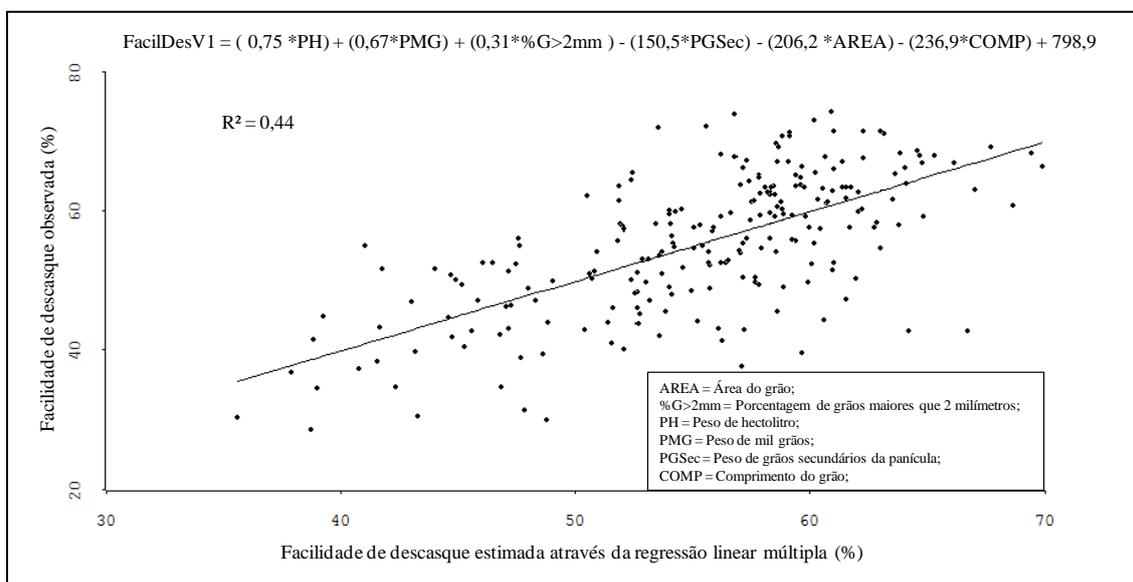


FIGURA 11. Regressão linear múltipla entre facilidade de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física dos grãos, com base nos dados de parcelas das cultivares de aveia branca, Eldorado do Sul, 2011/2012.

A tendência dos grãos de aveia serem mais ou menos aderidos à sua casca é estimada através da facilidade de descasque. A debulhadora de espigas utilizada para o

descasque dos grãos não é um equipamento manufaturado com a finalidade de descascar grãos de aveia. Portanto, espera-se que a facilidade de descasque dos grãos verdadeira esteja sendo subestimada, mas que o método seja eficaz em distinguir genótipos com maior ou menor facilidade de descasque.

O modelo de regressão linear múltipla que tem a facilidade de descasque como variável dependente, utilizando os dados de cada repetição para sua estimativa, é apresentado na Figura 11. Seis variáveis explicativas foram detectadas como significativas neste modelo, no qual o coeficiente de determinação foi igual a 0,44, indicando que 56% da variação da facilidade de descasque não é explicada pela variação dos caracteres presentes no modelo de regressão (Figura 11).

TABELA 17. Regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física de grãos, considerando os dados das parcelas, originais e padronizados, em cultivares de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados padronizados	
Intercepto	798,88	0,01	0,919
PH	0,75	0,39	<,0001
PMG	0,67	0,31	0,003
%G>2mm	0,31	0,41	<,0001
PGSec	-150,48	-0,39	<,0001
AREA	-206,21	-0,49	<,0001
COMP	236,88	0,21	0,009
Coefficiente de determinação	0,44		

PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros); PMG = Peso de mil grãos (g); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); PGSec = Peso de grãos secundários por panícula (g); ÁREA = Área do grão (mm); COMP = Comprimento do grão (mm). ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

Grãos de aveia mais pesados e mais compridos exibem uma maior facilidade de descasque, conforme indicado pela associação positiva do peso do hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMG) e comprimento do grão com o caráter facilidade de descasque (Tabela 17). De modo que, o aumento de 1 Kg/100 litros nos caráter PH, proporciona um incremento de 0,67% no caráter facilidade de descasque. Por outro lado, o peso de

grãos secundários (PGSec) e a área do grão propiciaram um declínio na facilidade de descasque, verificado pela associação negativa que esses caracteres possuem com a facilidade de descasque (Tabela 17).

As estimativas dos coeficientes de regressão entre a eficiência de descasque e demais caracteres de qualidade física de grãos obtidas através de dados padronizados, que foram significativamente associados, indicam que o peso do hectolitro e a porcentagem de grãos maiores que dois milímetros (%G>2mm) são os caracteres que tem maior associação positiva com a facilidade de descasque (Tabela 17).

Por outro lado, o peso de grãos secundários e a área do grão exibiram associação negativa de igual ou maior magnitude com a variável dependente. De modo que, a cada aumento de um desvio padrão para a área do grão ocorreu um decréscimo de 0,49 desvios padrões na facilidade de descasque.

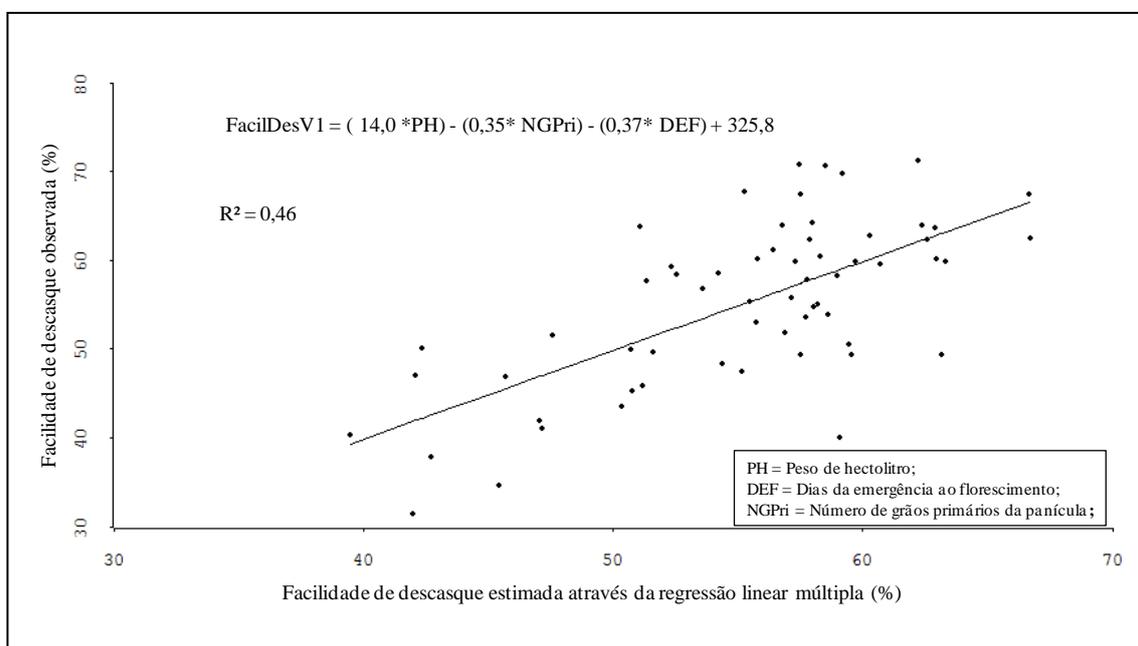


FIGURA 12. Regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física dos grãos, na média das cultivares de aveia branca, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Utilizando somente as médias das cultivares, dentro de cada ano de experimentação, foi estimada a análise de regressão linear múltipla para estudar a associação da facilidade de descasque com os demais caracteres medidos (Tabela 18). O modelo de regressão explicou 46% da variação da facilidade de descasque na média das cultivares (Figura 12).

A regressão linear que utilizou os dados originais (Tabela 18) permite verificar que o caráter peso do hectolitro (PH) foi o que teve a maior influência sobre o caráter facilidade de descasque, sendo positiva a associação entre ambos. Já os caracteres número de grãos primários por panícula (NGPri) e dias da emergência ao florescimento (DEF) influenciaram de forma negativa a eficiência de descasque, embora em menor magnitude, comparativamente ao PH. O que também pode ser verificado pela comparação dos coeficientes de regressão linear obtidos através do uso dos dados padronizados (Tabela 18).

TABELA 18. Regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque (variável dependente) e caracteres de qualidade física dos grãos, com base nos dados médios das cultivares, dentro de cada ano, originais e padronizados. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos Coeficientes de Regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados Padronizados	
Intercepto	325,83	0,00	1,00
PH	136,99	0,75	<,0001
NGPri	-0,37	-0,39	0,00
DEF	-0,35	-0,25	0,04
Coefficiente de determinação	0,46		

PH = Peso do hectolitro (Kg/100l); NGPri = Número de grãos primários; DEF = Dias da emergência ao florescimento. ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

O peso do hectolitro constitui um caráter altamente associado com a facilidade de descasque como pode ser observado na Tabela 18, no entanto, nem todos os genótipos que apresentam elevado peso do hectolitro são facilmente descascados. Por outro lado, materiais que descascam facilmente não necessariamente apresentam altos

valores para o caráter peso do hectolitro. Para compreender a natureza dos grãos com essas características, fotos dos grãos primários dos genótipos com alta e baixa facilidade de descasque estão apresentadas na Figura 13.



FIGURA 13. Grãos primários de cultivares de aveia apresentando: 1) elevada facilidade de descasque e elevado peso do hectolitro; 2) elevada facilidade de descasque e baixo peso do hectolitro; 3) baixa facilidade de descasque e elevado peso do hectolitro; 4) baixa facilidade de descasque e baixo peso do hectolitro. Eldorado do Sul.

Os genótipos que apresentaram maior peso do hectolitro se concentram principalmente no ano de 2011, com exceção da cultivar URS Brava. Por outro lado, para os genótipos com baixo peso do hectolitro são encontrados principalmente no ano de 2012. Destaque para as cultivares UFRGS 20 e URS Taura, que exibiram valores elevados para a característica facilidade de descasque, tanto em 2011 como em 2012 (Tabelas 4, 6 e Figura 13). Entre os genótipos com baixa facilidade de descasque, destaca-se a cultivar UFRGS 9, que tanto no ano de 2011 como no ano de 2012 mostrou facilidade de descasque inferior (Tabelas 4, 6 e Figura 13).

4.2 Experimento envolvendo linhagens de aveia branca

Um grupo de 45 linhagens de aveia, pertencentes ao banco de germoplasma do Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS, foram selecionadas com base na sua representatividade, tanto pela sua importância na participação em blocos de cruzamento ou por terem constituído linhagens com destaque quanto ao desempenho agrônomo na sua época de desenvolvimento, mas que por algum motivo não foram lançadas comercialmente. Este estudo pode revelar tanto se há linhagens que sejam superiores as cultivares comerciais quanto à qualidade de grãos, assim como indicar linhagens a ser utilizadas em novos cruzamentos, caso sejam superiores para qualidade física dos grãos.

O desempenho agrônomo e de qualidade física dos grãos dessas 45 linhagens foi comparado com cinco cultivares de aveia, utilizadas como testemunhas, sendo quatro cultivares comerciais da UFRGS e a cultivar Coronado. Também serão apresentadas as associações existentes entre caracteres agrônomo e de qualidade para as linhagens e cultivares testemunhas, avaliadas nos anos de 2011 e 2012.

4.2.1 Caracterização agronômica, da qualidade física e eficiência de descasque de grãos em linhagens de aveia

A análise estatística descritiva para os caracteres agronômicos e de qualidade do experimento envolvendo linhagens de aveia pertencentes ao banco de germoplasma do Programa de Melhoramento Genético da UFRGS, para o ano de 2011, estão apresentados nas Tabelas 19 e 20.

A caracterização das linhagens para os diferentes caracteres avaliados no ano de 2011 está resumida na Tabela 19. A maioria das variáveis apresentou coeficiente de variação baixo, com exceção da variável acamamento (75,08%), bem como, a variável porcentagem de grãos menores que dois milímetros com coeficiente de variação igual a 40,41%. O rendimento de grãos apresentou média elevada, 4796 kg/ha, e desvio padrão bastante adequado para o caráter, 12,72%, indicando que a ano de 2011 foi favorável à cultura de aveia. A porcentagem de grãos maiores que 2 mm, facilidade de descasque, eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse tiveram coeficiente de variação relativamente baixos, 7,14, 7,79, 3,63 e 2,63%, indicando a boa repetibilidade da metodologia adotada para estimar a qualidade física dos grãos (Tabela 19).

Na Tabela 20 estão representadas as médias das linhagens para os caracteres avaliados no ano de 2011, a metodologia de avaliação é a mesma utilizada no experimento das cultivares, onde os genótipos caracterizados como superiores são aqueles que apresentam média maior que a média geral da característica mais um desvio padrão. Já aqueles caracterizados como inferiores apresentam média menor à média geral da característica menos um desvio padrão.

TABELA 19. Valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos diferentes caracteres avaliados no experimento envolvendo as linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011.

Variável*	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
REND	2514	4796,00	6646	610,02	12,72
Acam	0	27,03	90	20,29	75,08
EST	78	106,66	140	5,93	5,57
DEF	81	92,22	105	1,16	1,25
PMG	24,47	35,70	44,33	1,99	5,57
PH	43,91	55,26	63,69	3,39	6,13
%G>2mm	33,16	84,98	97,91	6,07	7,14
%G<2mm	2,09	15,02	66,84	6,07	40,41
FacilDesV1	23,74	55,94	71,92	4,36	7,79
EfiPotDesV1	56,48	68,97	78,38	2,50	3,63
%Cariopse	59,24	69,42	75,56	1,82	2,63

*REND = Rendimento de grãos (kg/ha); Acam = Acamamento (%); EST = Estatura de planta (cm); DEF = Dias da emergência ao florescimento; PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); %G<2mm = Porcentagem de grão menores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopse total.

Considerando o desempenho individual dos genótipos avaliados no experimento de linhagens, no ano de 2011, foi observado que as cultivares testemunha Coronado e URS Taura foram superiores quanto ao rendimento de grãos, 5671 Kg/ha e 5943 Kg/ha, respectivamente. Entre as linhagens avaliadas sete também mostraram rendimento de grãos superior: UFRGS 901707, UFRGS 911715, UFRGS 970654-3, UFRGS 036111-3, UFRGS 02B6173-4-4, UFRGS 037025-4 e UFRGS 086004-1 (Tabela 20). As linhagens desenvolvidas antes do ano 2000 apresentaram ciclo mais longo, medido como o período entre a emergência e o florescimento, enquanto as linhagens desenvolvidas após esta data foram mais precoces (Tabela 20).

A cultivar testemunha Coronado mostrou-se, em 2011, inferior a maioria dos caracteres de qualidade física dos grãos, sendo eles, os caracteres peso de mil grãos, peso do hectolitro, porcentagem de grãos maiores que 2 mm, facilidade de descasque e eficiência de descasque. Por outro lado, a cultivar testemunha URS Taura foi superior, também em 2011, para os caracteres facilidade de descasque, eficiência potencial de

descasque e porcentagem de cariopse total. A cultivar URS Taura (Tabela 20) teve peso de mil grãos inferior, relativo ao grupo de linhagens testado, mas ainda com valor (32,3 g) muito superior àquele apresentado pela cultivar Coronado (26,0g).

Entre as linhagens, oito delas destacaram-se para a qualidade física em 2011, apresentando facilidade de descasque superior e ao mesmo tempo, a maioria delas, sendo superior quanto à eficiência potencial de descasque e à porcentagem de cariopse. Essas linhagens foram: UFRGS 901707, UFRGS 930661-5, UFRGS 953195, UFRGS 036111-3, UFRGS 049002-2, UFRGS 055114-3, UFRGS 057006-2 e UFRGS 089008. Nenhuma das linhagens citadas acima teve rendimento de grãos superior, onde a maioria mostrou rendimento de grãos pertencendo ao grupo intermediário de desempenho. Duas delas, porém, UFRGS 901707 e UFRGS 036111-3, foram também superiores para rendimento de grãos e peso de mil grãos, além de apresentar elevado peso do hectolitro (Tabela 20). A linhagem UFRGS 055114-3, que apresenta elevada qualidade de grãos, pertenceu ao grupo inferior quanto à porcentagem de grãos maiores que 2 mm, embora o seu desempenho para esse caráter tenha sido 78,7%, mais que o dobro do valor apresentado pela testemunha Coronado (38,4%). As demais linhagens do grupo superior para qualidade de grãos mostrou porcentagem de grãos maiores que 2 mm com desempenho intermediário ou superior (Tabela 20).

Quanto ao peso do hectolitro, a média do experimento de linhagens, em 2011, foi bastante elevada, 55,26 kg/100 litros. Como quase todas as linhagens avaliadas apresentaram peso do hectolitro elevado, somente três linhagens foram superiores para esse caráter. Por outro lado, também somente três linhagens pertenceram ao grupo inferior, quanto ao peso do hectolitro em 2011, demonstrando que as linhagens selecionadas pertencem ao grupo de linhagens elite do Programa de Melhoramento Genético de Aveia da UFRGS (Tabela 20).

TABELA 20. Ano de desenvolvimento e médias de rendimento de grãos, dias da emergência ao florescimento e caracteres relativos à qualidade física de grão dos genótipos avaliados no experimento envolvendo linhagens de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011.

Genótipo	Ano		REND	DEF	PMG	PH	%G>2mm	%Car	FacilDesV1	EfiPotDesV1
	Des*									
Coronado	1967	5671 S ¹	97.3 S	26.0 I	50.3 I	38.4 I	67.9	26.7 I	63.5 I	
URS Guapa	1999	4908	88.7 I	38.7 S	54.8	92.3 S	66.8 I	54.7	66.0 I	
URS Taura	2004	5943 S	87.0 I	32.3 I	54.4	87.9	72.8 S	66.8 S	73.1 S	
URS Tarimba	2004	4836	87.0 I	34.0	54.0	82.6	67.7	59.3	67.6	
URS Torena	2005	4882	87.7 I	39.7 S	55.4	93.8 S	70.5	61.4 S	70.4	
UFRGS 881920	1988	4931	99.0 S	40.2 S	54.0	91.5 S	68.0	55.2	68.4	
UFRGS 881971	1988	4852	94.3 S	38.2 S	57.5	88.7	68.3	54.6	67.4	
UFRGS 884070-2	1988	5096	101.0 S	31.4 I	53.5	71.3 I	70.5	54.7	71.0	
UFRGS 884110	1988	3889 I	97.3 S	35.5	52.4	87.5	65.9 I	50.5 I	64.9 I	
UFRGS 901707	1990	5627 S	93.3	38.8 S	58.4	84.6	73.8 S	68.0 S	74.2 S	
UFRGS 910905-1-3	1991	3975 I	97.0 S	32.1 I	52.8	76.8 I	69.4	52.9	69.5	
UFRGS 910906-3	1991	4595	96.5 S	31.9 I	50.6 I	80.4	69.1	43.2 I	64.1 I	
UFRGS 911715	1991	5706 S	92.3	40.0 S	57.4	94.3 S	71.6 S	56.7	71.2	
UFRGS 930551-6	1993	3551 I	104.3 S	41.4 S	54.7	88.9	66.1 I	50.1 I	64.7 I	
UFRGS 930587	1993	3486 I	97.7 S	33.3 I	55.3	85.4	67.2 I	52.5	66.7	
UFRGS 930661-5	1993	5152	89.3 I	39.6 S	55.8	93.0 S	74.1 S	60.7 S	74.4 S	
UFRGS 953146	1995	4077 I	92.7	42.8 S	56.7	95.1 S	68.9	67.2 S	69.0	
UFRGS 953195	1995	4949	94.7 S	29.1 I	55.2	79.5	73.0 S	62.3 S	72.9 S	
UFRGS 940814-1	1994	4798	93.0	37.9 S	55.8	88.4	71.1	53.6	68.1	
UFRGS 941698-6	1994	3924 I	98.0 S	37.9 S	55.5	88.7	67.3 I	57.1	66.7	
UFRGS 941700-3	1994	3930 I	97.7 S	35.9	53.0	85.5	64.7 I	45.2 I	62.1 I	
UFRGS 942097-4	1994	5276	96.0 S	37.3	54.9	82.1	69.8	55.9	69.2	
UFRGS 970216-2	1997	4695	97.3 S	37.4	55.8	93.5 S	70.6	63.8 S	70.8	
UFRGS 970654-3	1997	5700 S	99.0 S	32.9 I	56.5	73.5 I	68.6	36.1 I	67.5	
UFRGS 987015-2	1998	4668	84.0 I	38.0 S	55.0	92.6 S	62.5 I	52.4	61.0 I	
UFRGS 995088-3	1999	4673	94.3 S	36.6	54.9	92.5 S	69.4	55.6	68.8	
UFRGS 996007-3	1999	4685	81.7 I	40.8 S	56.7	89.6	70.0	57.6	69.7	
UFRGS 006110-3	2000	4339	90.0 I	28.0 I	55.6	61.2 I	70.2	48.6 I	69.8	
UFRGS 01B6200-5	2001	4957	96.0 S	32.3 I	56.0	85.9	71.9 S	59.4	72.0 S	
UFRGS 017061-5	2001	4050 I	90.0 I	32.7 I	56.7	88.5	69.5	55.7	69.1	
UFRGS 017116-2	2001	4417	93.0	27.7 I	51.3 I	56.1 I	67.9	42.4 I	66.6	
UFRGS 01B10026-1-2	2001	3796 I	93.0	31.6 I	51.3 I	83.9	70.0	48.8 I	69.8	
UFRGS 026017-1	2002	4608	87.0 I	40.8 S	55.4	95.4 S	69.1	59.1	68.8	
UFRGS 036107-3	2003	5189	92.3	39.1 S	54.9	90.0	69.8	58.2	69.3	
UFRGS 036111-3	2003	5775 S	88.7 I	39.8 S	60.7 S	97.7 S	73.1 S	69.2 S	73.3 S	
UFRGS 02B6173-4-4	2002	5655 S	93.0	31.0 I	55.8	74.8 I	70.0	52.0	70.0	
UFRGS 037025-4	2003	5713 S	92.0	34.3	55.5	89.6	67.7	46.6 I	66.1 I	
UFRGS 037034-1	2003	4369	86.7 I	35.0	55.6	88.2	67.5 I	60.3 S	67.5	
UFRGS 046101-1	2004	4673	87.3 I	34.0	55.7	84.8	69.6	57.3	69.3	
UFRGS 04B7063-2-1	2004	4708	89.7 I	41.0 S	59.5 S	97.6 S	66.5 I	61.6 S	66.4 I	
UFRGS 049002-2	2004	5070	89.3 I	36.5	55.8	85.8	71.6 S	60.4 S	71.4	
UFRGS 055114-3	2005	4871	89.7 I	34.4	59.9 S	78.7 I	73.1 S	62.2 S	73.4 S	
UFRGS 057006-2	2005	5055	85.7 I	33.4 I	53.2	81.2	75.1 S	66.6 S	75.9 S	
UFRGS 076052-3	2007	4320	91.3	30.0 I	56.7	76.9 I	72.1 S	58.0	71.3	
UFRGS 077026-2	2007	4455	92.7	37.6	52.2	90.4	66.4 I	60.1	66.1 I	
UFRGS 086004-1	2008	5471 S	89.3 I	33.6 I	55.6	81.3	71.9 S	58.9	71.8 S	
UFRGS 086092-2	2008	5242	85.0 I	38.8 S	54.8	93.6 S	70.3	56.3	69.8	
UFRGS 086183-2	2008	5206	90.0	34.8	55.4	84.4	70.0	59.0	71.1	
UFRGS 087389-1	2008	4498	92.0	36.7	57.3	94.2 S	69.1	59.5	68.8	
UFRGS 089008	2008	5160	92.7	40.1 S	55.7	96.6 S	68.2	64.8 S	71.5 S	
Média		4795.6	92.22	35.70	55.26	84.98	69.42	55.94	68.97	
Desvio Padrão (DP)		610.0	1.16	1.99	3.39	6.07	1.82	4.36	2.50	
Média - 1 DP		4185.6	91.06	33.71	51.88	78.91	67.60	51.58	66.47	
Média + 1 DP		5405.7	93.37	37.69	58.65	91.05	71.25	60.30	71.48	

