

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

ANÁLISE GENÉTICA DO CARÁTER NUDA EM PANÍCULAS DE AVEIA  
HEXAPLOIDE

Ana Paula Fontana Valentini  
Engenheira Agrônoma/UNIJUI

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 2012

ANA PAULA FONTANA VALENTINI  
Engenheira Agrônoma - UNIJUI

## DISSERTAÇÃO

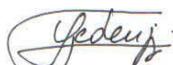
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### MESTRE EM FITOTECNIA

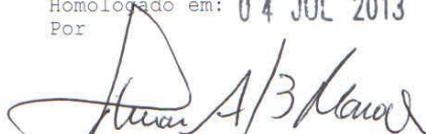
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 25.07.2012  
Pela Banca Examinadora

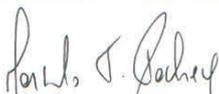
Homologado em: 04 JUL 2013  
Por



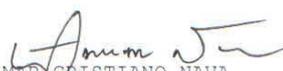
LUIZ CARLOS FEDERIZZI  
Orientador - PPG Fitotecnia



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



MARCELO TEIXEIRA PACHECO  
PPG Fitotecnia



ITAMAR CRISTIANO NAVA  
Dep. Plantas de Lavoura  
Faculdade de Agronomia/UFRGS



DILSON ANTÔNIO BISOGNIN  
UFSM



PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

*“Sei que os que confiam no Senhor  
Revigoram suas forças, suas forças se renovam  
Posso até cair ou vacilar, mas consigo levantar  
Pois recebo d'Ele asas  
E como águia, me preparo para voar  
Eu posso ir muito além de onde estou  
Vou nas asas do Senhor  
O Teu amor é o que me conduz  
Posso voar e subir sem me cansar  
Ir pra frente sem me fatigar  
Vou com asas, como águia  
Pois confio no Senhor!  
Que me dá forças pra ser um vencedor...”*

(Música: Nas asas do Senhor – Celina Borges)

**A minha família maravilhosa que sempre esteve ao meu lado  
me apoiando e incentivando, com todo meu amor dedico:**

Aos meus pais Cenir Cidinei Valentini e Mariane Elizabete Fontana Valentini  
A minha irmã e cunhado Gabriele Fontana Valentini e Leandro Schermack  
A minha sobrinha e afilhada Luísa Valentini Schermack  
Ao meu noivo Emerson André Pereira

*“... os melhores amigos são aqueles que estão em casa  
esperando por ti, acredita, nos momentos mais difíceis da  
vida eles sempre estarão por perto  
pois só sabem te amar. E se por acaso a dor chegar  
ao teu lado vão estar pra te acolher e te amparar  
pois não há nada como um lar...”*

(Música: Tua Família – Anjos do Resgate)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela presença constante em minha vida e por me mostrar que o caminho Dele é o que nos leva a verdadeira alegria, a qual somente àqueles que já viveram a experiência do amor de Deus conhecem.

Ao Professor Luiz Carlos Federizzi por ser um excepcional e incomparável orientador o qual tenho enorme gratidão não somente pelos conhecimentos repassados como, também, pelos ensinamentos de vida além da amizade, confiança e dedicação.

Ao Professor Marcelo Teixeira Pacheco, pelo auxílio no aprendizado, por toda sua disposição em ajudar, pela colaboração nas pesquisas, e por sua amizade, compreensão e paciência.

Aos Professores João Riboldi, José Antonio Martinelli e Carine Simioni pelo conhecimento transmitido durante o mestrado. E, ao professor da UNIJUÍ Jose Antonio Gonzalez da Silva pelo incentivo para que eu ingressasse no mestrado e também pela amizade e atenção.

Aos funcionários da Estação Experimental Agronômica, Miguel, Adriano e Paulo pelo auxílio nos trabalhos de campo. E aos funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura, Fábio, Maria Alice e Karina pelo apoio.

As pessoas que me ajudaram de alguma forma na execução dos trabalhos a campo e laboratório: Adriano, Angélica, Claudia, Daniel, Lela, Emerson, José Ari, Kelly, Liliana, Mariane, Martim, Patrícia, Miguel, Noryan, Renata, Rickiel e Sibila. A vocês a minha sincera gratidão.

Ao Instituto Rio Grandense de Arroz (IRGA) pela contratação mesmo antes de eu concluir o mestrado. Pelo apoio para execução e conclusão da dissertação, além do incentivo na formação profissional.