*Ano Des = Ano de desenvolvimento do genótipo; REND = Rendimento de grãos (kg/ha); DEF = Dias da emergência ao florescimento; PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopse total. ⁽¹⁾S = Superior (valores acima da média mais um desvio-padrão); I = Inferior (valores abaixo da média menos um desvio-padrão).

O desempenho médio dos genótipos avaliados no experimento envolvendo linhagens de aveia, no ano de 2012, é apresentado na Tabela 21. O ano de 2012 não foi favorável para a cultura de aveia, do ponto de vista ambiental, isso pode ser demonstrados pelos valores de média (2337 Kg/ha), mínimo (833 Kg/ha) e máximo (3738 Kg/ha) encontrados para o caráter rendimento de grãos (Tabela 21). A média do rendimento de grãos em 2012 foi um pouco abaixo da metade do valor observado em 2011, para o mesmo experimento (Tabelas 19 e 21). Porém o coeficiente de variação para o rendimento de grãos foi somente um pouco acima do observado no ano anterior, 13,72%, em 2012, em comparação à 12,72% em 2011 (Tabelas 19 e 21), indicando que o experimento foi adequadamente conduzido em 2012, assim como havia sido em 2011.

Para os demais caracteres, em 2012, pode-se observar que o coeficiente de variação foi baixo para a maioria deles, sendo um pouco mais elevado apenas para porcentagem de grãos menores que 2 mm (14,87%) (Tabela 21), mas ainda muito abaixo do observado em 2011 (40,41%) (Tabela 19).

Assim como observado no experimento envolvendo cultivares de aveia, no experimento envolvendo linhagens verificou-se um menor número de dias da emergência ao florescimento em 2012 (Tabela 21), comparado ao mesmo experimento conduzido em 2011 (Tabela 19). Também houve redução no desempenho das linhagens quanto ao peso do hectolitro e peso de mil grãos em 2012, comparado à 2011. A média do peso do hectolitro, no ensaio de linhagens, foi igual a 45 em 2012, comparado à 55,26 em 2011. O peso de mil grãos médio em 2012 foi de 30,79 g, comparado à 35,70 g em 2011 (Tabelas 19 e 21).

A porcentagem de grãos maiores que 2 mm em 2011, na média, foi de 84,98%, enquanto em 2012 foi de 80,17%. O caráter facilidade de descasque teve média de 55,94% em 2011, comparado a 59,64% em 2012, no experimento envolvendo linhagens

de aveia (Tabelas 19 e 21). Por outro lado, a eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse total foi maior em 2011, comparado à 2012. A eficiência potencial de descasque teve média de 68,97% em 2011, enquanto a média do caráter foi de 66,40% em 2012. A porcentagem de cariopse teve redução de 69,42%, média observada em 2011, para 65,82%, na média de 2012 (Tabelas 19 e 21). Os dados indicam que apesar dos grãos estarem menos cheios em 2012, com menor porcentagem de cariopse, tinham a casca menos aderida no segundo ano do experimento, resultando em maior facilidade de descasque em 2012, comparativamente a 2011.

TABELA 21. Valor mínimo, média, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos diferentes caracteres avaliados no experimento envolvendo as linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2012.

Variável	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
REND	833	2337	3738	320,82	13,72
EST	80	100,7	130	3,99	3,96
DEF	74	83,4	99	0,98	1,18
PMG	22,4	30,79	41,9	2,56	8,32
PH	35,79	45,00	55,25	2,99	6,64
%G>2mm	51,31	80,17	94,27	2,95	3,68
%G<2mm	5,73	19,83	48,69	2,95	14,87
FacilDesV1	42,7	59,64	77,52	3,34	5,59
EfiPotDesV1	48,89	66,40	80,23	2,99	4,50
%Cariopse	50,24	65,82	78,92	2,77	4,21

REND = Rendimento de grãos (kg/ha); Acam = Acamamento (%); EST = Estatura de planta (cm); DEF = Dias da emergência ao florescimento; PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); %G<2mm = Porcentagem de grão menores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopses total.

O comportamento médio de cada linhagem e cultivares testemunhas, no ano de 2012, é apresentado na Tabela 22. As testemunhas Coronado e URS Taura também mostram rendimento de grãos superior em 2012 (Tabela 22), assim como havia ocorrido em 2011 (Tabela 20). O menor desempenho médio das linhagens em 2012, relativo à 2011, acabou permitindo que um grupo maior de linhagens (14) fosse classificado como tendo rendimento de grãos superior em 2011 (Tabela 22). Porém, devido à interação

genótipo x ano significativa (análise não apresentada), somente duas linhagens pertenceram ao grupo superior, quanto ao rendimento de grãos, nos dois anos de avaliação: UFRGS 02B6173-4-4 e UFRGS 037025-4 (Tabelas 20 e 22). Por outro lado, ao todo 15 linhagens foram caracterizadas como tendo rendimento de grãos inferior em 2012 (Tabela 22), comparado a um grupo de nove em 2011 (Tabela 20). As menores médias de rendimento de grãos foram observadas nos genótipos URS Guapa, UFRGS 881920 e UFRGS 940814-1 (Tabela 22).

Assim como em 2011, em 2012 as linhagens de aveia mais modernas mostraram menor número de dias da emergência ao florescimento, em comparação com as linhagens mais antigas do Programa de Melhoramento da UFRGS (Tabela 22). Por outro lado, as cultivares mais antigas do Programa apresentaram em geral maior peso de mil grãos (PMG) em 2012. Exceto a cultivar URS Torena, nenhuma cultivar testemunha foi superior para esse caráter em 2012, sendo que a cultivar URS Tarimba teve peso de mil grãos classificado como inferior (Tabela 22). Quanto ao peso do hectolitro, tanto linhagens mais antigas como linhagens mais modernas foram classificadas como pertencentes ao grupo superior para o caráter, assim como classificadas no grupo inferior (Tabela 22). As cultivares testemunhas Coronado e URS Taura mostraram peso do hectolitro superior em 2012 (Tabela 22), ao passo que Coronado havia sido classificada como inferior para esse caráter em 2011 (Tabela 20). A testemunha URS Guapa teve peso do hectolitro inferior em 2012, refletindo o mau desempenho que teve quanto ao rendimento de grãos e peso de mil grãos (Tabela 22), comparado à 2011 (Tabela 20), possivelmente devido a sua suscetibilidade à ferrugem da folha.

A testemunha URS Taura foi superior quanto à facilidade e eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse total em 2012 (Tabela 22), assim como havia ocorrido em 2011 no experimento envolvendo linhagens de aveia (Tabela 20).

TABELA 22. Ano de desenvolvimento e médias de rendimento de grãos, dias da emergência ao florescimento e caracteres relativos à qualidade física de grão dos genótipos avaliados no experimento envolvendo linhagens de aveia branca. Eldorado do Sul, 2012.

Genótipo	Ano		DEF	PMG	PH	%G> 2 mm	% Car	Facil DesV1	EfiPot DesV1
	Des.*	Rend							
Coronado	1967	3311 S ¹	96,3 S	29,7	49,6 S	56,4 I	72,3 S	59,5	72,0 S
URS Guapa	1999	1455 I	77,7 I	28,7	39,0 I	85,5 S	56,9 I	47,3 I	55,6 I
URS Taura	2004	3587 S	76,0 I	29,4	48,2 S	84,5 S	74,2 S	73,0 S	76,3 S
URS Tarimba	2004	2629	77,7 I	27,7 I	44,2	75,1 I	65,1	55,7 I	64,3
URS Torena	2005	2563	78,3 I	34,4 S	41,8 I	91,0 S	62,7 I	61,0	64,0
UFRGS 881920	1988	1543 I	93,7 S	34,4 S	38,5 I	88,7 S	60,2 I	57,8	60,1 I
UFRGS 881971	1988	2119	90,0 S	34,0 S	45,9	85,2 S	64,9	61,4	65,3
UFRGS 884070-2	1988	2812 S	92,7 S	32,2	51,9 S	70,7 I	66,8	64,3 S	66,7
UFRGS 884110	1988	2709 S	77,0 I	29,4	45,5	80,0	69,2 S	63,3 S	68,9
UFRGS 901707	1990	2250	89,3 S	32,2	50,4 S	75,3 I	63,7	62,8	63,6
UFRGS 910905-1-3	1991	1755 I	97,0 S	28,2	44,6	66,5 I	65,9	54,8 I	66,7
UFRGS 910906-3	1991	2753 S	92,7 S	31,6	40,8 I	76,3 I	65,5	63,3 S	66,2
UFRGS 911715	1991	1874 I	76,7 I	29,1	43,1	79,3	66,7	58,3	68,8
UFRGS 930551-6	1993	1509 I	94,3 S	35,2 S	46,5	82,2	63,2	54,8 I	62,7 I
UFRGS 930587	1993	1780 I	97,7 S	28,2	43,6	79,6	65,7	55,6	64,2
UFRGS 930661-5	1993	1922 I	76,7 I	26,8 I	40,2 I	79,2	66,9	57,6	66,2
UFRGS 953146	1995	1539 I	80,7 I	34,2 S	42,1	90,8 S	59,0 I	58,0	59,1 I
UFRGS 953195	1995	3129 S	81,7 I	26,9 I	49,5 S	70,7 I	77,6 S	76,1 S	78,3 S
UFRGS 940814-1	1994	1480 I	82,0 I	35,0 S	41,6 I	81,2	64,7	59,0	66,4
UFRGS 941698-6	1994	1715 I	89,0 S	32,7	50,7 S	77,3	58,7 I	55,6 I	59,2 I
UFRGS 941700-3	1994	1815 I	94,3 S	34,6 S	46,4	80,3	57,2 I	51,3 I	57,4 I
UFRGS 942097-4	1994	1897 I	93,3 S	29,9	44,7	77,1 I	61,8 I	58,0	64,2
UFRGS 970216-2	1997	2607	90,3 S	34,6 S	42,5	89,8 S	71,6 S	70,2 S	73,5
UFRGS 970654-3	1997	2872 S	99,0 S	29,3	47,9	67,8 I	68,1	57,4	67,9
UFRGS 987015-2	1998	2044	75,7 I	28,3	39,4 I	84,8 S	56,5 I	48,3 I	55,0 I
UFRGS 995088-3	1999	2863 S	82,3 I	31,3	47,4	86,7 S	60,6 I	58,2	61,8 I
UFRGS 996007-3	1999	1765 I	74,0 I	33,3	43,8	81,7	64,0	59,7	64,3
UFRGS 006110-3	2000	2208	79,3 I	26,9	49,3 S	65,4 I	64,4	56,0 I	64,7
UFRGS 01B6200-5	2001	2287	90,0 S	26,6 I	50,7 S	86,2 S	74,0 S	71,0 S	73,8 S
UFRGS 017061-5	2001	1634 I	74,7 I	27,5 I	39,6 I	75,3	64,0	49,9 I	62,6 I
UFRGS 017116-2	2001	2426	81,7 I	27,5 I	43,8	66,8 I	70,5 S	62,9	71,7 S
UFRGS 01B10026-1-2	2001	1634 I	80,0 I	25,4 I	42,2	79,4	66,1	59,4	68,3
UFRGS 026017-1	2002	2633	75,3 I	34,5 S	39,5 I	85,3 S	64,8	54,8 I	64,5
UFRGS 036107-3	2003	3069 S	80,7 I	33,0	44,0	88,3 S	68,1	64,8 S	70,7 S
UFRGS 036111-3	2003	2874 S	78,0 I	33,4 S	51,4 S	91,6 S	69,9 S	66,5 S	70,4 S
UFRGS 02B6173-4-4	2002	2701 S	91,0 S	32,1	48,0 S	88,0 S	66,6	59,1	66,0
UFRGS 037025-4	2003	2897 S	81,3	31,7	43,9	87,0 S	63,3	55,3 I	62,6 I
UFRGS 037034-1	2003	2376	75,3 I	28,6	43,8	75,1 I	66,8	61,1	67,8
UFRGS 046101-1	2004	2733 S	77,0 I	27,6 I	46,9	75,5 I	67,6	60,5	69,1
UFRGS 04B7063-2-1	2004	2381	75,3 I	30,3	48,8 S	88,0 S	69,6 S	66,2 S	69,6 S
UFRGS 049002-2	2004	1662 I	96,7 S	32,8	38,1 I	79,7	59,9 I	45,0 I	60,2 I
UFRGS 055114-3	2005	2187	77,7 I	30,9	50,7 S	74,4 I	67,7	63,9 S	70,8 S
UFRGS 057006-2	2005	2128	75,3 I	30,7	44,2	79,5	68,2	55,2 I	70,3 S
UFRGS 076052-3	2007	3509 S	80,3 I	29,4	48,8 S	79,7	71,7 S	69,2	73,3 S
UFRGS 077026-2	2007	2575	77,7 I	31,3	41,2 I	80,2	61,9 I	59,0	62,4 I
UFRGS 086004-1	2008	2303	78,0 I	28,0 I	48,1 S	73,9 I	70,9 S	62,0	72,0 S
UFRGS 086092-2	2008	2470	74,7 I	28,6	44,9	79,3	70,3 S	54,4 I	70,7 S
UFRGS 086183-2	2008	2664 S	80,0 I	31,1	45,4	87,3 S	68,8 S	63,4 S	69,4 S
UFRGS 087389-1	2008	2544	82,0 I	33,4 S	43,3	85,0 S	66,1	60,2	67,2 I
UFRGS 089008	2008	2658 S	82,0 I	36,5 S	43,7	93,6 S	60,4 I	59,0	60,3 I
Média		2337,1	83,40	30,79	45,00	80,17	65,82	59,64	66,40
Desvio Padrão (DP)		320,8	0,99	2,56	2,99	2,95	2,77	3,34	2,99
Média - 1 DP		2016,3	82,41	28,22	42,01	77,22	63,05	56,30	63,41
Média + 1 DP		2657,9	84,39	33,35	47,99	83,12	68,60	62,98	69,39

*REND = Rendimento de grãos (kg/ha); DEF = Dias da emergência ao florescimento; PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopses total. ⁽¹⁾S = Superior (valores acima da média mais um desvio-padrão); I = Inferior (valores abaixo da média menos um desvio-padrão).

Porém, em 2012 essa cultivar também foi superior quanto à porcentagem de grãos maiores que 2 mm. Isto indica que a cultivar URS Taura é um genótipo adequado para ser utilizado como testemunha em avaliações que procurem avaliar e selecionar para a qualidade física dos grãos, em programas brasileiros de melhoramento genético de aveia.

Assim como em 2011, em 2012 oito linhagens mostraram um desempenho superior quanto à qualidade física dos grãos, medida como facilidade de descasque, eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse total. Essas linhagens foram: UFRGS 953195, UFRGS 970216-2, UFRGS 01B6200-5, UFRGS 036107-3, UFRGS 036111-3, UFRGS 04B7063-2-1, UFRGS 055114-3 e UFRGS 086183-2 (Tabela 22). Porém, somente três dessas linhagens, UFRGS 953195, UFRGS 036111-3 e UFRGS 055114-3, foram classificadas como superior nos dois anos do experimento (Tabelas 20 e 22).

4.2.2 Associação entre caracteres agronômicos, de qualidade física e eficiência de descasque de grãos em linhagens e aveia

Com o objetivo de compreender que fatores explicam o comportamento e a variação dos componentes de qualidade física e de descasque de grãos em aveia branca, igualmente ao experimento considerando as cultivares, foi estimada a correlação entre os caracteres avaliados, a fim de verificar a existência de associação entre as variáveis. Assim como também foram realizadas análises de regressão linear, simples e múltipla, para procurar identificar que variáveis explicam a variação para a qualidade física de grãos e a eficiência de descasque para as cultivares de aveia.

Para obter uma melhor distribuição dos pontos de dados, as análises de associação entre os caracteres estudados foram realizadas utilizando de forma conjunta

os dados dos dois anos de cultivo. As análises de regressão linear foram realizadas de duas maneiras. Uma análise utilizando todo o conjunto de dados (considerando as repetições) e uma segunda análise utilizando somente as médias por genótipo, dentro de cada ano de cultivo. Essa segunda análise de regressão reduz a variação existente, dentro de cada genótipo, possibilitando determinar as causas mais gerais da variação.

As correlações entre os caracteres relativos à facilidade e eficiência de descasque no experimento envolvendo linhagens de aveia, nos anos de 2011 e 2012, estão apresentados na Tabela 23. Verifica-se que a facilidade de descasque está mais fracamente associada com a eficiência potencial de descasque (0,59) e com porcentagem de cariopse (0,45) no experimento envolvendo linhagens de aveia (Tabela 23), comparativamente ao experimento envolvendo somente cultivares de aveia (Tabela 7). Contudo é observada forte correlação (0,95) entre eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse (Tabela 23), mesma magnitude observada para o experimento de cultivares (Tabela 7).

TABELA 23. Correlação fenotípica entre caracteres associados à qualidade física de grãos, no experimento envolvendo linhagens de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011/2012.

	FacilDesV1	EfiPotDesV1	%Cariopse
FacilDesV1 *	1	0,59** ⁽¹⁾	0,45**
EfiPotDesV1		1	0,95**
%Cariopse			1

FacilDesV1 = Facilidade de descasque (%), EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque (%), %Cariopse = Porcentagem de cariopses total. ⁽¹⁾ns = não significativo; () significativo a 5% de probabilidade de erro; (**) significativo a 1% de probabilidade de erro.