Aos colegas da Equipe de Melhoramento do IRGA, Antonio de Rosso, Daniel Waldow, Danielle Costenaro, Gabriela da Fonseca, Gustavo Funk, Mara Cristina

Lopes, Oneides Antonio Avozani, Roberto Luis Weiler, Sérgio Iraçu Lopes e a toda equipe técnica pelo apoio, amizade e incentivo.

Aos meus pais Cenir Valentini e Mariane Fontana Valentini pelo amor incondicional, por todos os ensinamentos e por estarem sempre ao meu lado me incentivando, auxiliando nas minhas angústias, rezando, além de nunca hesitarem em dar suas vidas pela de suas filhas.

A minha irmã Gabriele Fontana Valentini e meu cunhado Leandro Schermack pelo apoio, incentivo e amizade e também a minha sobrinha e afilhada Luísa por vir ao mundo alegrar ainda mais os meus dias.

Ao meu noivo Emerson André Pereira por todo o amor, dedicação e compreensão principalmente neste período de ansiedade e nervosismo. Agradeço também por querer trilhar junto comigo um caminho em Deus. E agradeço a todos os seus familiares que sempre me acolheram com muito carinho e entenderam minha ausência em diversos momentos.

Ao Grupo de Oração Universitário do Bom Fim e todos os participantes que foram minha segunda família em Porto Alegre, em especial meu agradecimento ao Duda, Liege, Juliano, Agnes, Aninha, Carolzinha, Nory, Eramis, Dânia, Gi e Camila.

A todos os colegas e amigos do Departamento de Plantas de Lavoura. Em especial a “equipe da aveia”: Carolina C., Daniel, Diovane, Felipe, Ismael, Kelly, Martim, Norberto, Rodrigo e Sibila.

A Claudia Vieira Marques minha colega de apartamento, a qual agradeço pela amizade, companheirismo, apoio nos momentos difíceis e parceria nos momentos de alegria.

As amigas do “clube da Luluzinha” que proporcionaram momentos de descontração, conversas e união nas nossas “super jantinhas”: Ana, Carol C., Carol T., Cata, Ciba, Leti, Nory, Silmara, Thais e Than. Em especial agradeço as minhas “maninhas” do coração: Kelly Pellizzaro e Adriana Figueiró.

A CAPES pelo apoio financeiro.

# ANÁLISE GENÉTICA DO CARÁTER NUDA EM PANÍCULAS DE AVEIA HEXAPLOIDE<sup>1</sup>

Autora: Ana Paula Fontana Valentini

Orientador: Luiz Carlos Federizzi

## RESUMO

A aveia nuda (*Avena sativa* L.) tem a capacidade de produzir grãos que se separam da casca durante o processo de trilha. No entanto, os mecanismos genéticos que controlam o caráter nuda em aveia hexaploide não são totalmente compreendidos. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a variabilidade da expressão fenotípica do caráter nuda e estimar o número de genes envolvidos no controle genético deste caráter em aveia. Uma população segregante derivada do cruzamento entre a linhagem 'UFRGS 006131' (nuda) e a linhagem 'UFRGS 01B7114-1' (com casca) foi empregada neste estudo. Linhagens parentais e população segregante nas gerações  $F_2$  e  $F_3$  foram avaliadas para presença e distribuição de grãos nudas em panículas de plantas individuais de aveia. Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, localizada no município de Eldorado do Sul, RS, nas estações de crescimento de 2010 e 2011. Para cada planta, um desenho da panícula principal foi desenvolvido, onde anotou-se a presença dos grãos com e sem casca para espiguetas individuais da panícula. A partir dos desenhos obtidos nas progênies da população  $F_2$ , seis classes fenotípicas distintas foram produzidas, conforme a distribuição dos grãos nuda nas espiguetas das panículas. Diferentes modelos genéticos foram testados e a proporção fenotípica esperada de 3:9:4 (nuda:segregante:com casca) foi a que melhor se ajustou a proporção fenotípica observada pelo teste do Qui-quadrado. Embora, um número pequeno de panículas foram avaliadas na geração  $F_3$ , os resultados demonstraram concordância com a hipótese proposta na geração  $F_2$ . O caráter nuda em aveia é herdado por dois genes e a menor expressão deste caráter ocorre predominantemente nas ramificações intermediária e basal das panículas. A expressão do caráter nuda em panículas de aveia não é completa, mesmo em genótipos homozigotos.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (75 p.) Julho, 2012.