No experimento envolvendo linhagens de aveia, nos anos de 2011 e 2012, o peso do hectolitro mostrou estar correlacionado positivamente com a eficiência potencial de descasque e porcentual de cariopse total, embora de forma moderada, 0,43 e 0,51, respectivamente (Tabela 24). Também mostrou correlação positiva, embora fraca, com a porcentagem de grãos maiores que 2 mm (0,22). Porém, não evidenciou qualquer

associação com a facilidade de descasque (Tabela 24). O rendimento de grãos demonstrou correlações similares às descritas acima, provavelmente pela sua forte correlação com o peso do hectolitro (0,79). Desta forma, os resultados demonstram que grãos mais cheios, com maior proporção de cariopse relativos à quantidade de casca, irão contribuir para o maior rendimento de grãos do genótipo, mas não há qualquer garantia que esses grãos podem ser facilmente descascados.

As correlações entre o número de dias da emergência ao florescimento e estatura de plantas com peso do hectolitro indicam que plantas mais altas e mais tardias tenderam a apresentar grãos mais densos (Tabela 24). Por outro lado, plantas mais precoces foram a que tenderam a ter grãos que descascam mais facilmente, indicando pela correlação de -0,28 entre dias da emergência ao florescimento e facilidade de descasque (Tabela 24). Das demais associações, cabe destacar a associação positiva entre peso de mil grãos e porcentagem de grãos maiores que 2 mm (0,67). Ainda a porcentagem de grãos maiores foi fracamente associada a facilidade de descasque, no entanto, não apresentou associação com a eficiência potencial de descasque, isso mostra que esse caráter não é um bom indicativo de uma descasque eficiente em equipamentos mais apropriados.

Houve também uma associação de média magnitude entre o peso de mil grãos e o peso do hectolitro (0,51) (Tabela 24). Porém, o maior peso do grão com casca não é garantia de maior porcentagem de cariopse, conforme evidenciado pela falta de correlação entre o peso de mil grãos e a porcentagem de cariopse (Tabela 24), o que pode ser resultado de grãos grandes que tem muita casca relativo ao conteúdo de cariopse.

TABELA 24. Correlação fenotípica entre rendimento de grãos, estatura de planta, dias da emergência ao florescimento e caracteres de qualidade física de grãos, no experimento envolvendo linhagens de aveia branca. Eldorado do Sul, 2011/2012.

	%G>2mm	PH	FacilDesV1	EfiPotDesV1	%Cariopse
PH †	----	----	0,09 ^{ns}	0,43**	0,51**
%G>2mm	----	0,22**	0,34**	-0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
REND	0,21** (1)	0,79**	-0,04 ^{ns}	0,42**	0,52**
EST	0,10 ^{ns}	0,30**	-0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}
DEF	-0,03 ^{ns}	0,46**	-0,28**	0,02 ^{ns}	0,12*
PMG	0,67**	0,51**	0,13*	0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}

†REND = Rendimento de grãos (Kg/ha); EST = Estatura de planta (cm); DEF = Dias da emergência ao florescimento (dias); PMG = Peso de mil grãos (g); PH = Peso do hectolitro (Kg/100 litros); %G>2mm = Porcentagem de grão maiores que 2 milímetros (%); FacilDesV1 = Facilidade de descasque (%); EfiPotDesV1 = Eficiência potencial de descasque (%); %Cariopse = Porcentagem de cariopses total. (1)ns = não significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

A análise das relações causais foi realizada através de regressões lineares múltiplas entre os diferentes caracteres avaliados. A porcentagem de cariopse mostrou estar associada a apenas duas variáveis, peso do hectolitro e peso de mil grãos, na análise de regressão linear múltipla. Essas duas variáveis explicam 31% da variação encontrada para a porcentagem de cariopse no experimento envolvendo linhagens de aveia nos anos de 2011 e 2012 (Figura 14). Na Tabela 25 estão apresentados os coeficientes de regressão para esse modelo de regressão.

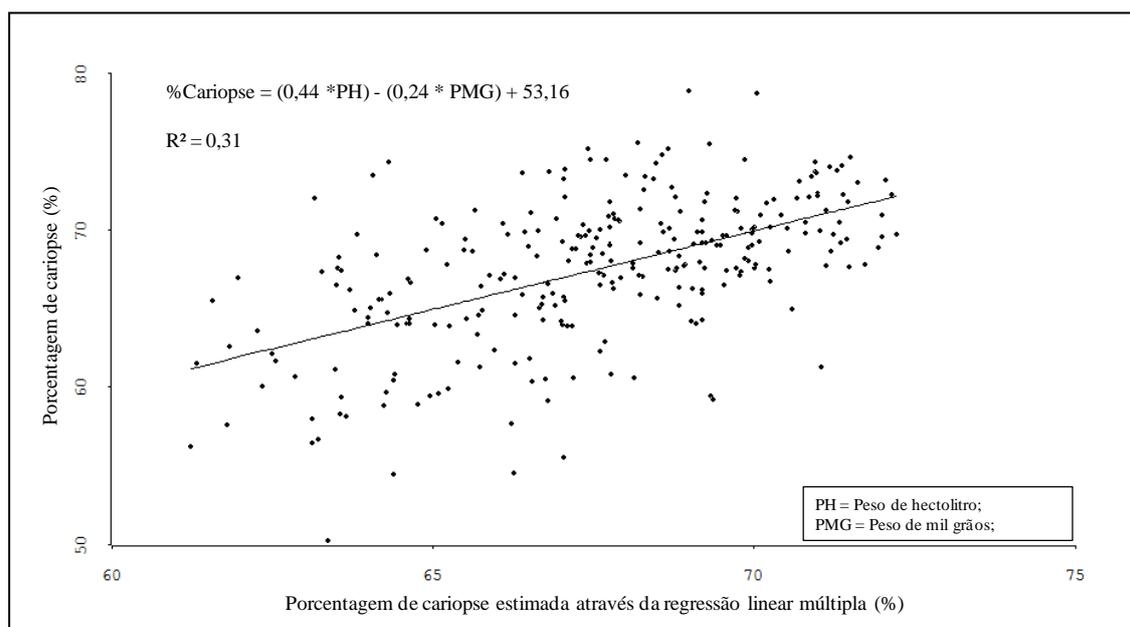


FIGURA 14. Associação entre valores de porcentagem de cariopse preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Análise utilizando dados por parcela. Eldorado do Sul, 2011/2012.

O caráter peso de mil grãos que apresentou associação negativa com a porcentagem de cariopse, a partir da análise de regressão múltipla. Porém, essa associação não é significativa na análise de regressão linear simples (análise não apresentada) entre a porcentagem de cariopse e o peso de mil grãos. Mesmo quando foram utilizados valores médios de cada genótipo, dentro de cada ano, esse modelo de regressão linear simples não foi significativo (Figura 15). Já a característica peso do hectolitro apresenta uma associação positiva com a porcentagem de cariopse, de forma que, o aumento de 1 Kg no peso do hectolitro proporciona uma expectativa de incremento de 0,45% na porcentagem de cariopse (Tabela 25).

Com a finalidade de comparar o efeito de cada variável explicativa sobre a variável dependente, nas regressões lineares múltiplas, essas análises também foram feitas utilizando-se os dados padronizados, onde os coeficientes de regressão correspondem aos coeficientes de trilha ou efeitos diretos de uma variável explicativa sobre a variável dependente. É importante frisar que o efeito líquido pode ser diferente do efeito direto estimado, devido a efeitos indiretos, que podem ser de mesma direção ou direção contrária do efeito direto. Porém, no presente trabalho os efeitos indiretos não foram estimados.

Na análise de regressão linear múltipla com os dados padronizados observa-se que o efeito direto do peso do hectolitro sobre a porcentagem de cariopse é cerca de três vezes maior que o efeito do peso de mil grãos sobre o mesmo caráter. Embora, de sentido contrário, onde o incremento de um desvio padrão no peso de mil grãos promoveu um decréscimo estimado de 0,24 desvios padrões na porcentagem de cariopse. (Tabela 25). Enquanto que o aumento de um desvio padrão no caráter peso de

hectolitro promoveu o incremento estimado de 0,63 desvios padrões na porcentagem de cariopse (Tabela 25).

TABELA 25. Coeficientes de regressão linear múltipla da porcentagem de cariopse (variável dependente), estimados a partir de dados por parcela, originais e padronizados, no experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados padronizados	
Intercepto	53,16	0,01	0,92
PMG	-0,24	-0,24	<,0001
PH	0,45	0,63	<,0001
Coefficiente de determinação	0,31		

PH= Peso do hectolitro (Kg/100 l); PMG = Peso de mil grãos (g). ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

Variações entre parcelas podem dificultar a detecção de algumas associações entre os caracteres estudados, que podem indicar algum critério de seleção que venha a ser útil no trabalho de melhoramento genético para a qualidade física de grãos em aveia. Desta forma, análises de regressão lineares utilizando valores médios por genótipo, dentro de cada ano, também foram realizadas.

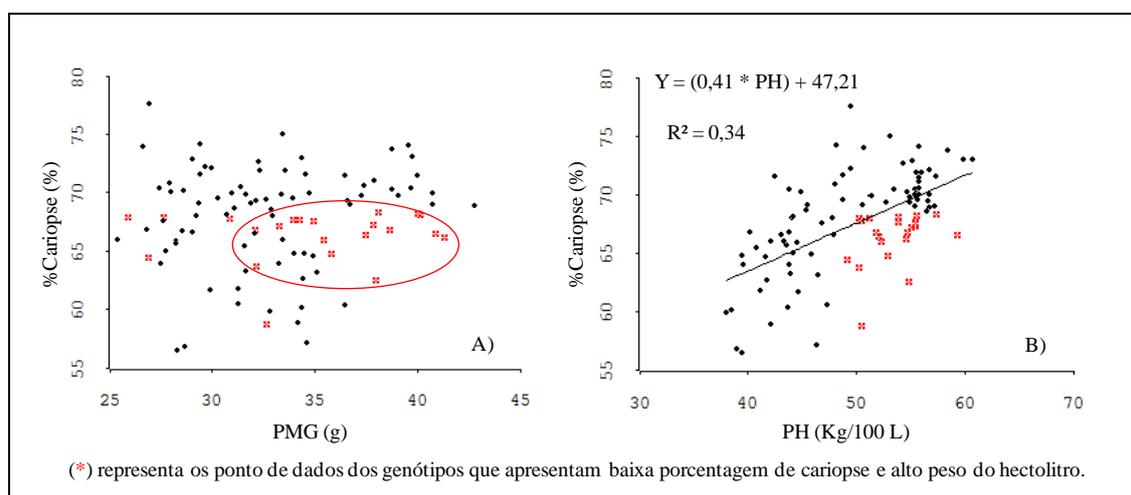


FIGURA 15. Regressões lineares, utilizando médias de genótipos, dentro de cada ano, entre a porcentagem de cariopse (%Cariopse) e: A - Peso de mil grãos (PMG); B - Peso do hectolitro (PH). Eldorado do Sul, 2011/2012.

Na média dos genótipos, dentro de cada ano, não se observou associação significativa entre a porcentagem de cariopse e o peso de mil grãos, no experimento envolvendo linhagens de aveia (Figura 15-A). Porém, houve uma associação linear significativa entre a porcentagem de cariopse e o peso de hectolitro, a qual explicou 34% da variação observada, de forma que o aumento do peso do hectolitro promoveu um incremento na porcentagem de cariopse (Figura 15-B).

Verifica-se que alguns genótipos apresentaram elevados valores para o caráter peso do hectolitro, porém, possuem baixas porcentagens de cariopse. Estas linhagens são marcadas com asteriscos vermelhos nas Figura 15-B, onde pode ser percebido que a maioria dessas linhagens possuem o peso de mil grãos elevado. Estas linhagens são destacadas também na Figura 16, que representa a regressão linear múltipla entre a porcentagem de cariopse e os caracteres que foram significativamente associados, peso do hectolitro e peso de mil grãos. O coeficiente de determinação entre estes caracteres foi estimado em 43%.

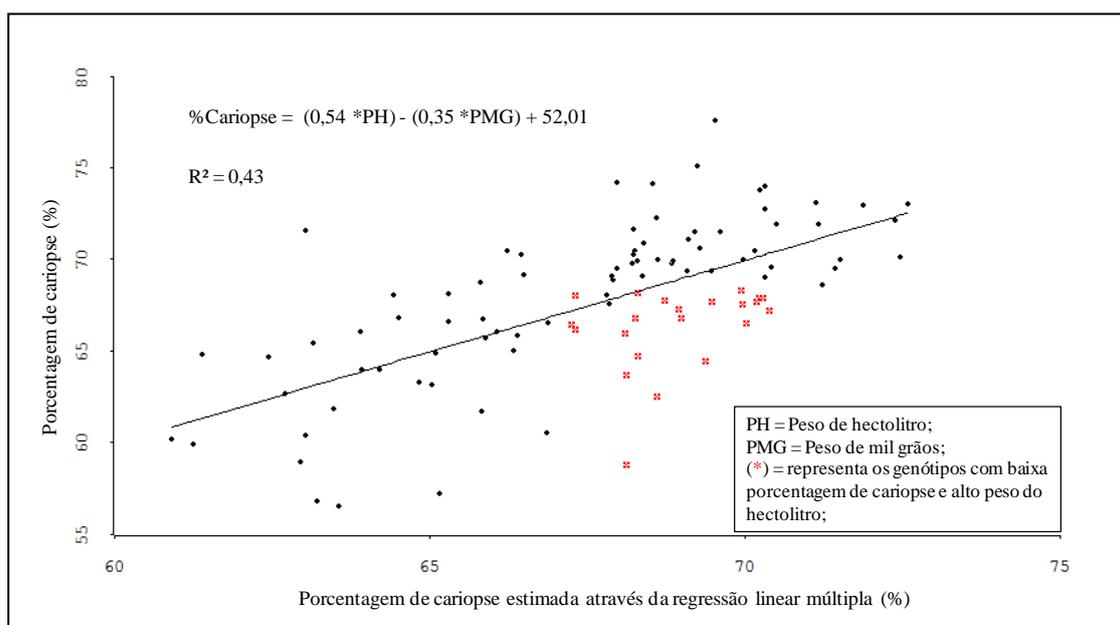


FIGURA 16. Associação entre valores de porcentagem de cariopse preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Análise utilizando as médias de genótipo, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012.

As estimativas dos coeficientes de regressão linear múltipla tendo a porcentagem de cariopse como variável dependente estão apresentadas tanto para análise que utilizou os dados originais das médias dos genótipos, dentro de cada ano, assim como para análise que utilizou esses dados padronizados. A análise de regressão linear múltipla, utilizando as médias padronizadas de cada genótipo, dentro de cada ano de experimento, permite verificar que o efeito direto do peso do hectolitro sobre a porcentagem de cariopse teve o dobro da magnitude que o efeito direto do peso de mil grãos sobre o mesmo caráter, embora sejam efeitos de sentido oposto (Tabela 26). Enquanto que esse efeito era de magnitude quase três vezes maior, quando a análise havia sido realizada com os dados por parcela (Tabela 25).

Na média dos genótipos, o aumento de um desvio padrão no caráter peso de mil grãos gerou a redução estimada em 0,35 desvios padrões na porcentagem de cariopse e o peso do hectolitro promoveu um incremento estimado em 0,77 desvios padrões na porcentagem de cariopse com a adição de um desvio padrão (Tabela 26).

TABELA 26. Coeficientes de regressão linear múltipla da porcentagem de cariopse (variável dependente), estimados a partir das médias dos genótipos, dentro de cada ano, originais e padronizadas, no experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados padronizados	
Constante	520,1	0,0	1,00
PMG	-0,35	-0,35	0,00
PH	0,54	0,77	<0,0001
Coefficiente de determinação	0,43		

PH= Peso do hectolitro (Kg/100 litros); PMG = Peso de mil grãos (g). ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

Procurando determinar as características associadas à eficiência potencial de descasque, uma análise de regressão linear múltipla foi realizada considerando esse caráter como variável dependente (Figura 17). Utilizando os dados por repetição

(parcela), apenas três características apresentaram associação com a eficiência potencial de descasque, explicando apenas 24% da variação encontrada. A característica que apresentou maior associação com a eficiência potencial de descasque nesta regressão foi o peso do hectolitro, que apresentou uma associação positiva. O aumento de uma unidade no peso do hectolitro variável promoveu 0,47% de melhora na eficiência potencial de descasque (Tabela 27). O peso de mil grãos e o número de dias da emergência ao florescimento tiveram associação negativa com a eficiência potencial de descasque, apresentando coeficientes de regressão iguais a -0,19 e -0,13, respectivamente (Tabela 27).

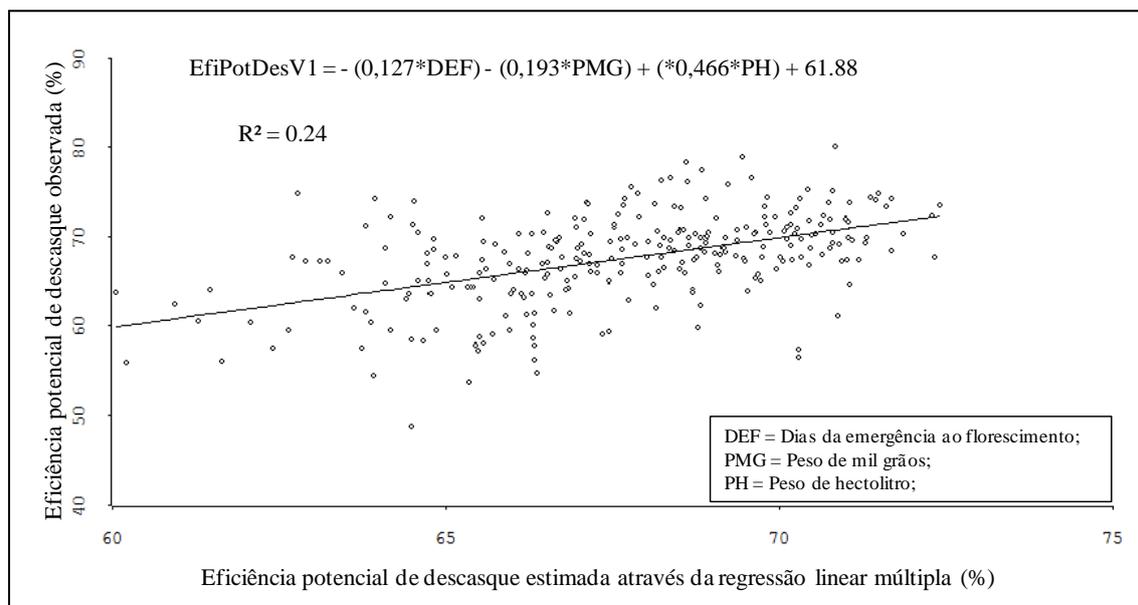


FIGURA 17. Associação entre valores de eficiência potencial de descasque preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Dados por parcela. Eldorado do Sul, 2011 e 2012.

A partir dos dados padronizados foi possível verificar que o peso do hectolitro foi a variável que mais influenciou a eficiência potencial de descasque, tendo efeito, sobre a variável dependente, cerca de três vezes maior que as outras duas variáveis. Desta forma, a mudança de um desvio padrão no peso do hectolitro promoveu um aumento esperado de 0,60 desvio padrão na eficiência potencial de descasque. Enquanto

que o aumento de um desvio padrão no número de dias da emergência ao florescimento e no peso de mil grãos gerou uma redução na eficiência potencial de descasque estimada em -0,20 e -0,18 desvio padrão, respectivamente (Tabela 27).

TABELA 27. Coeficientes de regressão linear múltipla da eficiência potencial de descasque (variável dependente), estimados a partir de dados por parcela, originais e padronizados, no experimento envolvendo linhagens de aveia Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos Coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados padronizados	
Intercepto	61,88	0,001	0,9902
DEF	-0,13	-0,20	0,0008
PMG	-0,19	-0,18	0,004
PH	0,47	0,61	<0,0001
Coefficiente de determinação	0,24		

PH= Peso do hectolitro (Kg/100 litros); PMG = Peso de mil grãos (g); DEF = Dias da emergência ao florescimento. ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

A fim de compreender como a variação no caráter eficiência potencial de descasque é formada, na Figura 18 estão representadas as regressões lineares simples envolvendo a eficiência potencial de descasque e alguns dos caracteres estudados, assim como outros caracteres que possam auxiliar nesse objetivo. Os caracteres dias da emergência ao florescimento (DEF) e peso de mil grãos (PMG) não apresentaram associações significativas com a eficiência potencial de descasque, isoladamente (Figura 18- A, C).

Considerando apenas uma variável explicativa por vez, a eficiência potencial de descasque tem associação significativa apenas com o peso do hectolitro, explicando 23,4% da variação observada (Figura 18-B). Enquanto que na regressão linear múltipla (Figura 17), a inclusão de outras duas variáveis no modelo aumentou o coeficiente de determinação em apenas 1%, ou seja, o peso do hectolitro é a única variável, dentre as estudadas no experimento das linhagens de aveia, capaz de predizer, embora em pequeno grau, a eficiência potencial de descasque. Desta forma, constata-se que alguns

genótipos que apresentaram valores elevados para o caráter peso do hectolitro, representados pelos pontos negros e sólidos, na Figura 18-B, não apresentaram boas estimativas da eficiência potencial de descasque.