# GENETIC ANALYSIS OF TRAIT NAKED IN PANICLES OF HEXAPLOID OAT<sup>1</sup>

Author: Ana Paula Fontana Valentini  
Adviser: Luiz Carlos Federizzi

## ABSTRACT

Naked oat (*Avena sativa* L.) has the ability to produce grains that separate from the hull during the threshing process. However, the genetic mechanisms that control this character are not fully understood in hexaploid oat. The objectives of this study were to evaluate the phenotypic expression of naked grains and to estimate the number of loci controlling this character in oat. A segregating population developed from the cross UFRGS 0060131 (naked) and UFRGS 01B7114-1 (hulled) was analyzed in this study. Parental lines and a population segregating in the F<sub>2</sub> and F<sub>3</sub> generations were evaluated for the presence and distribution of naked grains in panicles of individual oat plants. The experiments were conducted in the Estação Experimental Agronômica at UFRGS, Eldorado do Sul, RS, in the growing seasons of 2010 and 2011. For each plant, a design of the main panicle was developed and the presence of naked and hulled grains for individual spikelet was recorded. From the designs made in the F<sub>2</sub> progeny, six distinct phenotypic classes were produced according to the distribution of naked grains in the spikelet. Different genetic models were tested and the observed phenotypic ratio of 3:9:4 (naked:segregating:hulled) was the one that best fit the expected phenotypic ratio by Chi-square test. Although a small number of panicles in the F<sub>3</sub> progeny were evaluated, the results demonstrated concordance with the genetic hypothesis observed in the F<sub>2</sub> generation. Naked oat is inherited by two genes and the reduced expression of this character occurs mainly in the middle and basal branches of the panicles. The expression of naked grains in panicles of oat is not complete, even in homozygous genotypes.

---

<sup>1</sup> Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (75p.) July, 2012.



## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1 Genealogia e característica dos grãos dos genitores UFRGS 006131 e UFRGS 01B7114-1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2010/2011.....	21
2 Número de espiguetas nudas, mistas e com casca e número de grãos com casca e sem casca em cada terço das panículas do genitor nuda UFRGS 006131. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul-RS/2010.....	35
3 Número de espiguetas nudas, mistas e com casca e número de grãos com casca e sem casca em cada terço das panículas da geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS/2010.....	38
4 Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, nas diferentes classes de panículas de aveia na geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2010.....	49
5 Número de espiguetas nudas, mistas e com casca e número de grãos com casca e sem casca em cada terço das panículas do genitor nuda UFRGS 006131. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul-RS/2011.....	52
6 Número das Progênes F <sub>3</sub> derivadas de plantas F <sub>2</sub> da Classe I, e número de panículas obtidas para cada classe e classificação final de cada progênie. 2011.....	56
7 Frequências observadas e esperadas na geração F <sub>3</sub> , considerando somente progênes provenientes de panículas de aveia pertencentes a Classe I na geração F <sub>2</sub> . EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2011.....	57
8 Número da progênie F <sub>3</sub> e número de panículas obtidas para cada classe e classificação final de cada progênie. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2011.....	58

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1 Marcação da panícula principal de cada planta de aveia. EEA - Eldorado do Sul, RS, 2010 e 2011.....	22
2 Representação da divisão em terços realizada em cada panícula. A=terço superior; B=terço médio; C=terço basal. EEA - Eldorado do Sul, RS, 2010 e 2011.....	23
3 Representação das classes encontradas na geração F <sub>2</sub> . EEA – Eldorado do Sul, RS, 2010 e 2011. I) Panículas que formaram espiguetas contendo 100% de grãos sem casca e ausência de espiguetas com expressão completa de grãos com casca. II) Panículas contendo espiguetas 100% nuda e algumas 100% casca em todos os terços; III) Panículas contendo espiguetas 100% nuda apenas nos dois terços superiores; IV) Panículas contendo espiguetas 100% nuda apenas no terço superior; V) Panículas sem espiguetas com 100% de grãos nudas, poucas mistas, maioria dos grãos com casca; VI) Panículas que formaram apenas espiguetas contendo 100% de grãos com casca. A =terço superior; B=terço médio; C= terço basal.....	25
4 Característica morfológica das espiguetas de aveia. A) espiguetas multiflora do genitor nuda; B) espiguetas mistas, onde a presença de mais de uma gluma (seta) indica ser multiflora; C) espiguetas não multiflora do genitor com casca. EEA – Eldorado do Sul, RS, 2010 e 2011.....	30
5 A) Panícula de aveia com espiguetas multiflora. B) Maior concentração de espiguetas mistas na base da panícula.....	31

6	Distribuição dos tipos de espiguetas dos genitores com casca em cada terço das panículas analisadas. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; EN= Espiguetas com 100% de grãos nuda; EC = Espiguetas com 100% de grãos com casca; EM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca.....	32
7	Distribuição dos tipos de espiguetas dos genitores nuda em cada terço das panículas analisadas. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; EN= Espiguetas com 100% de grãos nuda; EC = Espiguetas com 100% de grãos com casca; EM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca.....	34
8	Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe I. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010.....	37
9	Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe II. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010.....	40
10	Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe III. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010.....	42
11	Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe IV. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010.....	44

- 12 Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe V. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010..... 46
- 13 Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe VI. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010..... 47
- 14 Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes ao genitor com casca (UFRGS 01B7114-1). Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2011 ..... 51
- 15 Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes ao genitor nuda (UFRGS 006131). Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2011..... 54

## 1 INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é uma cultura de múltiplos propósitos e é uma importante alternativa de cultivo no período de estação fria na região Sul do Brasil. Essa cultura proporciona melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo contribuindo ainda na redução de moléstias e pragas das culturas subsequentes. Além disso, os grãos de aveia apresentam características nutricionais e funcionais diferenciadas em relação aos grãos dos demais cereais, sendo uma importante fonte de proteínas e fibras solúveis como beta glicanas. Por estes motivos, esse cereal é tradicionalmente utilizado na alimentação humana, animal e como matéria-prima na indústria de alimentos e cosméticos.

A casca que envolve o grão de aveia é muitas vezes indesejada, pois em geral é cerosa, fibrosa e indigerível por monogástricos, devendo ser eliminada com o descascamento, o que dificulta o processamento dos grãos na indústria. No entanto, a aveia nuda, que é uma subespécie da *Avena sativa* L., originária da China, tem a capacidade de formar grãos que se separam da casca durante o processo de trilha, o que tornaria o processo de produção nas indústrias mais rápido e eficiente. Além disto, a inclusão da aveia nuda na

formulação de dietas de aves, suínos, bovinos e equinos em substituição aos cereais como milho e cevada, tem mostrado resultados positivos.

Esta subespécie possui alto teor de óleo poli-insaturado que confere características vantajosas para produção de ovo e carne, quanto à qualidade desses alimentos, tornando-os mais atraente aos consumidores. No entanto, o cultivo de aveia nuda ainda é pequeno no cenário mundial e, no Brasil, ainda não existem cultivares disponíveis no mercado. Este fato se deve principalmente à expressão incompleta do caráter nuda (ausência de casca) nas panículas de aveia e entre as panículas do mesmo genótipo, onde a expressão da característica nuda ocorre com maior frequência nos terços superiores e médios das panículas. Contudo, no terço basal há o surgimento de grãos com casca, que impedem que esses sejam empregados diretamente para produção de flocos nas indústrias, pois mesmo que em pequena quantidade a casca necessita ser removida. Além disto, o conhecimento da genética desta característica ainda é limitado.

Os mecanismos genéticos que controlam a expressão do caráter nuda em panículas de aveia hexaploide vêm sendo estudados por diversos pesquisadores, sendo que a maioria dos estudos genéticos sugere que esta característica em aveia é controlada por um único gene, porém outros trabalhos relatam a existência de até quatro genes controlando este caráter. O conhecimento sobre o número de genes do caráter em estudo e a distribuição dos grãos nuda nas panículas, permitirão desenvolver estratégias de seleção mais eficientes para o desenvolvimento de cultivares de aveia com esta característica.

Neste sentido, foi realizado estudo em uma população segregante, nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ , envolvendo as linhagens do Programa de Melhoramento de Aveia da UFRGS com presença e ausência do caráter nuda, com o objetivo de estimar o número de genes que controlam o caráter nuda e o modo de expressão desta característica em panículas de aveia branca hexaploide.

### **1.1 Hipóteses científicas**

- Em aveia, a herança do caráter nuda é simples, governada por um ou poucos genes.
- Efeitos ambientais reduzem a expressão do caráter nuda nas últimas espiguetas formadas durante o desenvolvimento da panícula, as quais estão localizadas nas ramificações inferiores.
- Espiguetas multifloras geram somente grãos sem casca, bem como espiguetas não multifloras geram somente grãos com casca.