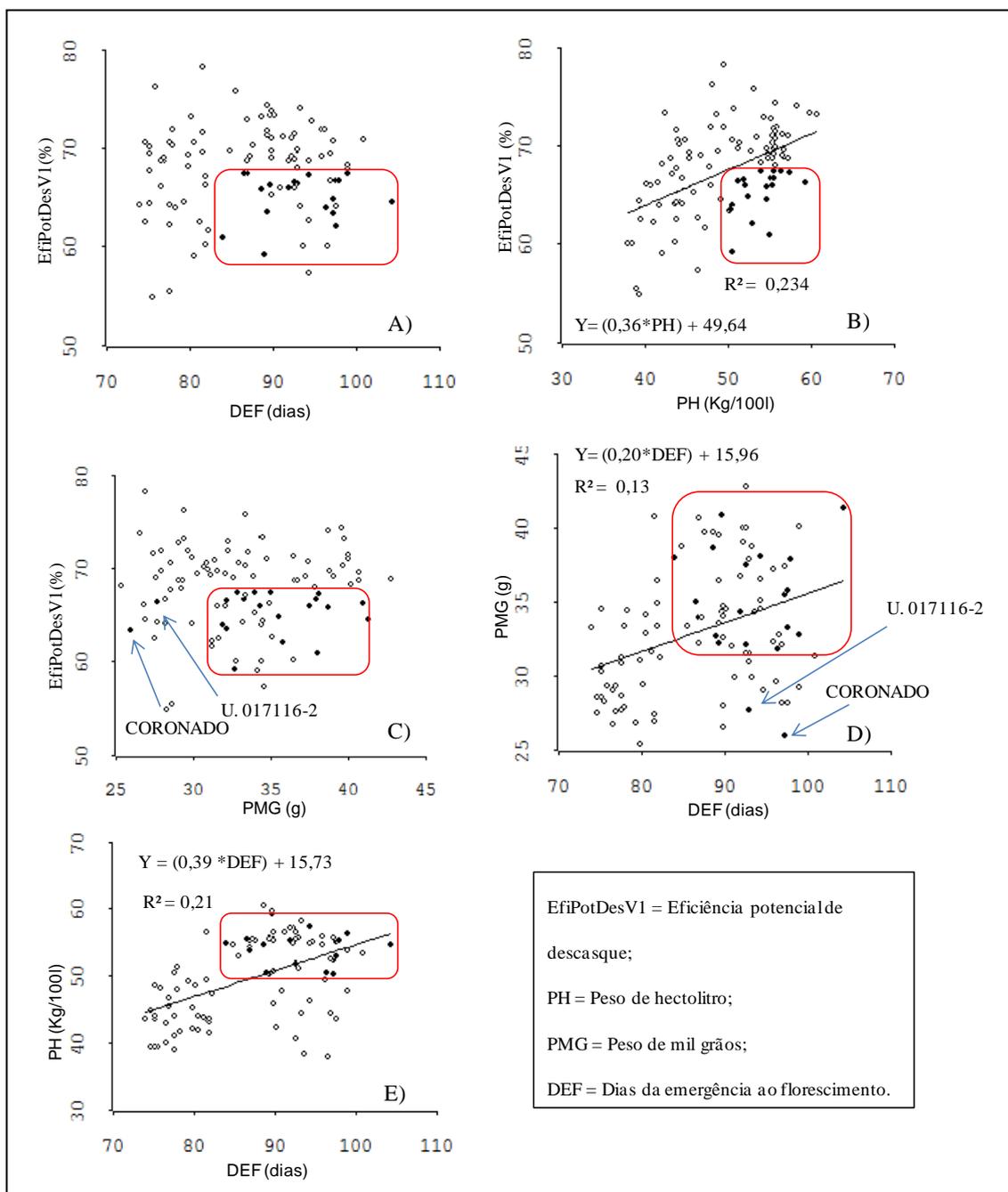


FIGURA 18. Regressões lineares simples entre a eficiência potencial de descasque com: A - Dias da emergência ao florescimento (DEF); B - Peso do hectolitro (PH); C - Peso de mil grãos (PMG). D – regressão linear entre o peso de mil grãos e número de dias da emergência ao florescimento; E – regressão linear entre o peso do hectolitro e o número de dias da emergência ao florescimento. Estimativas utilizando as médias dos genótipos, dentro de cada ano, do experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011 e 2012.

Ao observar as demais associações é possível evidenciar que estes mesmos genótipos, representados por pontos negros e sólidos, possuem, na sua maioria, peso de mil grãos superiores. Exceção feita pelos genótipos Coronado e UFRGS 017116-2 (Figura 18-C, D). E ainda, constituem genótipos de ciclo mais longo (Figura 18-A, D, E).

Na análise de regressão múltipla considerando os valores médios dos genótipos, dentro de cada ano, verificou-se que os mesmos caracteres detectados na análise utilizando os dados das parcelas, também estavam associados à eficiência potencial de descasque, sendo eles, peso do hectolitro, peso de mil grãos e dias da emergência ao florescimento (Figura 19).

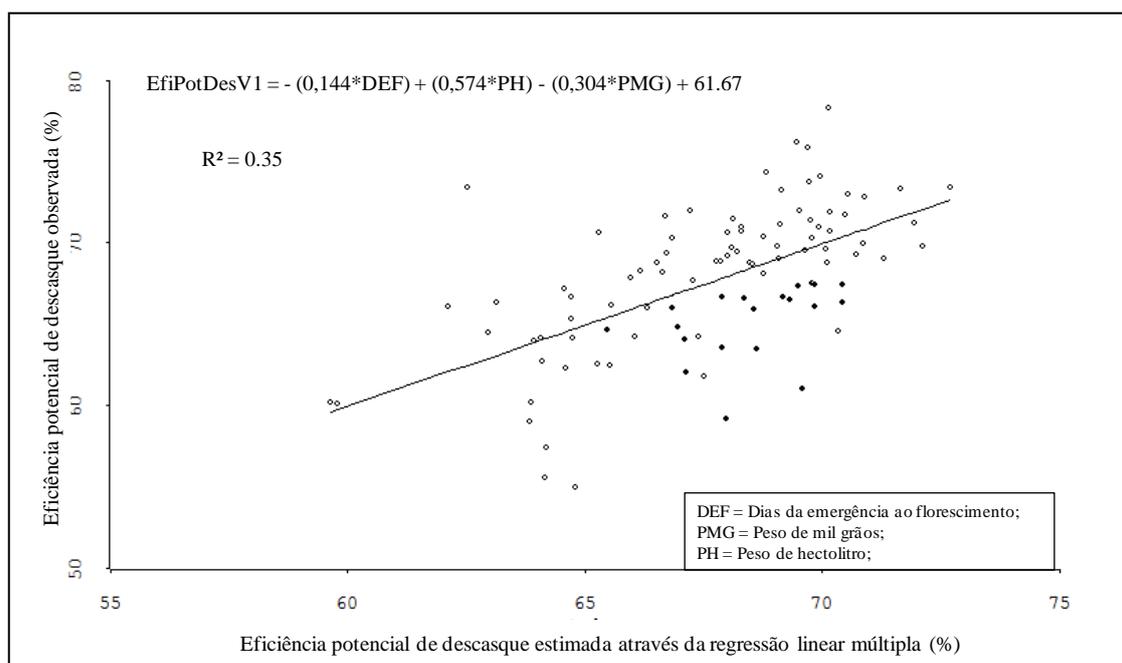


FIGURA 19. Associação entre valores de eficiência potencial de descasque preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Análise utilizando as médias de genótipo, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Considerando os dados padronizados foi possível determinar que o peso do hectolitro foi a variável que mais influenciou a eficiência potencial de descasque. Assim, o aumento de 1 desvio padrão no peso do hectolitro correspondeu a um aumento

esperado de 0,77 desvio padrão na eficiência potencial de descasque (Tabela 28). Já o peso de mil grãos apresentou uma associação negativa de -0,29, seguido pelo caráter dias da emergência ao florescimento (-0,25), com a eficiência potencial de descasque (Tabela 28), no experimento de linhagens de aveia, considerando os dados médios padronizados de genótipos.

TABELA 28. Coeficientes de regressão linear múltipla da eficiência potencial de descasque (variável dependente), estimados a partir das médias dos genótipos, dentro de cada ano, originais e padronizadas, no experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos Coeficientes de Regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados Padronizados	
Intercepto	61,68	0,00	1,00
DEF	-0,14	-0,25	0,010
PH	0,57	0,77	<0,0001
PMG	-0,30	-0,29	0,004
Coefficiente de determinação	0,35		

PH= Peso do hectolitro (kg/100 litros); PMG = Peso de mil grãos (g); DEF = Dias da emergência ao florescimento. ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

A facilidade de descasque é uma característica que possibilita observar a propensão dos materiais ao menor ou maior descasque mecânico. A regressão linear múltipla entre valores preditos pelo modelo e a facilidade de descasque observada, estão representadas na Figura 20. Este modelo foi determinado a partir dos dados de parcela do experimento envolvendo as linhagens de aveia, sendo que os caracteres juntos explicam 21% da variação encontrada para a facilidade de descasque.

Os coeficientes de regressão estimados na análise de regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque (variável dependente) e demais caracteres avaliados, considerando os dados por parcela do experimento de linhagens, estão apresentados na Tabela 29. A variação positiva para o caráter número de dias da emergência ao florescimento proporcionou declínio na facilidade de descasque. De modo contrário, a elevação dos caracteres peso do hectolitro e porcentagem de grãos maiores que dois

milímetros, em uma unidade, promoveram um incremento na facilidade de descasque de 0,24 e 0,21%, respectivamente (Tabela 29).

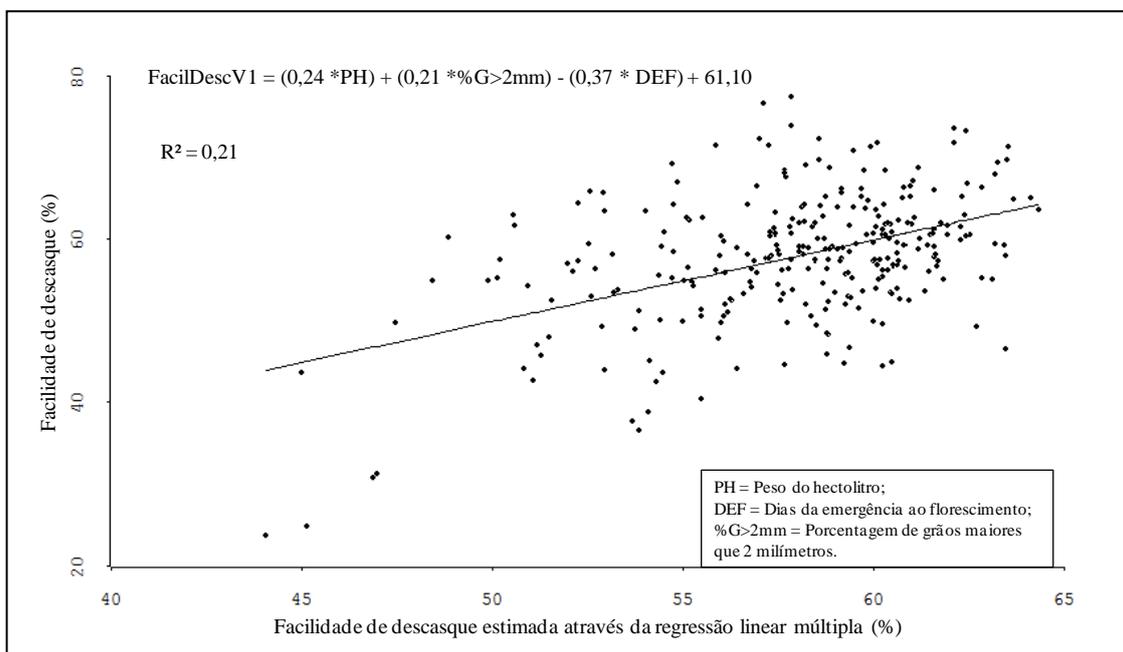


FIGURA 20. Associação entre valores de facilidade de descasque preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Dados por parcela. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Utilizando os dados de parcela padronizados, foi observado que o caráter dias da emergência ao florescimento foi aquele com maior influência sobre a facilidade de descasque, sendo a associação de natureza negativa. O aumento de um desvio padrão no caráter dias da emergência ao florescimento proporcionou o declínio estimado de 0,36 desvios padrões na facilidade de descasque (Tabela 29). Enquanto que os caracteres porcentagem de grãos maiores que dois milímetros e peso do hectolitro influenciaram positivamente a facilidade de descasque, embora em menor magnitude. Na ordem de 0,27 e 0,20 desvio padrão da variável dependente para cada aumento de um desvio padrão da porcentagem de grãos maiores que 2 mm e do peso do hectolitro, respectivamente (Tabela 29).

TABELA 29. Coeficientes de regressão linear múltipla da facilidade de descasque (variável dependente), estimados a partir de dados por parcela, originais e padronizados, no experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados padronizados	
Intercepto	61,10	0,01	0,83
PH	0,24	0,20	<0,0001
%G>2mm	0,21	0,27	<0,0001
DEF	-0,37	-0,36	0,00
Coefficiente de determinação	0,21		

PH= Peso do hectolitro (kg/100 litros);%G>2mm = porcentagem de grãos maiores que 2 milímetros; DEF = Dias da emergência ao florescimento. ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

As regressões lineares simples entre a facilidade de descasque e demais caracteres são apresentadas na (Figura 21) apresentando baixo coeficiente de determinação, 0,12 (Figura 21 – B).

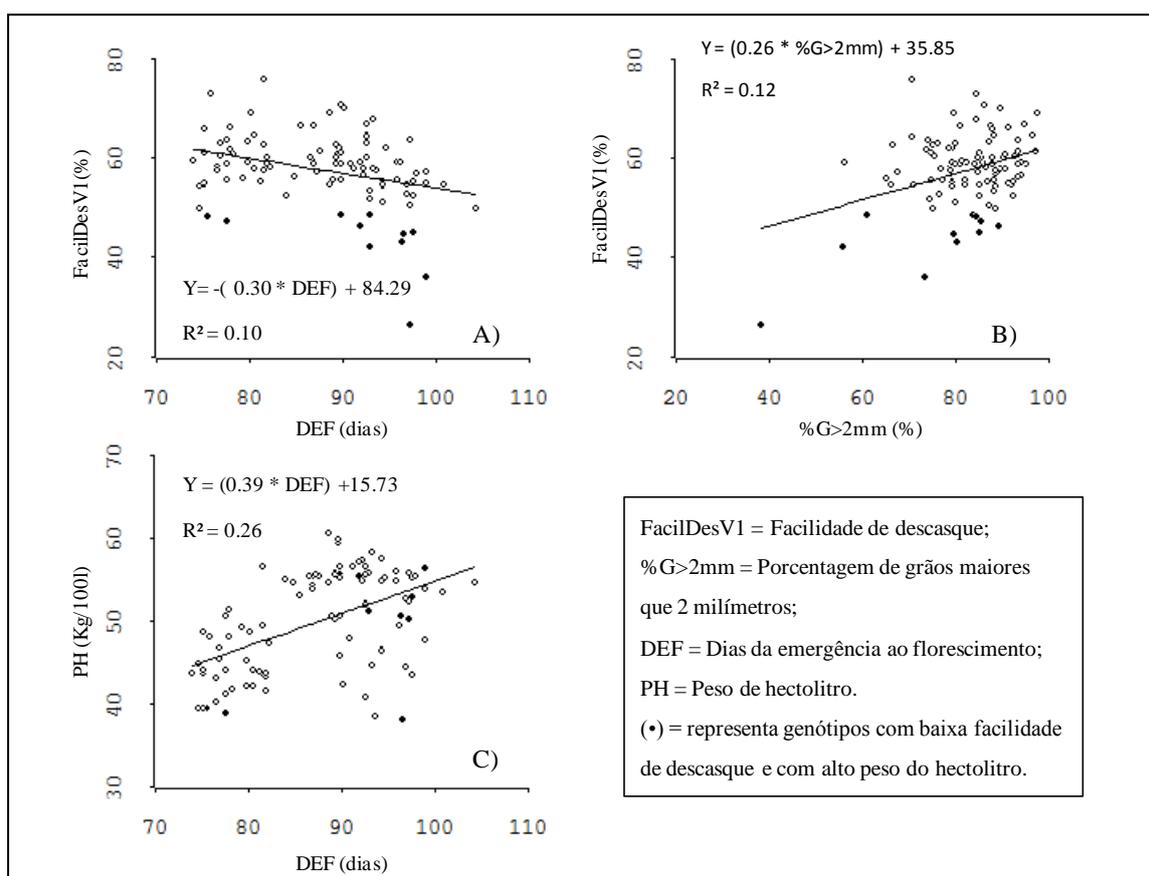


FIGURA 21. Regressões lineares simples entre a facilidade de descasque e: A – Dias da emergência ao florescimento; B – Porcentagem de grãos maiores que dois milímetros. C – Associação entre o peso do hectolitro e os dias da emergência ao florescimento. Análise com as médias dos genótipos, dentro de cada ano, do experimento envolvendo linhagens de aveia. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Essas análises foram realizadas com as médias dos genótipos, dentro de cada ano do experimento envolvendo linhagens de aveia. Pode ser observado que genótipos com menor número de dias da emergência ao florescimento tenderam a apresentar grãos com maior facilidade de descasque, embora o coeficiente de determinação tenha sido baixo, 0,10 (Figura 21-A). O caráter porcentagem de grãos maiores que dois milímetros também foram associados, de forma positiva, com a facilidade de descasque dos grãos, igualmente.

É interessante que a maioria dos genótipos que apresentaram baixa eficiência de descasque, representados pelos pontos negros e sólidos na Figura 21-A, B, exibem um elevado peso de hectolitro, bem como, um ciclo mais tardio (Figura 21 – C). Na média dos genótipos, não foi observada associação entre o peso do hectolitro e a facilidade de descasque dos grãos (análises não mostradas).

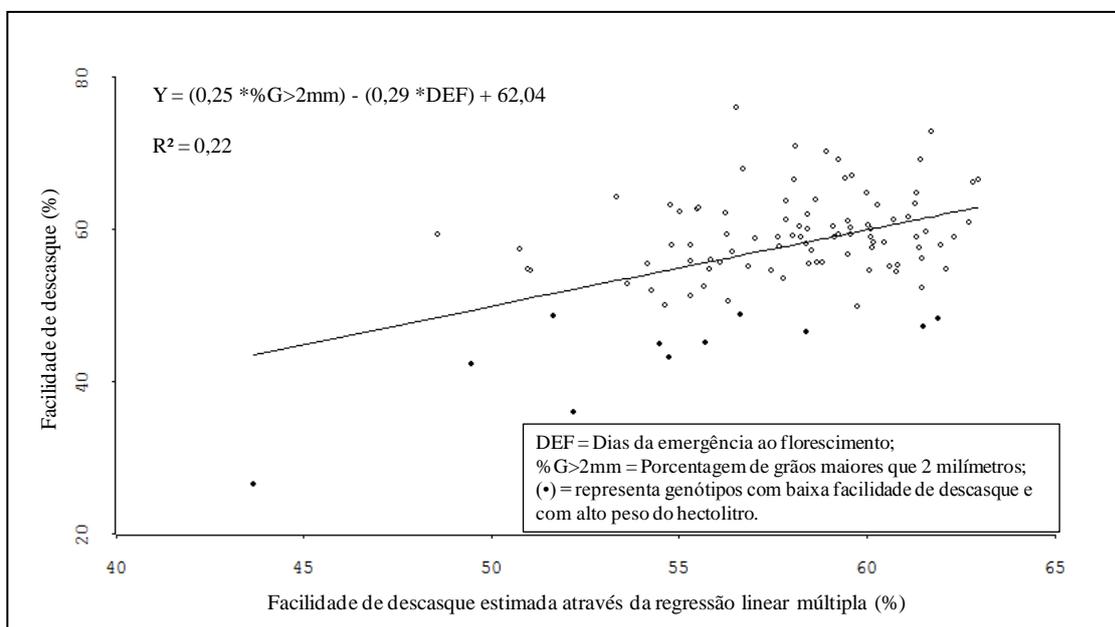


FIGURA 22. Associação entre valores de facilidade de descasque preditos pela regressão linear múltipla e aqueles observados no experimento envolvendo linhagens de aveia. Análise utilizando as médias de genótipo, dentro de cada ano. Eldorado do Sul, 2011 e 2012.

Na Figura 22 está representada a associação linear múltipla tendo a facilidade de descasque dos grãos como variável dependente, considerando as médias dos genótipos, dentro de cada ano do experimento de linhagens de aveia. A associação da facilidade de descasque dos grãos com o caráter porcentagem de grãos maiores que 2 mm foi positiva e coeficiente de regressão igual a 0,26. Enquanto que o número de dias da emergência ao florescimento foi negativamente associado com a facilidade de descasque, com coeficiente de regressão de -0,29. Ainda, apenas 22% da variação foi explicada pelo modelo de regressão (Tabela 30).