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo geral**

Analisar a expressão do caráter nuda nas panículas de aveia e determinar o número de genes desta característica em uma população segregante proveniente de cruzamento entre genitores brasileiros com e sem casca.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar a distribuição de grãos nuda nas panículas de aveia;
- Estimar o número de genes que governam o caráter nuda em aveia hexaploide.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cultura da Aveia

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é uma espécie autógama pertencente à família Poaceae, subfamília Poidae, tribo Avenae e gênero *Avena*. Trata-se de uma espécie alohexaploide com  $2n=6x=42$  cromossomos, onde o conjunto básico de cromossomos é igual a sete, combinando os genomas AACCCDD de três espécies ancestrais diploides (Clayton & Renvoize, 1986; Thomas, 1992). Assim como a maioria dos cereais cultivados em estação fria (trigo e cevada), há relatos de que a aveia tem como centro de origem a região geográfica do Crescente Fértil, no Oriente Médio, encontrada como invasora do trigo e da cevada (Coffman, 1961). No entanto, estudos mais recentes de taxonomia comprovaram que a espécie *Avena sativa* L., juntamente com outras espécies de *Avena*, originaram-se na Ásia Menor (Loskutov, 2008).

A *Avena sativa* L., ou seja, aveia com casca originou-se na região atual do Irã, Geórgia e Rússia (Tatarstan), enquanto que a aveia nuda (*Avena sativa* subs. nuda), sem casca, teve origem na região da Mongólia e China. Já, a aveia preta diploide (*Avena strigosa*), também cultivada no Brasil, tem seu centro de diversidade na Espanha, Portugal, Alemanha e Grã Bretanha (Loskutov, 2008).

A primeira região de cultivo de aveia foi o Norte da Europa, onde era utilizada na alimentação de equinos. Na medida em que houve a expansão do cultivo para regiões mais ao Centro da Europa, a aveia começou a ganhar espaço frente ao trigo e a cevada, pois a espécie possuía uma maior capacidade de adaptação e competitividade nestas regiões, sendo então domesticada e utilizada como cultura alternativa (Thomas, 1995), tornando-se importante fonte para alimentação humana e animal.

No Brasil, a aveia foi introduzida através de imigrantes espanhóis (Federizzi, 2002) e passou a constituir um dos principais cereais, juntamente com trigo, milho e cevada (Tavares *et al.*, 1993). De acordo com Floss (1989) a cultura de aveia tem se destacado na região Sul do país, aumentando progressivamente a sua área de cultivo devido a uma maior demanda interna. Os primeiros trabalhos de experimentação com aveia no Brasil foram realizados por Iwar Beckman, na Estação Experimental de Bagé, RS, na década de 30. Foram introduzidas variedades da Argentina e Uruguai, testadas quando ao seu desempenho e adaptação ao ambiente brasileiro (Boerger, 1943).

A partir dos anos 70, por meio do convênio das Universidades de Winconsin e do Texas A & M (EUA), com instituições brasileiras e argentinas, patrocinado pela empresa Quaker, foi elaborado um programa de troca de germoplasma, chamado "Quaker International Oat Nursery", onde grande número de linhagens e populações segregantes foram enviadas todos os anos para as instituições de pesquisa brasileira, onde eram realizadas seleções de genótipos mais adaptados (Federizzi *et al.*, 2005). Neste sentido, o Brasil intensificou o intercâmbio de germoplasma com outras instituições de pesquisa,

como as do Sul (Adelaide) e Oeste (Perth) da Austrália, a Universidade de Minnesota (EUA) e as Universidades de Guelph e Winnipeg (Canadá) (Federizzi *et al.*, 2005). A substituição de variedades antigas por variedades modernas, com melhor tipo agronômico, maior adaptação ambiental, melhor rendimento e qualidade de grãos, fez com que o país deixasse de ser um importador tornando-se autossuficiente na produção de grãos de boa qualidade (Carvalho *et al.*, 1987).

Diante disto, o grande desafio dos melhoristas de aveia consiste em disponibilizar, permanentemente, genótipos com qualidade industrial elevada e, também, identificar genótipos com potencial de rendimento de grãos superior as cultivares existentes no mercado (Brown & Forsberg, 1987; Federizzi *et al.*, 2005).