Ao observarmos os coeficientes de regressão linear múltipla da facilidade de descasque com os dados padronizados, das médias dos genótipos do experimento envolvendo linhagens de aveia, verifica-se que há uma elevação na magnitude desses coeficientes, comparado com a análise dos dados originais (Tabela 30). O aumento de um desvio padrão no caráter porcentagem de grãos maiores que 2 mm proporcionou o acréscimo estimado de 0,34 desvio padrão na variável facilidade de descasque. Contudo, o aumento de um desvio padrão no caráter dias da emergência ao florescimento proporcionou o decréscimo estimado de 0,31 desvio padrão na facilidade de descasque.

TABELA 30. Estimativa dos coeficientes de regressão linear múltipla entre a facilidade de descasque para valores médios originais e padronizados. Eldorado do Sul, 2011/2012.

Variável estimada	Estimativa dos coeficientes de regressão		Pr> t ⁽¹⁾
	Dados originais	Dados padronizados	
Intercepto	62,02	0,00	1,00
%G>2mm	0,26	0,34	0,00
DEF	-0,29	-0,31	0,00
Coefficiente de determinação	0,22		

%G>2mm = porcentagem de grãos maiores que 2 milímetros; DEF = Dias da emergência ao florescimento. ⁽¹⁾ Valor de probabilidade pelo teste *t* de Student.

5 DISCUSSÃO

Houve efeito significativo tanto para genótipos, quanto para anos de cultivo na análise de variância (ANOVA), bem como, interação significativa entre genótipos e anos de cultivo para o caráter rendimento de grãos (dados não apresentados), indicando variação no desempenho dos genótipos nos diferentes anos de avaliação. As condições ambientais existentes na região Sul do Brasil são altamente variáveis o que resulta em forte interação genótipo x ambiente (Federizzi *et al.*, 1993).

As condições de ambiente foram menos adequadas à cultura da aveia em 2012, relativo à 2011, devido à ocorrência de temperaturas geralmente mais elevadas que a normal no período anterior ao florescimento (mês de agosto), tanto as temperaturas mínimas como as máximas nesse mês, que podem ter proporcionado a redução no ciclo das plantas, contribuindo para um menor crescimento vegetal e menor período de enchimento de grãos. O volume elevado de chuvas no mês de setembro de 2012, com maior número de dias nublados, contribuiu para o maior acamamento das plantas e menor qualidade de luz, resultando em menor acúmulo de fotoassimilados. Também, as condições de maior umidade e temperaturas mais elevadas contribuíram para uma epidemia de ferrugem da folha mais acentuada em 2012. Além disso, as medidas de controle desta doença, através de fungicida, foram dificultadas pelas condições ambientais existentes tendo sido observada severidade de ferrugem da folha relativamente elevada em alguns genótipos.

Por esse motivo, a caracterização agrônômica levou em consideração os dados de cada ano separadamente. No ano de 2011 o rendimento de grãos foi superior quando comparados com o ano de 2012 em razão das melhores condições para o desenvolvimento da aveia neste ano, em ambos os experimentos conduzidos (Tabelas 3, 5, 19 e 21).

Vários fatores devem ter contribuído para os menores rendimentos de grãos observados em 2012, relativo a 2011. Possivelmente, o menor ciclo das plantas e maior acamamento, favorecido pelo elevado volume de chuvas com maior número de dias nublados no ano de 2012. Além disso, as condições de maior umidade e temperaturas mais elevadas favoreceram para o aumento da epidemia de ferrugem da folha neste ano. Desta forma, é possível que os genótipos com menor rendimento de grãos tenham sido aqueles mais suscetíveis às raças de ferrugem da folha predominantes em 2012, conforme indicado pela cultivar testemunha URS Guapa, que, devido a seu cultivo em ampla área no Sul do Brasil, desde 2004, encontra-se muito suscetível à ferrugem da folha.

Apesar da grande variação ambiental entre os anos de 2011 e 2012, que se refletiu principalmente no rendimento de grãos, o restante dos dados, principalmente os caracteres relacionados qualidade física de grãos, como a porcentagem de cariopse e a porcentagem de grãos maiores que 2 mm, além dos caracteres relacionados ao descasque dos grãos apresentaram baixa variação, indicando excelente reprodutibilidade dos dados (Tabelas 3, 5, 19 e 21). Essa característica revela a qualidade dos dados coletados e também demonstra que essas características sofrem pouca influência ambiental, o que é de grande interesse para o melhoramento genético da aveia branca, pois permite que se mantenham fortes pressões de seleção para estas características mesmo que os anos sejam ambientalmente adversos, garantindo elevados ganhos de seleção.

A variação do rendimento de grãos foi maior em 2012 do que em 2011, especialmente para o experimento envolvendo cultivares de aveia, com coeficientes de variação de 16,91 e 12,61%, respectivamente (Tabelas 3 e 5). No entanto, o coeficiente de variação no experimento envolvendo linhagens foi muito similar nos dois anos (Tabelas 19 e 21). A variação encontrada é considerada normal, pois o rendimento de grãos consiste em um caráter altamente variável sendo mais influenciado por fatores ambientais do que por fatores genéticos (Doehlert *et al.*, 2001). Ainda, Federizzi *et al.* (1993) em trabalho utilizando diferentes locais e anos, indicam que o fator “ano” é o mais importante para a estabilidade do rendimento de grãos em aveia, sendo o fator “local” de menor contribuição.

Os caracteres de peso de mil grãos, peso do hectolitro e porcentagem de grãos maiores que 2 mm, foram superiores no ano de 2011 quando comparados com o ano de 2012, tanto para o experimento envolvendo cultivares, como para aquele envolvendo linhagens (Tabelas 3, 5, 19 e 21), demonstrando que o ano de 2012 foi inferior também para essas características. Vasconcellos *et al.* (1998) encontrou resultados semelhantes para o peso de grão e o peso do hectolitro em aveia quando semeadas em ambientes menos favoráveis. O peso do grão é muito influenciado pelo período de enchimento do grão, que é menor quando o ambiente é menos favorável (Wych *et al.*, 1982). Na avaliação de diferentes genótipos de aveia em distintos ambientes se observou que aqueles ambientes menos propícios para o bom desenvolvimento da cultura exibiram um menor número de grãos por panícula, e ainda, um maior número de grãos abortados (Browne *et al.*, 2006).

A média para o peso do hectolitro no ano de 2011 para as cultivares e para as linhagens foi de 51,9 e 55,26Kg/100 litros, respectivamente (Tabelas 3 e 19). Estes valores foram superiores a média do Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia branca

com fungicida para o mesmo ano, que foi de 48,0Kg/100 litros (Lângaro *et al.*, 2012). Já para o ano de 2012 a média do peso do hectolitro das cultivares e linhagens analisadas (45,82 e 45,0Kg/100 litros), apresentados nas Tabelas 5 e 21, se mostraram inferiores à média obtida no Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia branca com fungicida, que foi de 47,0Kg/100 litros no ano de 2012. (Lângaro *et al.*, 2013). Os dados apresentados no Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia branca são obtidos a partir da média de vários locais, isto permite que as grandes diferenças sejam diluídas na média, apesar disso, é possível observar que os dados obtidos nos experimentos das linhagens e cultivares estão em conformidade com aqueles encontrados no Ensaio Brasileiro de Cultivares de Aveia branca.

A porcentagem de cariopse, que é um dos principais componentes do rendimento industrial e da mesma maneira que os demais caracteres de qualidade física de grãos no ano de 2011 foi levemente superior ao ano de 2012 (Tabelas 3, 5, 19 e 21). A reduzida variação observada entre anos de cultivo consiste em um bom indicativo para o melhoramento genético, em virtude da importância deste caráter para a qualidade física de grãos em aveia branca. Buerstmayr *et al.* (2007) avaliando populações de aveia branca para o caráter porcentagem de cariopse encontraram variação semelhante nos diferentes ambientes testados. Constataram ainda, que esse caráter possui herdabilidade moderada, justificando a variação ambiental encontrada. Contudo, Ronald *et al.* (1999) relatam que a porcentagem de cariopse é uma característica altamente herdável, possuindo uma herdabilidade no sentido amplo que varia de 36 a 92%.

Para os caracteres que medem o descasque dos grãos como a facilidade de descasque velocidade 1 (FacilDesV1), que consiste em uma estimativa da capacidade dos grãos serem descascados no equipamento utilizado. E a eficiência potencial de descasque velocidade 1 (EfiPotDesV1), que estima o potencial de descasque do

genótipo, utilizando equipamentos mais adequados para o descasque e também em sistemas em que há o retorno de grãos não descascados para o descascador. Estas estimativas, considerando os experimentos envolvendo cultivares e linhagens, não apresentaram muita diferença entre os anos de 2011 e 2012 (Tabelas 3, 5, 19 e 21), assim, os coeficientes de variação não foram muito diferentes entre anos, que ambientalmente foram bastante diversos, revelam que a análise da qualidade física de grãos de aveia e da eficiência de descasque por ser realizada com certa confiabilidade, independente do ano de cultivo.

Foi observada apenas uma pequena diferença para o caráter facilidade de descasque, considerando experimento envolvendo as linhagens de aveia branca, onde a facilidade de descasque encontrada no ano de 2011 foi menor em comparação a 2012 (Tabelas 19 e 21). A causa para essa variação, provavelmente está no fato que o ano de 2011 por ter sido ambientalmente mais favorável, possibilitou uma maior acumulação de lignina nas cascas dos grãos de aveia. Essa maior quantidade de lignina poderia aumentar a resistência dos grãos ao descasque e, ainda, poderia ser a responsável também pela maior resistência destes grãos a quebra no momento do descasque, como foi constatado nos grãos que foram mais facilmente descascados no ano de 2012 (análise visual), já as cascas dos grãos no ano de 2011 apresentavam maior dureza. No entanto, não existem trabalhos que abordem essa hipótese, assim essa constatação é empírica e não se baseia em dados, apenas na análise visual.

Resultados semelhantes foram encontrados por Doehlert *et al.*, (2009a) observando o descasque de grãos de genótipos de aveia cultivados nos anos de 2005 e 2006 em um mesmo local. Os genótipos cultivados no ano de 2005 apresentaram eficiências de descasque inferiores em comparação com o ano de 2006 sendo a eficiência de descasque significativamente afetada pelo ambiente. Ainda nesse mesmo

trabalho, foi verificada correlação negativa entre peso da casca e a eficiência de descasque indicando a importância da casca no descasque dos grãos de aveia. De acordo com Browne *et al.* (2002), a quantidade de casca também pode variar grandemente entre locais e anos.

A eficiência potencial de descasque média, na velocidade 1 (EfiPotDesV1), obtida nos experimentos envolvendo as cultivares, bem como, para as linhagens de aveia branca (Tabelas 3, 5, 19 e 21), ficou abaixo dos resultados encontrados por Doehlert *et al.* (2009a) e Doehlert & Wiessenborn (2007). No entanto, o descasque realizado na a velocidade 1 (V1), a qual possuía uma velocidade de giro do rotor reduzida, cerca de 1085 rpm, foi usada para estimar a eficiência potencial de descasque, com o objetivo de minimizar os danos as cariopses no momento do descasque (quebra da cariopse). Mas quando consideradas as estimativas para a eficiência potencial de descasque para as amostras descascadas com velocidade 2 (V2) com maior giro do rotor, cerca de 1190 rpm, se nota um aumento nos valores mínimos das eficiências de descasque observadas (Tabela 3). Verificou-se também que na média a facilidade de descasque velocidade 2 (FacilDesV2) foi superior a facilidade de descasque calculada a partir de amostras descascadas na velocidade 1 (FacilDesV1), (Tabela 3), corroborando com os dados encontrados por Doehlert *et al.*, (2009a) e Doehlert & Wiessenborn, (2007), onde a medida que os grãos de aveia eram submetidos a maiores velocidades do rotor do equipamento de descasque observa-se uma elevação das eficiências de descasque.

No entanto, eficiência potencial de descasque média, velocidade 2 (EfiPotDesV2), calculada a partir dos grãos descascados na maior velocidade do rotor do equipamento foi menor comparada a eficiência potencial de descasque média, velocidade 1 (EfiPotDesV1) (Tabela 3). Isso pode ter ocorrido pela quebra e perda das

cariopses que são aspiradas juntamente com as cascas no momento do descasque. A quebra das cariopses é muito mais acentuada quanto maior a velocidade de descasque em descascadores de impacto (Doehlert & McMullen, 2001). Isso foi observado na análise visual das cariopses quando descascadas na maior velocidade de descasque, as quais visualmente aparentavam ter sofrido maiores danos. Fato é que a eficiência de descasque e o índice de quebra das cariopses variam entre genótipos, sendo que genótipos mais resistentes ao descasque também apresentam uma menor proporção de quebra das cariopses. Contudo, ambas as eficiência de descasque e índice de quebra das cariopses aumentam com o incremento na velocidade de giro do rotor (Doehlert *et al.*, 2009a).

A avaliação da eficiência potencial de descasque de grãos pode ser utilizada como um importante critério na fase final de seleção de linhagens endogâmicas de aveia branca para lançamento comercial de variedades. Através dessa avaliação se pode verificar o potencial de descasque e o índice de quebra das cariopses durante o descasque, selecionando assim genótipos com elevada eficiência de descasque.

Grande variação experimental foi encontrada para os caracteres ligados ao número e peso de grãos por panícula com destaque para a porcentagem do peso e do número de grãos terciários, características que foram avaliadas apenas nos experimentos envolvendo as cultivares e exibiram os maiores coeficientes de variação experimental que variaram de 86,89% até 102,84% para os anos de 2011 e 2012 (Tabelas 3 e 5). Contudo, esta grande variação não é resultado de condução experimental problemática. Ao invés disso, essa variação ocorre porque a presença ou ausência de grãos terciários na espiguetta varia entre genótipos, além desse tipo de grão sofrer forte influência ambiental. Doehlert *et al.*(2002), estudando os recursos que influenciam o tamanho dos

grãos em aveia, observaram que a proporção de grãos terciários varia grandemente entre os genótipos e os ambientes testados.

As porcentagens do número e do peso de grãos primário, secundários, por outro lado, apresentaram baixos coeficientes de variação, além disso, também não houveram grandes diferenças para os caracteres porcentagem do número e do peso de grãos primários e secundários por panícula nos anos de 2011 e 2012, apesar da alta variação ambiental entre estes dois anos (Tabelas 3 e 5). Esses dados concordam com aqueles encontrados por Browne *et al.* (2006), onde em ambientes em que a oferta de nitrogênio era de 70 Kg/ha ou para aqueles em que essa oferta chegava a 190 Kg/ha, não foi verificada diferença para os caracteres proporção do número e do peso de grãos primários por panícula. Indicando que independente do número de grãos por panícula a proporção entre primários e secundários é mantida.

Por outro lado, as diferenças ambientais entre os anos de 2011 e 2012 ficaram bastante pronunciadas para os caracteres de número e no peso de grãos por panícula. O número médio de grãos por panícula no ano de 2011 foi de 87,33, enquanto que em 2012 esse valor foi de 55,29 grãos em uma panícula (Tabelas 3 e 5). O mesmo foi observado para o peso médio de grãos por panícula, que no ano de 2012 apresentou uma redução de mais de 50% em comparação ao mesmo caráter no ano de 2011 (Tabelas 3 e 5). Isso acontece principalmente pelo fato de que o número de grãos por panícula pode ser reduzido através do abortamento de grãos no momento do enchimento, quando atingidos por estresses ambientais como: alta temperatura, pouca disponibilidade hídrica e reduzida disponibilidade de nutrientes (Altenbach *et al.*, 2003). Contudo o peso de grãos por panícula é um caráter que proporcionalmente sofre menor influencia ambiental. Pois o peso de grão possui elevada herdabilidade, que pode chegar até 0,98 (De Koeber *et al.*, 2004).

Os caracteres que medem o tamanho do grão, como área, perímetro, comprimento e largura do grão, os quais foram avaliados apenas no experimento envolvendo as cultivares de aveia, não apresentaram grande variação entre os anos de 2011 e 2012 (Tabelas 3 e 5). Essas características não são facilmente alteradas pelas variações ambientais, uma vez que, as características área, largura e comprimento dos grãos de aveia possuem valores de herdabilidade que variam de 0,90 à 0,98, sendo que as maiores variações para o tamanho e a forma dos grãos se dá principalmente entre genótipos do que ambientes (Pietrzak & Fulcher, 1995; Groh *et al.*, 2001).

Pelo fato do tamanho e forma dos grãos de aveia serem pouco afetados pela variação ambiental, teoricamente seriam características governadas por um pequeno número de genes. Esta hipótese é confirmada por Groh *et al.* (2001), que avaliando duas populações de aveia branca em cinco ambientes distintos, encontrou cinco QTLs (quantitative trait loci) controlando a área do grão, os quais explicam 60,7% da variação encontrada nas populações para essa característica e para a largura e o comprimento são encontrados quatro QTLs para cada caráter, que explicam 30,5% e 44, 1% da variação, respectivamente. Isso indica que esses caracteres podem ser mais facilmente selecionados em um programa de melhoramento. Podendo ser utilizados como na seleção indireta de genótipos com maior porcentagem de cariopse e eficiência de descasque, uma vez que, os caracteres de tamanho de grão são associados a essas características.

Uma metodologia que pode ser utilizada na caracterização de grãos de aveia branca quanto ao tamanho e como critério de seleção foi apresentada por Doehlert *et al.* (2004), consiste em um índice de uniformidade de grãos o qual é obtido através da multiplicação das porcentagens de grãos pequenos, médios e grandes contidos em uma amostra. Sendo este índice negativamente correlacionado com a proporção de grãos

pequenos. Metodologia essa que pode substituir a avaliação da porcentagem de grão maiores que 2 mm.

Com a finalidade de observar o comportamento dos diferentes genótipos avaliados com relação à qualidade física de grãos e eficiência de descasque foi feita a comparação das médias das cultivares e das linhagens de aveia branca para os caracteres avaliados nos anos de 2011 (Tabela 4) e 2012 (Tabelas 6 e 22). Sendo que, os genótipos que apresentavam média superior à média do caráter mais um desvio padrão eram caracterizados como superiores, por outro lado, os genótipos que apresentavam média inferior à média do caráter menos um desvio padrão eram caracterizados como inferiores.

No ano de 2011, igualmente à 2012, as cultivares superiores para o rendimento de grãos em aveia branca, foram aquelas lançadas comercialmente a partir do ano de 1993, com exceção da cultivar UFRGS 4, demonstrando o grande potencial de rendimento de grãos que apresentam as cultivares modernas de aveia, em detrimento das mais antigas, lançadas anteriormente ao ano de 1990. Investigando a genealogia dessas cultivares verifica-se a presença comum da combinação de genótipos Coronado²/Cortez³/Pendek/ME 1563 (Tabela 1), indicando que essa combinação pode ter sido responsável por promover um maior rendimento de grãos.

O rendimento de grãos consiste no caráter que mais aumenta com o avanço do melhoramento genético. Redaelli *et al.* (2008), avaliando progresso genético para cultivares de aveia desenvolvidas na Itália em um período de 40 anos que foi de 1960 à 2000, encontraram incremento na performance média do rendimento de grãos para as cultivares de aveia modernas em relação às antigas com um ganho genético de 36 Kg/ha/ano. Do mesmo modo, Waldow (2012) avaliando genótipos de aveia desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento da UFRGS, encontrou ganho genético

para o caráter rendimento de grãos que variou de 29,5 a 38,7 Kg/ha/ano, mostrando elevado progresso genético para o caráter.

Esse incremento no rendimento de grãos é observado nestes experimentos onde as cultivares mais antigas, lançadas comercialmente entre os anos de 1982 à 1987, com exceção da cultivar UFRGS 4, em ambos os anos de teste, foram inferiores para o rendimento de grãos (Tabelas 4 e 6). No experimento envolvendo as linhagens, com exceção dos genótipos UFRGS 910906-3 e UFRGS 953195, a maioria das linhagens desenvolvidas entre os anos de 1990 e 1994 foram inferiores para o rendimento de grãos no ano de 2011 e todas foram inferiores no ano de 2012 (Tabelas 20 e 22), indicando que este período foi pouco propício para melhoramento de aveia no programa da UFRGS.

As principais causas do menor rendimento, além do baixo potencial genético, podem ser a maior sensibilidade ao acamamento (dados não mostrados), principalmente no ano de 2012. Vieira *et al.* (2007), verificou para a espécie do trigo, que o acamamento de plantas é negativamente correlacionado com o rendimento de grãos e reduzindo severamente a produtividade nesta espécie.

Entre os genótipos com rendimento de grãos médio superior nos dois anos de experimento, destaque para as cultivares UFRGS 15, URS 21, URS Taura e Coronado no experimento envolvendo cultivares e UFRGS 970654-3, UFRGS 036107-3, UFRGS 037025-4, URS Taura e Coronado no experimento envolvendo as linhagens, que são na sua maioria genótipos modernos (Tabelas 4, 6, 20 e 22). Sendo que destes genótipos superiores para o rendimento de grãos, a cultivar URS 21 e a linhagem UFRGS 970654-3 são descendentes da cultivar UFRGS 10 (Tabelas 1 e 2), que foi classificada como inferior para o rendimento de grãos (Tabelas 4 e 6), não sendo a provável fonte de alelos para o incremento no rendimento de grãos nestes genótipos.

A cultivar URS Brava, inserida no experimento de cultivares apenas no ano de 2012 por ter sido lançada comercialmente nesse mesmo ano (Tabela 6), apresentou um elevado rendimento de grãos, e ainda, qualidade física grãos superior (Tabela 6). O mesmo comportamento foi encontrado para a linhagem UFRGS 076052-3 (Tabelas 20 e 22), que é uma linhagem irmã da cultivar URS Brava (Tabelas 1 e 2), sendo que ambas descendem da mesma planta F₃ resultante de um cruzamento envolvendo a cultivar URS 21 (Comunicação pessoal Marcelo Teixeira Pacheco).

A cultivar URS Taura obteve elevado rendimento de grãos nos anos de 2011 e 2012, sendo que em 2011, essa cultivar exibiu um rendimento médio de 6496 Kg de grãos por hectare (Tabela 4). Sendo superior em comparação com a média do Ensaio Brasileiro de Cultivares Recomendadas de Aveia branca, com fungicida para o ano de 2011, considerando os ensaios realizados no Estado do Rio Grande do Sul para a mesma cultivar que foi de 4150 Kg/ha e superior também a média dos ensaios realizados no restante do país, que foi igual à 4387 Kg/ha (Lângaro *et al.*, 2012).

De mesma forma a cultivar Norte Americana Coronado que foi utilizada como testemunha em todos os experimentos exibindo rendimento de grãos superior para os anos de 2011 e 2012. Essa cultivar foi introduzida no Brasil através da Argentina e possui boa adaptação as condições ambientais Sul Brasileiras, além de um alto potencial de rendimento de grãos. Por esses atributos, esta cultivar faz parte da genealogia da maioria das cultivares modernas desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético de aveia da UFRGS (Tabela 1). Entretanto, apesar de ter exibido elevado rendimento de grãos, essa cultivar apresenta elevado ciclo vegetativo, e ainda, possui reduzida qualidade física de grãos, este genótipo principalmente para o ano de 2011 apresentou média inferior para os caracteres peso de hectolitro, peso de mil grãos e

porcentagem de grãos maiores que dois milímetros, exibindo peso e tamanho de grãos inferiores (Tabelas 4, 6, 20 e 22).

Verifica-se também que as cultivares com médias superiores e inferiores em relação ao rendimento de grãos, foram superiores e inferiores também para o caráter peso de hectolitro (Tabelas 4 e 6). Estes resultados demonstram que o rendimento de grãos depende, em grande parte, dos mesmos componentes que foram o peso do hectolitro, como mostrado pelo coeficiente de correlação relativamente elevado (0,73 e 0,79) entre ambos os caracteres (Tabelas 8 e 24). Pixley & Frey (1991) também encontraram uma forte e positiva associação entre o peso do hectolitro e rendimento de grãos em populações de aveia branca.

Considerando as cultivares de aveia branca verificas-se que os genótipos mais tardios, aqueles superiores para o caráter dias da emergência ao florescimento são encontrados, na sua maioria, entre as cultivares mais antigas, aquelas lançadas até o ano 1990 pelo programa de melhoramento da UFRGS. Sendo que os genótipos mais precoces estão entre as cultivares modernas, tanto para o ano de 2011, quanto para o ano de 2012 (Tabelas 4 e 6). Semelhante as cultivares, as linhagens de aveia mais precoces estão, na maioria, entre aquelas lançadas no ano de 1997 (Tabelas 20 e 22). A precocidade é fundamental para a aveia branca no Sul do Brasil, pois evita que a cultura esteja no período de enchimento de grãos em uma época com maior possibilidade de incidência de ferrugem-da-folha e do colmo, além de possibilitar o cultivo posterior da soja e milho (Barbosa Neto *et al.*, 2000). De acordo com o mesmo autor, este caráter sofreu redução de 1,5 dias ao ano no período de melhoramento que variou de 1957 a 1996. Uma característica que possibilitou esse elevado progresso genético é fato que esta característica é altamente influenciada pela variação genética, pois esta característica

apresenta alta herdabilidade chegando á 0,89 (Nava *et al.*, 2010) estimativa que é semelhante para o ciclo vegetativo foi encontrada por Wooten *et al.* (2009) de 0,80.

Vários genótipos exibiram peso do hectolitro superior no ano de 2011, provavelmente por esse ano ter proporcionado melhores condições para a cultura da aveia. Grande parte dos genótipos superiores para o peso do hectolitro também exibiram valores elevados de porcentagem de cariopse e eficiência potencial de descasque, nos dois anos de avaliação (Tabelas 4, 6, 20 e 22). O que foi reforçado pela associação positiva entre peso do hectolitro e eficiência potencial de descasque (Tabelas 14, 15, 27 e 28). Uma das explicações para o fato que grãos com maior peso do hectolitro sejam mais facilmente descascados em descascadores de impacto, é que grãos de aveia mais densos são lançados com maior força na parede do descascador. Assim como frações de grãos mais pesadas podem ser descascados usando velocidades de rotação menores em descascadores de impacto (Ganssmann & Vorwerck, 1995), o que contribui na redução das quebras dos grãos no processo de descasque (Doehlert *et al.*, 2009a).

Foi encontrada também associação positiva e de magnitude média entre peso do hectolitro e porcentagem de cariopse (Figura 3-D e Tabela 24). O que está de acordo com Doehlert *et al.* (2006), que encontraram que a porcentagem de cariopse está relacionada com o peso do hectolitro, sendo que genótipos com peso do hectolitro elevado poderão ter de porcentagem de cariopse elevada. Por outro lado, as cultivares com porcentagem de cariopse elevada não possuirão, necessariamente, peso do hectolitro superior e vice e versa. A cultivar UFRGS 4, que apresentou peso do hectolitro médio caracterizado como inferior, exibiu porcentagem de cariopse média superior (Tabela 4), já a linhagem UFRGS 941698-6 exibiu peso do hectolitro médio superior e porcentagem de cariopse média inferior (Tabela 22) este resultado pode indicar que outras características podem estar influenciando a porcentagem de cariopse,

como por exemplo a espessura da casca caráter não avaliado. Ainda segundo Doehlert *et al.* (2006), para que os genótipos tenham ao mesmo tempo peso do hectolitro e porcentagem de cariopse elevados é necessário que os grãos, além de serem bem desenvolvidos, tenham cascas finas e bem ajustadas às cariopses.

Da mesma maneira que nem todos os genótipos com peso do hectolitro superior exibiram porcentagem de cariopse igualmente superior nos experimentos realizados em 2011 e 2012. Também, os genótipos com médias inferiores para peso do hectolitro, não foram igualmente inferiores para as características porcentagem de cariopse e eficiência potencial de descasque, em ambos os anos de avaliação (Tabelas 4, 6, 20 e 22). As observações tomadas em conjunto indicam que o peso do hectolitro é um caráter relevante para determinação da qualidade física de grãos e da eficiência de descasque, no entanto, não consiste no fator primordial.

Grande parte dos genótipos superiores para o caráter peso do hectolitro se concentraram entre aqueles lançados recentemente, ou seja, entre os genótipos mais modernos (Tabelas 4, 6, 20 e 22). Destaque para as cultivares lançadas em 2010 e 2011 que foram superiores para o caráter peso do hectolitro no experimento realizado em 2011 (Tabela 4).

Já a cultivar moderna URS Guapa, que possui grãos de tamanho elevado e peso de mil grãos superior apresentou peso do hectolitro inferior tanto no ano e 2011, quanto no ano de 2012 (Tabelas 4 e 6). Esse efeito contraditório se dá pela má acomodação dos grãos no cilindro do equipamento que mede esse caráter, fazendo com que fiquem espaços vazios entre os grãos e conseqüentemente reduzindo o peso do hectolitro. Uma vez que, o tamanho do grão influencia no peso do hectolitro, sendo que o comprimento do grão é negativamente correlacionado com o peso do hectolitro (Doehlert *et al.*, 2006).

Os genótipos UFRGS 20, URS Penca, UFRGS 036111-3 e UFRGS 055114-3 foram superiores para o caráter peso do hectolitro em 2011 e 2012. A linhagem UFRGS 055114-3 é irmã da cultivar URS Estampa (Tabela 2), a qual foi superior para o caráter peso do hectolitro em 2011 (Tabelas 4, 20 e 22), indicando potencial genético no cruzamento que deu origem a esses genótipos. Sendo que o genótipo UFRGS 881971, que está presente na genealogia do genitor materno da linhagem UFRGS 055114-3, também está presente na genealogia de outros genótipos, que apresentam peso do hectolitro elevado (Tabelas 4, 6, 20 e 22). Como por exemplo, da genealogia da cultivar URS Taura, sendo que a linhagem UFRGS 881971 é uma das linhagens avós dessa cultivar. Comportamento similar também foi encontrado para a linhagem UFRGS 881920 (Tabelas 1 e 2).

Elevada qualidade física de grãos é imprescindível em cultivares modernas de aveia branca. Como observado nas Tabelas 4 e 6 a cultivar UFRGS 20 apresentou elevados valores para os caracteres de qualidade física e eficiência potencial de descasque de grãos nos anos de 2011 e 2012. Esse genótipo é um das únicas cultivares modernas que não possui a cultivar Coronado na sua genealogia, que é conhecida pela baixa qualidade dos grãos (Tabela 1). Essa observação vem afirmar que cruzamentos que contenham a cultivar Coronado, como no caso do cruzamento “Coronado2 / Cortez3 / Pendek / ME 1563” não constitui fonte de alelos para incremento na qualidade física de grãos.

A maioria dos genótipos com peso de mil grãos superior mostraram porcentagem de grãos maiores que dois milímetros igualmente superior (Tabelas 4, 6, 20 e 22). O que pode ser explicado pela elevada associação entre a área e o volume do grão com a massa do grão (Symons & Fulcher, 1988; Doehlert *et al.*, 2009a). No entanto, no experimento das cultivares e das linhagens se observa uma fraca associação

entre os caracteres peso do hectolitro e porcentagem de grãos maiores que 2 mm (Tabela 8 e 24). Elevada associação foi encontrada entre o caráter porcentagem de grãos maiores que 2 mm e o peso de mil grãos (Tabela 24).

Entre os genótipos com média inferior para o caráter porcentagem de grãos maiores que 2 mm estão as cultivares testemunhas e as cultivares mais antigas, principalmente para o ano de 2012 (Tabelas 4 e 6). O que indica a qualidade de grãos das cultivares de aveia branca do programa de melhoramento genético da UFRGS em relação às cultivares Suregrain e Coronado. Por outro lado linhagens de aveia com média inferior para o mesmo caráter foram encontradas entre os genótipos mais modernos (Tabelas 20 e 22).

A porcentagem de grãos maiores que 2 mm é uma medida de qualidade física de grãos muito utilizada na indústria para avaliar o tamanho dos grãos, onde o lote de grãos de aveia deve possuir no mínimo 75% de grãos maiores que 2 mm, no entanto, esse caráter não consiste em um bom indicador de qualidade, uma vez que, os genótipos com maior porcentagem de grãos maiores que 2 mm nem sempre são aqueles que apresentam porcentagem de cariopse e eficiência potencial de descasque superiores (Tabelas 4, 6, 20 e 22).

Ao contrário do que relata Floss *et al.* (2002), em que a porcentagem de grãos maiores que 2 mm está associada ao rendimento industrial e que deve ser levada em consideração nos programas de melhoramento. Esse caráter foi fracamente associado com as características de qualidade de grãos e eficiências e descasque para as cultivares de aveia branca (Tabela 8). Além disso, na análise de regressão com a porcentagem de cariopse (Tabela 12) a porcentagem de grãos maiores que 2 mm foi o caráter menos explicativo e quando foi realizada regressão a partir dos dados médios, que originam associações mais robustas, esse caráter não se mostrou significativamente associado

com a porcentagem de cariopse (Tabela 13). Sendo eficiente apenas para explicar a facilidade de descasque (Tabelas 17 e 29). Apesar disso, a porcentagem de grãos maiores que 2 mm consiste em uma medida rápida da qualidade física mínima do lote de grãos de aveia que a indústria possui no recebimento dos grãos para o beneficiamento. Mas não pode ser considerado um critério eficiente para a seleção de linhagens de aveia para a qualidade física de grãos, pois, os dados encontrados indicam que a uniformidade do tamanho dos grãos fator mais relevante (Tabelas 8 e 13).

Com relação ao peso de mil grãos entre as cultivares com médias superiores no ano de 2011, destacam-se a UFRGS 14 e a UFRGS 16, já entre as linhagens, destaque para a UFRGS 930551-6 e UFRGS 04B7063-2-1 (Tabelas 4 e 20). Considerando o ano de 2012, as cultivares UFRGS 14 e URS Torena e as linhagens UFRGS 930551-6, UFRGS 940814-1 e UFRGS 089008 exibiram os maiores valores para o peso de mil grãos (Tabelas 6 e 22). A cultivar UFRGS 16 e a linhagem UFRGS 930551-6 possuem parentesco com a linhagem UFRGS 881920 que apresenta também elevado peso de mil grãos nos dois anos de experimento. As linhagens UFRGS 04B7063-2-1 e UFRGS 940814-1 são descendentes da cultivar UFRGS 8, indicando potencial genético deste genótipo para o peso de grãos.

No ano de 2012 houve um menor número de cultivares superiores para o caráter peso de mil grãos. Este fato ocorreu em virtude do ano de 2012 ter sido menos favorável, do ponto de vista ambiental. Contudo, ao se observar as médias para o caráter peso de mil grãos com mais atenção, nota-se que os genótipos com médias mais elevadas para esse caráter são os mesmos que foram superiores no ano anterior, indicando que os componentes genéticos são mais importantes que os ambientais. Esta observação está de acordo com o encontrado por Doehlert *et al.* (2004), que observou pequena variação no peso dos grãos avaliados em diferentes ambientes.

As cultivares modernas URS Corona e URS Guará que se mostram superiores para praticamente os mesmos caracteres, nos anos de 2011 e 2012, analisando a genealogia dessas cultivares verifica-se que descendem do mesmo cruzamento (Tabela 1). Um dos genótipos parentais dessas cultivares, a linhagem UFRGS 970497-1 é descendente do cruzamento entre a linhagem UFRGS 881920 e a cultivar UFRGS 14 (Marcelo Teixeira Pacheco, comunicação pessoal), ambas de peso de mil grãos superior (Tabelas 4, 6, 20 e 22). Contudo, a cultivar URS Torena, também com peso de mil grãos elevados,  descendente da linhagem UFRGS 988109-1(Tabela 1), a qual é irmã da cultivar UFRGS 19, a qual não apresenta grãos grandes (Tabelas 4 e 6). Cabral *et al.* (2002) estudando a herança do peso de gros em aveia encontrou valores de herdabilidade que chegaram a 79,7% no sentido amplo, para o peso de grãos primários, enquanto no sentido restrito o máximo observado, para o mesmo caráter, foi igual a 30%. Isto demonstra que o peso tem gros  uma característica herdável, mas que sofre efeitos da variação ambiente.

Apesar de alguns genótipos apresentarem peso de gráos e peso do hectolitro superiores, estes não possuem médias elevadas para os caracteres porcentagem de cariopse e eficiência potencial de descasque (Tabelas 4, 6, 20 e 22). Dessa forma, pode-se concluir que genótipos com peso dos gros ou peso do hectolitro superiores não terão, garantidamente, rendimento industrial elevado. Ao mesmo tempo, pode-se dizer que os genótipos que apresentaram peso do hectolitro inferior quase sempre foram também inferiores quanto aos caracteres relacionados ao rendimento industrial (Tabelas 4, 6, 20 e 22).

Exceção foi a cultivar UFRGS 4, para o experimento envolvendo as cultivares, que em 2011 pertenceu ao grupo inferior quanto ao peso do hectolitro, mas foi superior para a facilidade de descasque, porcentagem de grãos maiores que 2 mm e porcentagem

de cariopse (Tabela 4). Porém, o peso do hectolitro da cultivar UFRGS 4, em 2011, não foi realmente muito baixo, uma vez que teve média igual a 49,5 kg/100 litros. Doehlert & Wiessenborn (2007) não encontraram associação significativa entre a massa de grãos e o peso do hectolitro com o rendimento de moagem (rendimento industrial), contudo, a porcentagem de cariopse mostrou associação positiva com o rendimento industrial.

Por outro lado, não se pode deixar de observar que para aquelas cultivares inferiores para os caracteres de descasque, quase sempre foram inferiores para as características relacionadas ao peso dos grãos e peso do hectolitro. Isto demonstra que não são fundamentais para alta qualidade de descasque, porém, são imprescindíveis para o mínimo de potencial de descasque, como observado na Figura 9 – A. Na qual é demonstrado que o peso de hectolitro é o caráter mais associado à eficiência potencial de descasque, quando observado a associação para aqueles genótipos com eficiência potencial de descasque média inferior à eficiência potencial de descasque média da cultivar URS Taura. Grãos com maior peso tendem a possuir as maiores eficiências de descasque (Doehlert & Wiessenborn, 2007; White & Watson, 2010), porém não há uma garantia disso. Exemplo dado pela cultivar UFRGS 15 e pela linhagem UFRGS 04B7063-2-1 em 2011, que apresentaram facilidade de descasque inferior (40,1 e 66,4%, respectivamente), mas possuíam grãos de tamanho e peso elevados, conforme apontado pelo elevado peso de mil grãos e elevada porcentagem de grãos maiores que 2 mm (Tabelas 4 e 20).

Verifica-se que as cultivares UFRGS 20 e URS Taura apresentaram comportamento superior para os caracteres de facilidade de descasque, eficiência potencial de descasque e porcentagem de cariopse, tanto no ano de 2011, quanto no ano de 2012, indicando que essas cultivares apresentam estabilidade quanto a qualidade física dos grãos (Tabelas 4 e 6).

A porcentagem de cariopse consiste no caráter mais importante dos caracteres de qualidade física de grãos em aveia (Doehlert *et al.*, 2009b). Os genótipos com média superior para a porcentagem de cariopse, no experimento envolvendo as cultivares de aveia, foram na maioria os genótipos mais modernos se encontravam principalmente entre as cultivares mais modernas. Indicando que o caráter porcentagem de cariopse sofreu um aumento ao longo dos anos de seleção. No entanto, para o experimento envolvendo as linhagens o mesmo não foi observado para esse mesmo o caráter.

Em 2011, além da cultivar URS Taura, apenas os genótipos UFRGS 19, URS 21 para o experimento envolvendo as cultivares e UFRGS 036111-3 e UFRGS 901707, para o experimento envolvendo as linhagens, exibiram excelentes rendimentos aliados a uma alta qualidade de grãos e eficiência de descasque (Tabelas 4 e 20). Elevado rendimento de grãos combinado com uma alta porcentagem de cariopse e eficiência de descasque resultam em um alto rendimento industrial, que é fator muito importante para a indústria (Doehlert *et al.*, 2009b). Ambas as linhagens UFRGS 036111-3 e UFRGS 901707 possuem parentesco com a cultivar UFRGS 17. Enquanto a linhagem UFRGS 901707 é descendente do mesmo cruzamento que deu origem a UFRGS 17, a linhagem UFRGS 036111-3 tem a UFRGS 17 como um dos seus genitores. Contudo, a cultivar UFRGS 10, que não possui elevado desempenho para o rendimento de grãos, é genitor da cultivar URS 21 não sendo a provável fonte de alelos para o rendimento de grãos elevado (Tabelas 1 e 2).

Na análise do desempenho das cultivares e linhagens de aveia, no ano de 2011 (Tabelas 4 e 20), quando as condições de ambiente foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura, com exceção da cultivar UFRGS 19 a maioria dos genótipos superiores para o caráter porcentagem de cariopse apresentam na sua genealogia, o cruzamento “Coronado² / Cortez³ / Pendek / ME 1563” (Tabelas 1 e 2).

Coronado e Cortez são cultivares derivadas do mesmo cruzamento, portanto o cruzamento citado acima não possui quase variabilidade. Este fato deve ter contribuído para que genótipos de aveia que possuem “Coronado² / Cortez³ / Pendek / ME 1563” na genealogia sejam mais bem adaptados ao Sul do Brasil, uma vez que, Coronado continua apresentando rendimento de grãos elevado a estas condições onde existe controle químico de doenças fúngicas (Tabelas 4 e 6). Porém, é improvável que o cruzamento “Coronado² / Cortez³ / Pendek / ME 1563” seja responsável por contribuir com muitos alelos para qualidade física de grãos, devido este genótipo apresentar médias inferiores para todos os caracteres ligados à qualidade de grãos (Tabelas 4, 6, 20 e 22).