## **2.2 Caracterização morfológica da aveia e desenvolvimento da panícula**

A aveia apresenta um sistema radicular fibroso e fasciculado, com raízes seminais e adventícias. Os colmos são eretos, cilíndricos e possuem de 4 a 5 nós e entrenós que são relativamente cheios durante o período vegetativo. As folhas são constituídas por uma lâmina plana, pecíolo e bainha, e possuem lígula bem desenvolvida e ausência de aurícula. A inflorescência é uma panícula piramidal, terminal e aberta, composta de ráquila, ráquis e espiguetas que contém de um a três grãos (Leonard & Martin, 1963). Segundo Bonnett (1937), as ramificações das panículas são classificadas em três ordens distintas, dependendo do ponto de onde são originadas, sendo elas: ramificação central (primeira ordem) e ramificações laterais (de segunda e terceira ordens). A ramificação central e cada um dos ramos laterais terminam

em uma espiguetas única, sendo que a diferenciação das espiguetas tem início na espiguetas localizada na extremidade da ramificação central e prossegue até a base da panícula, variando de 20 a 120 espiguetas por panícula.

As espiguetas localizadas nas ramificações primárias possuem maior capacidade de formação de grãos, quando comparadas às espiguetas formadas nas ramificações de segunda e terceira ordem (Rajala & Peltonen-Sainio, 2004). O mesmo autor afirma que os flósculos primários, localizados nas regiões superiores das panículas produzem grãos maiores e mais pesados. Os estágios de desenvolvimento das espiguetas variam dentro da panícula, sendo que a fase de formação das espiguetas permanece por aproximadamente 18 dias após a formação da primeira, ou seja, quando a última espiguetas é formada, a espiguetas terminal da ramificação central já está em fase avançada de desenvolvimento (Bonnett, 1937). Neste sentido, a posição das espiguetas nas panículas e a posição dos grãos nas espiguetas contribuem para a capacidade de enchimento do grão, determinando o potencial de massa de grãos (Bonnett 1937, Doehlert *et al.*, 2002).

O grão de aveia é denominado de cariopse, termo utilizado para designar frutos pequenos, secos e indeiscentes, com fina camada de pericarpo (Bonnett, 1961). A velocidade de crescimento do grão aumenta com a temperatura, como nos demais cereais de inverno, sendo que temperaturas entre 20 e 25°C são consideradas ótimas para o enchimento de grãos de aveia (Bellido, 1990).

## 2.3 Aveia Nuda

### 2.3.1 Origem e História

A aveia nuda é uma subespécie da *Avena sativa* L., denominada de *Avena sativa* L. ssp. *nudisativa* (Rodionova et al. 1994), a qual possui uma história relativamente longa na agricultura, em que os registros arqueológicos datam aproximadamente 500 anos d.C. e, segundo Vavilov (1926) apud Valentine (1995), tem sua origem e centro de diversidade na China, sendo que ainda hoje é cultivada expressivamente em regiões daquele país (Wan et al. 2009).

A partir da China, onde foi domesticada, expandiu-se para a Europa como planta invasora, e continua sendo domesticada na Inglaterra desde o século XVII (Peltonen-Sainio et al., 2004). Segundo os mesmos autores o cultivo de aveia nuda aumentou durante a última década e ocupa cerca de 4500-6000 hectares no Reino Unido, com considerável aumento no rendimento médio. No entanto, este aumento no rendimento não atinge os obtidos pela aveia com casca (Zarkadas et al., 1995).

A aveia nuda possui características que a torna pouco competitiva no mercado, principalmente devido ao rendimento inferior e também por serem consideradas mais sensíveis às práticas agrícolas e condições de armazenamento (Batalova et al., 2010). Peltonen-Sainio (1994) sugeriram que a densidade de sementes da aveia nuda deve ser 10% superior em relação a densidade utilizada para aveia convencional devido a baixa germinação, que gera números inferiores de panículas por metro quadrado em relação aos da aveia convencional. Os danos mecânicos tendem a ser o principal contribuinte para que isto ocorra. Neste sentido, a colheita mecanizada deve ser cuidadosa,

reduzindo a velocidade da colheitadeira para garantir a alta taxa de germinação (Valentine & Hale 1990, Kirkkari *et al.* 2008).

Outro fator que afeta a aceitação e crescimento desta aveia no mercado é a expressão incompleta do caráter nuda que impede que as indústrias utilizem os grãos diretamente para produção de flocos. Além disto, fatores como: presença de tricomas nos grãos, rancificação no armazenamento e desuniformidade dos grãos são limitantes para cultura (Barr *et al.*, 1996). Porém essas limitações podem ser superadas através do melhoramento genético, sendo possível realizar hibridização com *Avena sativa* L. com casca, em virtude das duas serem hexaploides (Jenkin & Hanson, 1976), e de mesma espécie (Loskutov, 2008).