Estudos indicam que o caráter porcentagem de cariopse é governado por até três genes aditivos e com alta herdabilidade, sendo uma característica altamente herdável (Kurek *et al.*, 2002). Groh *et al.* (2001) encontraram quatro QTL's (*Quantitative trait locus*) ligados ao caráter porcentagem de cariopse e ainda, segundo os mesmos autores, esses QTL's incrementam tanto a porcentagem de cariopse quanto a largura, o comprimento e a área do grão.

Entender as relações entre as diversas características consiste em uma importante ferramenta para o melhoramento genético de plantas, pois, possibilita fazer a seleção para determinadas características a partir de outras características de mais fácil avaliação. Para compreender as relações entre as características de qualidade física de grãos, foram realizadas as análises de correlação. Conforme observado nas Tabelas 7 e 23, a porcentagem de cariopse está altamente associada à eficiência potencial de descasque e à facilidade de descasque, indicando que grãos que possuem uma alta relação cariopse/casca serão mais facilmente descascados. Associações positivas da porcentagem de cariopse com a eficiência de descasque também foram observadas por

Doehlert *et al.* (2009b) e segundo Doehlert & Wiessenborn (2007) grãos de aveia mais resistentes ao descasque apresentam menor porcentagem de cariopse do que aqueles que descascam mais facilmente.

Dentre as características que são utilizadas em cereais para indicar qualidade física dos grãos, o peso do hectolitro é o caráter mais utilizado, principalmente pela sua facilidade de mensuração. Na associação dos caracteres agronômicos com os caracteres de qualidade de grãos verifica-se que peso do hectolitro foi positivamente associado com o peso de mil grãos, indicando que o aumento nesta característica proporciona a elevação do peso do hectolitro (Tabelas 8 e 24).

O peso do hectolitro é descrito como a massa de grãos que se ajusta a um volume específico, sendo que o aumento ou a diminuição desse caráter acontece em razão da variação entre a densidade do grão e o ajuste dos grãos no cilindro medidor (Doehlert *et al.*, 2009a). Dessa maneira, quanto maior o peso do grão e menor o seu tamanho, maior será sua densidade e, conseqüentemente, o peso do hectolitro. Doehlert *et al.* (2009b) ainda encontraram correlações positivas entre a densidade da cariopse e o peso de hectolitro, e correlações negativas entre o volume de casca do grão e o peso do hectolitro em aveia branca.

Já a circularidade dos grãos exibe uma associação negativa com o comprimento, com o perímetro do grão, não apresentando nenhuma associação com a área do grão (Tabela 9). Por esse motivo, esse caráter, que mede o quanto o grão é arredondado, diferente dos anteriormente citados mostrou-se positivamente associado à porcentagem de cariopse, ao peso do hectolitro e com a eficiência de descasque (Tabela 8). Logo, genótipos com grãos mais circulares, por conseguirem acomodar-se melhor no cilindro medidor do peso do hectolitro, tendem a apresentar maior peso do hectolitro. A relação largura/comprimento, estimativa que se assemelha a circularidade do grão, apresenta

uma elevada associação com o peso do hectolitro sugerindo que quanto maior for essa relação mais eficiente será a acomodação no cilindro medidor. Assim como, grãos mais circulares, por apresentarem uma maior relação cariopse/casca, tenderam a apresentarem maior porcentagem de cariopse. Entretanto, White & Watson (2010) observaram que a circularidade dos grãos diminui à medida que o peso dos grãos aumenta, de forma que grãos mais circulares apresentam menor massa.

A observação dos grãos no momento das análises indicava que a maior circularidade dos grãos era devido ao maior enchimento desses grãos, pois mesmo grãos com comprimento menor podem ter largura reduzida e menor circularidade. Grãos com maior largura em razão do comprimento podem ser mais densos que aqueles com menor razão entre largura e comprimento (Doehlert *et al.*, 2006). A associação entre a circularidade e número de grãos terciários observada na Tabela 10 vem corroborar com a hipótese de que grãos mais circulares apresentam maior enchimento de grãos, visto que, a formação do grão terciário acontece apenas quando há excedente de fotoassimilado.

Em geral, os caracteres ligados ao número e peso de grãos por panícula foram significativamente associados com o peso do hectolitro. O caráter número de grãos secundários mostrou maior grau de associação com o peso do hectolitro, do que o número de grãos primários (Tabela 8). Resultados semelhantes foram encontrados por Doehlert *et al.* (2005) o qual verificou que genótipos que apresentavam proporção maior de espiguetas com apenas os grãos primários eram negativamente correlacionados com o peso do hectolitro, já aquelas espiguetas que continham grãos primários e secundários apresentavam uma correlação positiva com o mesmo caráter.

Na análise de regressão linear múltipla 65% da variação para a porcentagem de cariopse considerando o experimento das cultivares é explicada por três características

(Figura 2). O caráter peso do hectolitro foi o que relativamente mais contribui para a variação da porcentagem de cariopse (Tabela 25). Associação linear positiva entre peso do hectolitro e porcentagem de cariopse também foi verificado no experimento envolvendo linhagens de aveia (Tabela 25). Para as cultivares de aveia branca avaliadas foi encontrada forte associação entre o peso do hectolitro com a porcentagem de cariopse (Figura 3-D).

Para Doehlert *et al.* (2009b) a densidade do grão tem um importante papel na determinação do peso do hectolitro e ainda, sendo a cariopse de aveia duas vezes mais densa que a casca, o caráter porcentagem de cariopse consiste no principal fator que afeta a densidade do grão. Essa constatação indica que o peso do hectolitro e a porcentagem de cariopse são positivamente associados (Doehlert *et al.*, 2001 e Doehlert & Wiessenborn 2007). Sendo esse o caráter o que mais promove o incremento na porcentagem de cariopse (Tabelas 12, 13, 25 e 26). Dessa forma, a utilização pelo programas de melhoramento genético de aveia do peso do hectolitro como critério de seleção de genótipos com maior porcentagem de cariopse e conseqüente qualidade de grãos superior mostrou estar correta.

Apesar de serem positivamente associados o peso do hectolitro e a porcentagem de cariopse apresentam uma relação muito variável que nem sempre é elevada. Segundo Doehlert *et al.* (2009b), o peso do hectolitro só pode responder por metade da variação da porcentagem de cariopse, existindo portanto, fatores adicionais que afetam e causam divergência nessas características, ainda segundo o mesmo autor, o caráter que possui maior associação à porcentagem de cariopse é a massa de cariopse. Para as linhagens de aveia branca avaliadas a associação entre o peso do hectolitro e a porcentagem de cariopse observada foi fraca (Figura 15-B). De acordo com Doehlert *et al.* (2006), dependendo da espessura da casca e da existência, ou não, de espaços internos entre a

casca e a cariopse. Dependendo da variação desses dois fatores, os genótipos podem apresentar grãos com alta porcentagem de cariopse e reduzido peso do hectolitro ou vice-versa.

Essa teoria pode explicar o porquê de genótipos com grão de elevado peso de hectolitro apresentarem reduzida porcentagem de cariopse, como encontrados na Figura 15-B (indicados pelos asteriscos vermelhos). Provavelmente os grãos destes genótipos não apresentam espaços internos entre a cariopse e a casca exibindo alto peso de hectolitro, no entanto, esses mesmos grãos podem apresentar cascas relativamente grossas e, deste modo, possuírem uma relação cariopse/casca reduzida.

O caráter porcentagem de cariopses pode ser facilmente selecionado em genótipos recombinantes de aveia branca, pela elevada herdabilidade que possui. Isso pode indicar que um pequeno grupo de genes controlando esse caráter e que os mesmos possuem herança mendeliana. Para o caráter porcentagem de cariopse em aveia branca foram encontrados dois QTLs associados. Um destes é positivamente associado e outro QTL possui uma associação negativa com a porcentagem de cariopse e, ao mesmo tempo, positiva com o incremento do comprimento do grão em duas populações segregantes, de forma que, o aumento do comprimento do grão reduz a porcentagem de cariopse (Groh *et al.*, 2001). Ainda segundo os mesmos autores o aumento na porcentagem de cariopse pode ser conseguido através do incremento do peso da cariopse e pela redução do peso da casca.

De acordo com Bothona *et al.* (1999), o tamanho da cariopse é proporcional ao tamanho do grão depois do descasque, desse modo, genótipos com uma alta proporção de grãos maiores que dois milímetros, em teoria, apresentariam também elevada porcentagem de cariopse. No entanto, os dados obtidos indicam que essa relação não representa a realidade, pois, genótipos de grãos grandes não possuem necessariamente

porcentagem de cariopse elevada, como demonstrado na Tabela 8 em que a área, o perímetro e comprimento do grão são negativamente associados com a porcentagem de cariopse, indicando que genótipos com grãos de tamanho elevado apresentam menores estimativas da porcentagem de cariopse.

O aumento da área do grão foi efetivo em reduzir a porcentagem de cariopse observada e, uma das prováveis causas para isso, seria pelo fato de que grãos muito grandes tenham uma quantidade maior de casca, acarretando em uma relação cariopse/casca inferior. Esta constatação fica evidente quando observados os genótipos com tamanho de grãos e peso de mil grãos elevado, uma vez que, o peso de mil grãos é fortemente associado com o a área do grão (dados não mostrados) e, ao mesmo tempo, possuem reduzida porcentagem de cariopse. Entre os genótipos com essas características se destacam as cultivares UFRGS 14, UFRGS 16 e as linhagens UFRGS 881920 e UFRGS 089008 os quais possuem reduzida porcentagem de cariopse e, ao mesmo tempo, apresentam elevado peso de mil grãos, identificados nas Tabelas 4 e 22, uma vez que o peso de mil grãos é fortemente associado com o a área do grão (dados não mostrados). Para as linhagens de aveia branca o aumento do peso de mil grãos causa redução na porcentagem de cariopse (Tabelas 25 e 26).

Estudos indicam que realmente o tamanho do grão influencia na porcentagem de cariopse, quando esse caráter foi medido em grãos primários e secundários de aveia separadamente, observou-se uma menor porcentagem de cariopse para os grãos primários comparado com os secundários (Doehlert *et al.*, 2005). Grãos de aveia de tamanho superior apresentam uma menor porcentagem de cariopse comparada com os grãos menores e com a amostra original. Essa diferença foi constatada por Doehlert *et al.* (2004) ao analisar grãos de aveia separados pelo tamanho, em grande, médio e pequeno. Assim, para uma alta porcentagem de cariopse o ideal é que os grãos sejam de

tamanho médio, por outro lado, os mesmos não podem ser muito pequenos, pois a porcentagem de grãos maiores que dois milímetros consiste em um caráter que promove o aumento da porcentagem de cariopse (Tabela 12, dados padronizados).

Através das associações entre os caracteres de descasque e demais características é possível entender que caracteres promovem uma maior eficiência de descasque de grãos em aveia. Os caracteres que medem o descasque de grãos, facilidade de descasque e eficiência potencial de descasque apresentaram correlações positivas com o peso de mil grãos e porcentagem de grãos maiores que dois milímetros (Tabela 8). Doehlert & Wiessenborn (2007) encontraram correlações positivas entre a eficiência de descasque e o tamanho do grão, indicando que grãos mais pesados são mais eficientemente descascados. No entanto, para as linhagens de aveia o peso de mil grãos e porcentagem de grãos maiores que 2 mm mostraram fraca associação apenas com a facilidade de descasque, não havendo nenhuma associação com a eficiência potencial de descasque.

O caráter peso do hectolitro mostrou-se positivamente associado à eficiência potencial de descasque (Figuras 5, 6, 9, 17 e 19) e à facilidade de descasque (Figuras 11, 12 e 20) em diferentes análises, tanto para cultivares quanto para as linhagens de aveia. O peso do hectolitro consiste na característica física do grão que possui a mais alta correlação com a eficiência de descasque. Assim, a densidade do grão consiste em um fator muito importante para determinar a eficiência de descasque em aveia branca (Doehlert & Wiessenborn, 2007).

A eficiência potencial de descasque, além de ser influenciada positivamente pelo aumento no peso do hectolitro, mostrou que também é associada de forma positiva com a maior circularidade e o perímetro do grão (Tabela 14). A princípio esse resultado pode ser contraditório, pois a circularidade do grão é negativamente associada ao perímetro do grão, que de acordo com a Tabela 9 é positivamente associado com a área do grão.

Sendo que o aumento nos caracteres número de grãos primários e na área do grão tenderam a reduzir a eficiência de descasque potencial observada (Tabela 14). Além disso, a eficiência potencial de descasque também foi negativamente correlacionada com grãos maiores e mais compridos (Tabela 8). Esta associação pode indicar que nem grãos muito pequenos, nem grãos demasiadamente grandes apresentaram alta elevada eficiência de descasque, pois grãos com maior comprimento necessitam de maior velocidade do rotor do equipamento de descasque para obterem a mesma eficiência de descasque (Doehlert & Wiessenborn, 2007). Isso porque a densidade do grão de aveia tende a diminuir com o aumento do volume do grão e grãos mais leves atingem a parede do descascador com menos energia, dificultando o descasque (Doehlert & Wiessenborn, 2007; Doehlert *et al.*, 2009a).

O modelo da regressão linear múltipla apresentado na Tabela 14, o qual leva em consideração os dados por parcela do experimento de cultivares, explicou 64% da variação observada e os grãos que possuíam maior eficiência potencial de descasque foram aqueles com uma boa uniformidade, com peso de grãos elevado, de tamanho médio e circulares (Figura 5). Quando se analisa as regressões lineares múltiplas, estimadas a partir das médias das cultivares, há uma redução do número de caracteres preditores do modelo em comparação ao modelo de regressão que utilizou os dados por repetição, além de um aumento no efeito do peso do hectolitro (Tabelas 15 e 28).

Quando realizada regressão a partir das médias dos genótipos dentro de cada ano evidenciou-se a ação negativa da elevação do número de grãos primários e da área do grão para as cultivares de aveia e dos dias da emergência ao florescimento e do peso de mil grãos para as linhagens de aveia sobre a eficiência potencial de descasque (Tabelas 15 e 28). Uma explicação plausível para esta observação é que grãos maiores possuem maior massa e conseqüentemente um maior índice de quebra (Symons & Fulcher,

1988), resultando em perda de cariopse no momento do descasque (Doehlert & Wiessenborn, 2007). Além disso, a associação negativa dos dias da emergência ao florescimento com a eficiência potencial é explicada pelo fato de que entre aqueles genótipos mais tardios estão os genótipos mais antigos, os quais apresentam baixa qualidade de grãos. Da mesma maneira, genótipos com maior número de grãos primários em relação aos secundários, apontam um menor enchimento de grão e por consequência menor qualidade física de grãos. Browne *et al.* (2002) encontraram que grãos secundários descascam mais facilmente em comparação com os primários. Porém os mesmos autores não encontraram diferenças entre os genótipos apresentavam na média maior número de grãos secundários para aqueles que tinham um menor número de grãos secundários com relação à eficiência de descasque.

Em trabalho realizado por Doehlert *et al.* (2010) os grãos mais resistentes ao descasque na média possuem também menor peso do hectolitro, no entanto, não existe diferença entre a densidade dos grãos mais resistentes ao descasque em relação aos que possuem descasque mais eficiente. De acordo com o mesmo autor aspectos estruturais das cascas podem ser a causa da menor eficiência de descasque. Isto corresponde ao um desafio para o melhoramento genético deste cereal, visto que, não apenas genótipos com elevado peso do hectolitro vão garantir eficiências de descasque superiores. A seleção de genótipos com elevada qualidade de grãos aliado a uma alta eficiência de descasque é bastante complexa.

Como observado nas Tabelas 4 e 6 houve grande variação entre as diferentes cultivares para eficiência potencial de descasque, onde a cultivar URS Taura foi o genótipo mais estável para o caráter. Por esse motivo, foi utilizada como referência para entender o comportamento dos genótipos em relação a esta característica. Para aqueles genótipos 95% superiores à cultivar URS Taura para a eficiência potencial de descasque

foram realizadas análises de regressão linear (Figura 7). Neste grupo de genótipos superiores para a eficiência potencial de descasque, a presença de um maior número de grãos secundários em detrimento do número de grãos primários por panícula, foram os fatores que mais afetaram o aumento da eficiência potencial de descasque (Tabela 16). Seguido da influência da área, perímetro e circularidade dos grãos, cujos coeficientes de regressão, tomados em conjunto, indicam que genótipos com grãos uniformes de tamanho médio, mais circulares e não muito longos são aqueles que tendem a apresentar maior eficiência potencial de descasque (Tabela 16). O que também pode ser visto através das Figuras 7 – E, F e G. Estes dados estão de acordo com o encontrado por Doehlert & Wiessenborn, (2007) e Doehlert, *et al.* (2010).

A análise de regressão linear múltipla da eficiência potencial de descasque, realizada para aqueles genótipos 95% superiores à cultivar URS Taura estão representados na Figura 8. Sendo que o modelo explicou quase 100% da variação encontrada para a eficiência potencial de descasque para esses genótipos ($R^2 = 0,99$). Entre os genótipos com alta eficiência de descasque estão as cultivares URS Brava, URS Taura, UFRGS 4 e a cultivar UFRGS 20 que no ano de 2011 juntamente com o ano de 2012 demonstrou eficiência potencial de descasque superior, indicando o potencial dessa cultivar.

Considerando apenas as cultivares com eficiência potencial de descasque inferior a 95% do valor apresentado pela cultivar URS Taura, foi verificado que o peso do hectolitro foi o único caráter que foi significativamente relacionado com a eficiência potencial de descasque (Figura 9-A). Ao contrário da análise envolvendo somente as cultivares com potencial de descasque elevado, o peso do hectolitro sozinho explica 73% da variação para a eficiência potencial de descasque, no grupo de cultivares inferiores (Figura 9-A). Provavelmente isso ocorre em razão da baixa qualidade dos

grãos desses materiais, onde o peso do hectolitro é o único que caráter que melhora significativamente o descasque (Figura 18 – B). Esse resultado mostra que o peso do hectolitro é importante apenas para a eficiência potencial de descasque dos grãos de aveia (Doehlert *et al.*, 2007). Portanto, a seleção de genótipos de aveia com maior eficiência de descasque usando o caráter peso do hectolitro como forma de seleção indireta é desejável, pois, além do caráter peso do hectolitro influenciar positivamente a eficiência de descasque, é um caráter altamente herdável, com herdabilidade igual à 0,95 (De Koeber *et al.*, 2004). Sendo facilmente selecionado nas gerações segregantes iniciais.

Em torno de 44% da variação para o caráter facilidade de descasque ($R^2 = 0,44$), é explicado modelo de regressão linear múltiplo (Figura 11), a porcentagem de grãos maiores que 2 mm foi o caráter que mais efetivo em alterar positivamente a facilidade de descasque, seguido pelo peso do hectolitro (Tabelas 17 e 29). Esse resultado está de acordo com encontrado por Doehlert *et al.* (2009a) e Doehlert *et al.* (2010) em que o peso do hectolitro é o caráter mais associado com eficiência de descasque e na média os grãos com maior eficiência de descasque possuem maior área e largura. Relação que pode ser melhor entendida observando a Figura 13, onde aqueles genótipos que apresentaram alta facilidade de descasque e elevado peso de hectolitro (Figura 13-1) se concentram principalmente no ano de 2011, com exceção da cultivar Brava.

O ano de 2011 foi um ano mais favorável para o enchimento de grãos e, conseqüentemente, para o peso do hectolitro. Verifica-se também que os genótipos com maior facilidade de descasque, porém com baixo peso do hectolitro (Figura 13-2), na sua maioria apresentam altas porcentagens de grãos maiores que 2 mm (Tabela 6), indicando a importância desta característica para a facilidade de descasque.

A facilidade de descasque é afetada de forma negativa pela maior área do grão e pelo maior peso de grãos secundários por panícula (Tabela 17). Essa condição pode ser observada na Figura 13-3, onde estão representados os grãos com baixa facilidade de descasque e alto peso do hectolitro, onde a maioria dos genótipos apresenta grãos de tamanho elevado (dados não mostrados). Em contradição com os resultados na literatura em que os grãos com maiores com maior massa descascam com maior facilidade (Symons & Fulcher, 1988). Por outro lado, segundo o mesmo autor esses grãos mais pesados também estão sujeitos a sofrer com danos nas cariopse e perdas no momento do descasque. Talvez os grãos com elevada área sofram perdas o que explica associação negativa do facilidade de descasque com a área do grão e, do mesmo modo, ajudar a entender como genótipos com grãos de elevado tamanho e peso do hectolitro tenham baixa facilidade de descasque, como observado na Figura 21.

Assim, genótipos com boa facilidade de descasque serão aqueles que possuem grãos de tamanho médio, propensos a terem um menor comprimento em razão da largura do grão e principalmente devem possuir um bom enchimento de grãos, conforme indicado pelo modelo das regressões lineares múltiplas que consideraram a facilidade de descasque como variável dependente (Tabelas 17 e 29).