Melhoristas, principalmente do Reino Unido, Estados Unidos e Canadá têm desenvolvido linhagens geneticamente homozigotas que formam 90 a 100% de grãos sem casca. No entanto, o cultivo de aveia nuda ainda é pequeno no cenário mundial. Estimativas, publicadas em 1996, indicam cerca de 20.000 ha cultivados no Canadá, aproximadamente 2.000 ha nos Estados Unidos, 4.000 ha na Austrália, 4.500 ha no Reino Unido, 350 ha na França (Barr *et al.*, 1996), o principal país produtor de aveia nuda é a China com aproximadamente 800 mil hectares. No Brasil ainda não há variedades de aveia nuda disponíveis. Segundo Brenner (2007), uma das razões que explica a não existência de cultivares de aveia nuda no Brasil é devido à expressão incompleta deste caráter, que ainda não é bem compreendida e necessita de mais estudos, além da falta de melhoramento para o caráter.

### **2.3.2 Características morfológicas**

A principal característica que diferencia a aveia nuda da aveia convencional é a separação da casca durante o processo de trilha (Stanton, 1923). Segundo Valentine (1995) o lema da aveia nuda é fino a partir do qual o grão nu debulha livremente, sendo semelhante ao trigo e centeio.

O acúmulo de lignina na palea e lema nas aveias nudas e convencional ocorre no mesmo estágio de desenvolvimento, porém na aveia convencional o acúmulo na lema ocorre de maneira uniforme, enquanto que na aveia nuda o acúmulo é concentrado ao redor dos feixes vasculares, apresentando lignificação semelhante ao das glumas. Já a pálea possui lignificação uniforme tanto na aveia nuda como na convencional, ocorrendo tardiamente durante a maturação da panícula (Ougham *et al.*, 1996).

Outra característica que tem sido associada ao caráter nuda é que as espiguetas são tipicamente alongadas e multifloras, contendo até oito flósculos por espiguetas, enquanto que na aveia convencional as espiguetas são compactas e contem dois a três flósculos por espiguetas (Jenkins & Hanson, 1976; Peltonen-Sainio *et al.*, 2004). As flores de aveia nuda, produzem grãos menores que as convencionais, que são frequentemente perdidas na colheita mecânica (Valentine, 1995). Segundo Peltonen-Sainio *et al.* (2004) a espiguetas multiflora é a principal responsável pela baixa produtividade da aveia nuda quando comparada a aveia convencional.

### **2.3.4 Genética do caráter nuda**

A genética do caráter nuda em aveia hexaploide vem sendo estudada há bastante tempo, porém os resultados alcançados até o momento variam dependendo do germoplasma e da forma de análise utilizada nos estudos. A

maioria dos estudos propõe que o caráter grãos nuda em aveia é governado por um único gene. Segundo Simmons *et al.* (1978) existe um gene ( $N_1$ ) principal dominante na cultura da aveia, o qual é responsável pela característica dos grãos nuda.

Em trabalho realizado por Norton (1907)<sup>1</sup>, apud Jensen (1961), com cruzamentos entre linhagens nuda e com casca, foi observado que as plantas na geração  $F_1$  desenvolviam panículas que formavam grãos com e sem casca, sendo que os grãos com casca eram predominantes nas regiões inferiores da panícula. Na geração  $F_2$ , o mesmo autor encontrou a segregação da população para o caráter nuda na razão de 1 planta nuda: 2 plantas mosaico: 1 planta com casca, e propôs que o caráter nuda na aveia é governado por um gene. Além disto, Zinn & Surfaice (1917), Caporn (1918), Love & McRostie (1919)<sup>2</sup>, apud Jensen (1961), Chou (1932)<sup>3</sup>, apud Jensen (1961), Clamot (1969), e Kibite & Taylor (1994) observaram frequências de 3 grãos nuda para 1 grão com casca, concordando com Norton (1907) de que a relação 3:1 para o caráter nuda é monogênica.

Em estudo realizado por Brenner (2007) utilizando populações segregantes provenientes de cruzamentos com genitores brasileiros de aveia nuda e com casca, o autor também concluiu que o caráter nuda em aveia é governado por um gene de grande efeito. Neste sentido, o mesmo autor afirma que em função do caráter nuda em aveia ser governado por apenas um gene, os programas de melhoramento genético encontrariam uma maior facilidade na

---

<sup>1</sup> NORTON, J.B. Notes on breeding oats. **American Breeders' Association**, Norton, v.3, p.280-285, 1907.