A integridade dos grãos de aveia no momento do descasque consiste na menor quebra e perda de cariopse, sendo considerado um fator muito importante para o processamento, uma vez que, quanto maior for a perda de cariopse pela quebra, menor será o rendimento industrial (Symons & Fulcher, 1988; Doehlert & Wiessenborn, 2007). Na Figura 10 está representada a regressão linear entre a eficiência potencial de descasque na velocidade 1 e a eficiência potencial de descasque na velocidade 2 de rotação do equipamento utilizado para descasque dos grãos. Essa regressão linear fornece uma estimativa da integridade dos grãos ao descasque.

Sabe-se que quanto maior for a velocidade do rotor do equipamento de descasque, maior será a quebra da cariopse (Doehlert *et al.*, 2009b). De forma que, os grãos mais íntegros são aqueles que tiveram uma menor quebra e perda de cariopse nas duas velocidades. É interessante notar que os genótipos com maior integridade do grão (Figura 10), em geral, não apresentam elevado peso de mil grãos nem elevada porcentagem de grãos maiores que dois milímetros, como exemplificado pelas cultivares URS Taura, URS 19 e URS Estampa (Tabelas 4 e 6). Por outro lado, aqueles com baixa integridade (Figura 10) têm a tendência de apresentarem maiores porcentagens de grãos maiores que 2 mm além de peso de mil grãos mais elevados, como por exemplo as cultivares UFRGS 9, UFRGS 15 e URS Tarimba (Tabelas 4 e 6).

A porcentagem de quebra de cariopses é sempre maior para aqueles grãos mais compridos e mais largos. No entanto, quando os grãos são separados quanto à densidade em “pesados”, “médios” e “leves”, não há diferença na porcentagem de quebra, no entanto quanto maior a velocidade do rotor no momento do descasque maior será o percentual de quebra e conseqüentemente menor será o rendimento industrial (Doehlert & Wiessenborn, 2007). Contudo Symons & Fulcher (1988) e Doehlert *et al.* (2009b) encontraram associação negativa entre a peso do grão e a porcentagem de quebra da cariopse.

6 CONCLUSÕES

As cultivares lançadas comercialmente antes dos anos 1990, com exceção da cultivar UFRGS 4, possuem uma qualidade física de grãos inferior. De modo que, houve um incremento na qualidade física de grão para aquelas cultivares lançadas a partir dos anos 1990. As cultivares lançadas nos anos de 2011 e 2012 possuem alta qualidade física de grãos, elevada eficiência potencial e facilidade de descasque. A cultivar URS Taura mostrou elevada eficiência potencial de descasque e facilidade de descasque, além de ser o genótipo mais estável para esses caracteres, devendo ser utilizada como controle quando realizada seleção para esses caracteres.

As linhagens de aveia branca mais modernas apresentaram caracteres superiores para a qualidade física de grãos, eficiência potencial e facilidade de descasque, mas caracteres superiores de qualidade também foram encontrados entre aquelas linhagens mais antigas.

A porcentagem de cariopse mostrou correlação positiva muito elevada com a eficiência potencial de descasque, sendo que genótipos com maior relação cariopse/casca apresentaram maior eficiência potencial de descasque. Os caracteres área, perímetro e comprimento dos grãos foram negativamente correlacionados com a porcentagem de cariopse.

Considerando a associação conjunta entre os caracteres analisados, o peso do hectolitro e o peso de mil grãos foram positivamente associados com a porcentagem de

cariopse, sendo que o peso do hectolitro pode ser considerado um excelente indicador da qualidade física de grãos. Enquanto o comprimento e a circularidade dos grãos foram negativamente associados com a porcentagem de cariopse. Assim, a obtenção de genótipos com maior porcentagem de cariopse pode ser realizada através da seleção de grãos de tamanho médio e elevada densidade.

O peso do hectolitro foi o caráter que mais influenciou positivamente os caracteres eficiência potencial de descasque e facilidade de descasque. A seleção indireta de genótipos com maior eficiente descasque dos grãos pode ser realizada através da seleção para maior peso do hectolitro. Porém, essa seleção é mais eficiente em eliminar genótipos com baixa eficiência e facilidade de descasque. Cultivares superiores para esses dois caracteres de descasque dos grãos mostraram ser o resultado de uma combinação de 11 caracteres diferentes, entre aqueles avaliados. Os caracteres mais limitantes para a eficiência potencial de descasque foram a área do grão e o número de grãos primários, os quais foram negativamente associados com a eficiência de descasque. Sendo que número de grãos primários também foi negativamente associado com a facilidade de descasque.

Além desses caracteres citados existiram diversas associações significativas entre as variáveis facilidade e eficiência potencial de descasque e outras características, embora fracamente associadas, havendo efeitos compensatórios. De modo que, a seleção indireta desses caracteres deve levar em conta não apenas uma ou duas características isoladas, sendo o incremento na eficiência de descasque, em geral, um somatório de várias características.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, R.; OWEN, G. M.; SCHANBAKER, L. M. Role of dietary fiber in geriatric nutrition: a review. In: VANHAOUNY, G. V.; KRITCHEVSKY, D. (Ed.). **Dietary Fiber**. New York: Plenum Press, 1986. p. 373-387.

ALLARD, R. W. Forms of evolution in cultivated species. In: ALLARD, R. W. **Principles of Plant Breeding**. New York: John Wiley & Sons, 1971, p. 6-15.

ALTENBACH, S. B. et al. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in a US spring wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v. 37, n. 1, p. 9–20, 2003.

ALVES, A. C.; KIST, V. Composição da espigeta de aveia branca (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 16, n. 1-4, p. 29-33, 2010.

BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F.; E; FEDERIZZI, L. C. Progresso em caracteres de importância agrônômica em aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 16., 1996, Florianópolis. **Resultados Experimentais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. p. 98-101.

BARBOSA NETO, J. F. et al. Progresso genético no melhoramento da aveia branca no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1605-1612, 2000.

BARTLEY, B. G.; WEISS, M. G. Evaluation of physical factors oat grain products: affecting quality of oat varieties from Bond parentage. In: MARSHALL, H. G.; SORRELLS M. E.; AGRON, J. (Ed.). **Oat science and technology**. Madison: Crop Science Society of America, 1951. p. 265–292.

BELLIDO, L. L. **Cultivos herbáceos: cereales**. Madrid: Mundi- Prensa, 1990, p. 539.

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. **Agroclima da estação experimental agrônômica/UFRGS**. Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, Porto Alegre, p. 60, 1990.

BORGES, D. C. et al. Reação de genótipos de *Avena* spp. a *Meloidogyne incognita* raça 4. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 24-28, 2009.

BOTHONA, C. R. A. **Qualidade do grão de aveia:** características físicas e regiões genômicas associadas. 1997. 97 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

BOTHONA, C. R. A. et al. Critérios para avaliação da morfologia do grão de aveia para o melhoramento genético da qualidade física. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 613-618, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº191, de 14 de abril de 1975. Aprova os Regulamentos Técnicos da aveia, centeio e cevada, definindo os seus POCs com os requisitos de identidade e qualidade, amostragem, modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 06 maio 1975. Disponível em <www.ivegetal.com.br/cvegetal/Legislação%20Classificação%20Vegetal%5CPortaria%20n%20191%20de%2014%20de%20abril%20de%201975%20Aveia%20centeio%20cevada.pdf>. Acesso em: 21 set. 2013

BROWNE R. A.; BURKE; J. I.; WHITEE E. M. Effect of nitrogen, seed rate and plant growth regulator (chlormequat chloride) on the grain quality of oats (*Avena sativa*). **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 141, n. 3-4, p. 249-258, 2003. BROWNE, R. A.; WHITE, E. M.; BURKE, J. Hullability of oat varieties and its determination using a laboratory dehuller. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 138, n. 2, p. 185-191, 2002.

BROWNE, R. A., WHITE, E. M., BURJE, J. I. Responses of developmental yield formation processes in oats to variety, nitrogen, seed rate and plant growth regulator and their relationship to quality. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 144, n. 6, p. 533-545, 2006.

BUERSTMAYR, H. et al. Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 343-351, 2007.

BUNCH, R. A.; FORSBERG, R. A. Relationships between groat percentage and productivity in an oat head-row series. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 6, p. 1409-1411, 1989.

CABRAL, C. B. et al. Herança de caracteres morfológicos de grãos primários em aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 9, p. 1133-1143, 2001.

CABRAL, C. B. et al. Herança do peso de grãos primários e secundários de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 73-80, 2002.

COFFMAN, F. A. World importance and distribution. In: COFFMAN, F. A. **Oats and oat improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1961, p. 1-4.

COFFMAM, F. A. The species of *Avena*. In: COFFMAM, F. A. **Oat history, identification and classification**. Washington: United States department of agriculture, 1977, p. 1-30.

CONAB. **Levantamento de avaliação de safra 2012/2013**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_09_10_16_05_53_boletim_portugues_setembro_2013.pdf>. Acesso em: 23 maio 2013.

COOK, R. D.; WEISBERG, S. **Applied regression including computing and graphics**. New York: John Wiley & Sons, 1999. p. 593.

CRANCIO, L. A.; CABRAL, C. B.; MILACH, S. C. K. Genética de componentes morfológicos de grãos secundários em aveia: comprimento e largura. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 19., 2001, Lages. **Resultados experimentais...** Lages: UDES/CAV, 2001. p. 64-65.

DE KOEYER, D. L. et al. A molecular linkage map with associated QTLs from a hullless covered spring oat population. **Theor Appl Genet**, Ottawa, v. 108, n. 7, p. 1285–1298, 2004.

DOEHLERT, D. C. et al. Evaluation of oat kernel size uniformity. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 4, p. 1178-1186, 2004.

DOEHLERT, D. C. et al. A bimodal model for oat kernel size distributions. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 85, n. 2, p. 317–326, 2005.

DOEHLERT, D. C. et al. Effects of impact dehuller rotor speed on dehulling characteristics of diverse oat genotypes grown in different environments. **Cereal Chemistry Journal**, St. Paul, v. 86, n. 6, p. 653-660, 2009a.

DOEHLERT, D. C. et al. Theoretical and empirical relationships between oat test weight and groat proportion. **Cereal Chemistry Journal**, St. Paul, v. 86, n. 2, p. 239-24, 2009b.

DOEHLERT, D. C.; MCMULLEN, M. S. Optimizing conditions for experimental oat dehulling. **Cereal Chemistry Journal**, St. Paul, v. 78, n. 6, p. 675-679, 2001.

DOEHLERT, D. C.; MCMULLEN, M. S.; BAUMANN, R. R. Factors affecting groat percentage in oat. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 6, p. 1858-1865, 1999.

DOEHLERT, D. C.; MCMULLEN, M. S.; HAMMOND J. J. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota, **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 4, p. 1066–1072, 2001.

DOEHLERT, D. C.; MCMULLEN, M. S.; RIVELAND, N. R. Sources of variation in kernel size in oats. **Cereal Chemistry Journal**, St. Paul, v. 79, n. 4, p. 528–534, 2002.

DOEHLERT, D. C.; MCMULLEN, M. S.; JANNINK, J. L. Oat grain/groat size ratios: a physical basis for test weight. **Cereal Chemistry Journal**, St. Paul, v. 83, n. 1, p. 114-118, 2006.

DOEHLERT, D. C.; WIESSENBERG, D. P. Influence of physical grain characteristics on optimal rotor speed during impact dehulling. **Cereal Chemistry Journal**, St. Paul, v. 84, n. 1, p. 294-300, 2007.

DOEHLERT, D. C.; MCMULLEN, M. S.; RIVELAND, N. R. Groat proportion in oats as measured by different methods: analysis of oats resistant to dehulling and sources of error in mechanical dehulling. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 90, n. 4, p. 391-397, 2010.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 1, n. 5, p. 36-40, 1966.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1999. 412 p.

ENGLESON; J. A.; FULCHER; R. G. Mechanical behavior of oats: specific groat characteristics and relation to groat damage during impact dehulling. **Chemistry Journal**, St. Paul, v. 79, n. 6, p. 790–797, 2002.

FAOSTAT. Food and Agricultural commodities production [2012]. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/index.html#VISUALIZE_TOP_20>. Acesso em: 23 maio 2013.

FEDERIZZI, L. C. Progressos no melhoramento genético de aveia no Brasil, história, principais resultados e perspectivas futuras. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo, 2002. p. 45-63.

FEDERIZZI, L. C. et al. Estabilidade do rendimento de grãos em aveia: efeito do uso de fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 4, p. 465-472, 1993.

FEDERIZZI, L. C. et al. Variabilidade fenotípica de diferentes caracteres da panícula em aveia (*Avena sativa* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 223-229, 1995.

FEDERIZZI, L. C. et al. Melhoramento da aveia. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 131-157.

FEDERIZZI, L. C. et al. Melhoramento da aveia. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 141-169.

FEDERIZZI, L. C.; PACHECO, M. P. Programa de melhoramento genético de aveia da UFRGS: 35 anos de história. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 29., 2009, Porto Alegre. **Resultados Experimentais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. p. 202-205.

FLOSS, E. L. Efeito do genótipo, ambiente, anos e controle de moléstias na espessura de grãos de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resultados Experimentais...** Londrina, 1998. p. 53-54.

FLOSS, E. L. Pesquisa de aveia do acadêmico ao desenvolvimento. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo: UPF, 2002. p. 27-38.

FORSBERG, R. A.; REEVES, D. L. Breeding oat cultivars for improved grain quality. In: MARSHALL, H. G.; SORRELLS, M. E. (Ed.) **Oat science and technology**. Madison: Crop Science Society of America, p. 751–775, 1992.

GANSSAMANN, W.; K. VORWERCK. Oat milling, processing and storage. In: WELCH, R.W. (Ed.) **The oat crop: production and utilization**. London: Chapman & Hall, 1995, p. 369–408.

GATES, F. **Role of heat treatment in the processing and quality of oat flakes**. 2007. 143 f. Tese (Doutorado) - Department of Food Technology, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, 2007.

GATTO, L. **Dissimilaridade genética e análise de trilha quanto a características físicas e químicas do grão de aveia branca**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

GRAICHEN, F. **Herança e caracterização da resistência à ferrugem da folha conferida pelo gene Pc68 em linhagens recombinantes de aveia**. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GROH, S. et al. Analysis of factors influencing milling yield and their association to other traits by QTL analysis in two hexaploid oat populations. **Theoretical and Applied Genetics**, United States, v. 103, n. 1, p. 9–18, 2001.

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, n. 4, p. 1041-1050, 2001.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Tradução Mariano González Alonso. Zaragoza: Acribia, 1991. 378 p.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. 2nd ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. 378 p.

KAMPFFMEYER. **Oat Kernel Layer: animation**. Disponível em: <<http://grain-gallery.de/en/oat/animations>>. Acesso em: 27 jun. 2013a.

KAMPFFMEYER. **Layers of an oat kernel**. Disponível em: <<http://grain-gallery.de/en/oat/images>>. Acesso em: 27 jun. 2013b.

KUREK, A J. et al. Fatores genéticos relacionados com a expressão do caráter percentual de cariopse em aveia branca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 751-756, 2002.

LAMARI, L. **ASSESS**: Image Analysis Software for Plant Disease Quantification. [Software]. St Paul: ASP Press, 2002.

LÂNGARO, N. C. et al. Análise conjunta do ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 32., 2012, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo: Embrapa, 2012. p. 1–33.

LÂNGARO, N. C. et al. Análise conjunta do ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 33., 2013, Pelotas. **Resultados Experimentais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2013. p. 1–33.

LEONARD, M. K.; MARTIN, J. H. Rye, barley and oats. In: LEONARD, M. K.; MARTIN, J. H. **Cereal Crops**. New York: The Macmillan Company, 1963. p. 447–603.

LI, C. C. **Path analysis**: a primer. California: Pacific grove, 1975. 347 p.

LIU, K.; STAMLER, J.; TREVISAN, M. Dietary lipids, sugar, fiber and mortality from coronary heart disease. **Atherosclerosis**, Limerick, v. 3, n. 2, p. 221-227, 1982.

MACARI, S. et al. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 910-915, 2006.

MARTINS J. A. K. **Épocas de aplicação de nitrogênio e ambientes de cultivo na expressão de caracteres de importância agrônômica em aveia**. 2009. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Departamento de Estudos Agrários, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

MURPHY, J. P.; HOFFMAN, L. A. The origin, history, and production of oat. In: MARSHAL, H. G.; SORRELS, M. E. (Ed.). **Oat science and technology**. Madison: Crop Science Society of America, 1992. p. 1–28.

NAVA, I. C. et al. Genetic control of agronomic traits in an oat population of recombinant lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 305-311, 2010.

PACHECO, M. T. et al. Ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca conduzido na UFRGS, Eldorado do Sul, no ano de 2011. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 32., 2012, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo: Embrapa, 2012. p. 1–3.

PACHECO, M. T. et al. Ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca conduzido na UFRGS, Eldorado do Sul, no ano de 2012. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 33., 2013, Passo Fundo. **Resultados Experimentais...** Passo Fundo: Embrapa, 2013, p. 1–3.

- PEDHAZUR, E. J. **Multiple regression in behavioral research: explanation and prediction**. 2nd ed. New York: Holt, 1982. 822 p.
- PIETRZAK, L. N.; FULCHER, R. G. Polymorphism of oat kernel size and shape in several Canadian oat cultivars. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 75, n. 1, p. 105–109, 1995.
- PIXLEY, K. V.; FREY, K. J. Inheritance of test weight and its relationship with grain yield of oat. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 1, p. 36-40, 1991.
- REDAELLI, R. et al. Genetic progress of oats in Italy. **Euphytica**, Dordrecht, v. 164, n. 3, p. 679-687, 2008.
- RONALD, P. S. et al. Heritability of hull percentage in oat. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 1, p. 52–57, 1999.
- RUXTON, C. H. S.; DERBYSHIRE, E. A systematic review of the association between cardiovascular risk factors and regular consumption of oats. **British Food Journal**, Bingley, v. 110, n. 11, p. 1119-1132, 2008.
- SANTOS, H. P. et al. Sistemas de manejo e rotação de culturas no rendimento de grãos e nas características agrônômicas de trigo. **Revista Brasileira Ciência Agrária**, Recife, v. 7, n. 3, p. 478-484, 2012.
- SAS INSTITUTE. **SAS Online Doc**, Version 8. [2012]. Disponível em: <<http://v8doc.sas.com/sashtml/>>. Acesso em: 20 mar. 2013.
- SYMONS, S. J.; FULCHER, R. G. Determination of variation in oat kernel morphology by digital image analysis. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 7, n. 3, p. 219-228, 1988.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3rd ed. Boston: McGraw-Hill, 1997. 666 p.
- STEVENS, E. J. et al. Fodder oats: an overview. In: SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G. (Ed.). **Fodder oats: a world review**. Roma: FAO, 2004. p. 37-51.
- SUTTIE, J. M. *Avena sativa* L: Gramineae. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/Data/pf000466.HTM>>. Acesso em: 26 ago. 2011.
- THOMAS, H. Oats. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. (Ed.) **Evolution of crop plants**. 2 ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1995. p. 132-136.
- VASCONCELLOS, N. J. S. et al. Efeito do ambiente e correlação entre componentes do grão em genótipos de aveia cultivados no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 2, p. 85-88, 1998.

VIEIRA, E. A. et al. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 169-174, 2007.

WALDOW, D. A. G. **Progresso genético do rendimento de grãos e caracteres agrônômicos associados em aveia, no Programa de Melhoramento da UFRGS**. 2012. 210 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

WALKER, C. K.; PANOZZO, J. F. Development of a small scale method to determine volume and density of individual barley kernels, and the relationship between grain density and endosperm hardness. **Journal of Cereal Science**, Australia, v. 54, n. 3, p. 311-316, 2011.

WHITE, E. M. Structure and development in oats. In: WELCH, R.W. (Ed.). **The oat crop: production and utilization**. London: Chapman & Hall, 1995. p. 88-119.

WHITE, E.; WATSON, S. An investigation of the relationship between hullability and morphological features in grains of four oat varieties. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 156, n. 2, p. 281-295, 2010.

WYCH, R. D.; MCGRAW, R. L.; STUTHMAN, D. D. Genotype \times year interaction for length and rate of grain filling in oats. **Crop Science**, Madison, v. 22, n. 5, p. 1025-1028, 1982.

WOOTEN, D. R. et al. Quantitative trait loci and epistasis for oat winter-hardiness component traits. **Crop Science**, Madison, v. 49, n. 6, p. 1989–1998, 2009.

8 VITA

Diovane Antonow é filho de Lucidio Antonow e Beatriz Antonow. Nasceu em 26 de março de 1986 na cidade de Santo Augusto-RS. Coursou o ensino fundamental na Escola Estadual de Ensino Médio Santo Augusto, em Santo Augusto e o ensino médio no Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, em Frederico Westphalen-RS. Em junho de 2006, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Unijuí), onde se graduou Engenheiro Agrônomo em 2010. No ano de 2011, ingressou no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Em agosto de 2013 começou a trabalhar como professor externo no Instituto Federal Farroupilha-Campos Santo Augusto.