<sup>2</sup> LOVE, H.H., AND G.P. MCROSTIE. The inheritance of hull-lessness in oat hybrids. **American Naturalist**. Chicago, p.5-32, 1919

<sup>3</sup> CHOU, C.Y. A study of the inheritance of hull character and resistance to loose smut in oats from a cross between *Avena sativa* var. Smut Resistant and *Avena nuda* var. Hulless. Ph.D. **Thesis, Cornell University**, Ithaca, NY, p.407a1-18, 1932

seleção e identificação dos genótipos que formam grãos sem casca, assim como existiria a possibilidade de transferência do gene responsável por este caráter para genótipos que formam grãos com casca. Além disto, Bolan & Lawes (1973) analisaram gerações  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$  dos cruzamentos de uma linhagem com casca e outra nuda, e sugeriram que a herança do caráter nuda em aveia é governado por um gene principal, o qual seu efeito é inibido por genes modificadores que atuam sobre as classes nuda e mosaico, explicando os desvios encontrados da razão 1:2:1. A hipótese de um gene dominante para o caráter nuda, o qual segrega a proporção 3:1 (3 grãos nuda e 1 com casca) indica que há um gene principal segregando em todas as populações. Contudo, Cabral *et al.* (2000) descrevem que existem genes modificadores que podem influenciar no grau de lignificação do lema.

Esses resultados concordam com os de Moule (1972), que afirmou que o alelo dominante  $N_1$  faz com que o grão seja sem casca, porém quando está na forma recessiva ( $n_1$ ) o grãos cria casca. Entretanto, o mesmo autor também sugeriu a existência de dois genes modificadores com dominância incompleta.

Contudo, Jenkins & Hanson (1976), acreditavam que o modelo de três genes proposto por Moule para determinação do caráter nuda na aveia era inadequado, propondo o modelo baseado em quatro genes. Porém, ao analisarem a geração  $F_3$  não conseguiram confirmar devido a grande discrepância entre a proporção observada e esperada, pois nesta geração o fenótipo com casca foi mais frequente do que havia sido na geração  $F_2$ , e inesperadamente algumas plantas que eram 100% nuda em  $F_2$  geraram famílias  $F_3$  100% com casca, sendo assim, os autores atribuíram este aumento de grãos com casca em  $F_3$  a fatores ambientais.

Simmons *et al.* (1978) também definiram quatro genes como responsáveis pelo controle do caráter nuda, sendo o  $N_1$  o gene principal,  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $N_4$  como genes modificadores. Além disto, Kibite (2002) afirma que os três alelos adicionais ( $N_2$ ,  $N_3$  e  $N_4$ ) interagem com  $N_1$ , e seu efeito combinado contribui para o número de grãos nuda.

O caráter nuda é expresso quando alelos dominantes estão presentes nos locos  $N_1$  e  $N_2$ , sendo que o alelo presente no terceiro loco é dominante ( $N_3$ ) ou recessivo ( $n_3$ ). Genótipos com alelos homozigotos recessivos ( $n_1/n_1$ ) no loco  $N_1$  sempre darão origem a grãos com casca, independente dos alelos presentes nos demais locos (Jenkins & Hanson, 1976).

Em cevada, o caráter nuda é governado por um único alelo recessivo (nud) localizado no braço longo do cromossomo 7H (Kikuchi *et al.*, 2003). Taketa *et al.* (2006) desenvolveram um mapa de alta resolução através de clonagem posicional, e encontraram dois marcadores próximos ao gene nud, sKT3 e sKT9, que flanqueiam este gene a distâncias de 0,6 cM e 0,06 cM, respectivamente. Além disto, foi encontrada associação do caráter nuda em cevada com os caracteres estatura, peso de grãos e rendimento (Choo *et al.*, 2001). No entanto, Brenner (2007), estudando genótipos brasileiros não encontrou associação do caráter nuda em aveia com a estatura de plantas e nem com o número de dias para o florescimento.

Segundo Gaines (1917)<sup>1</sup>, apud Jensen (1961), os grãos com casca ocorrem predominantemente na base das panículas. Neste sentido, Brenner (2007) afirma que a expressão incompleta do caráter nuda não parece estar

---

<sup>1</sup> GAINES, E.F. 1917. Inheritance in wheat, barley and oat hybrids. **Agric. Stn. Bull.** Washington, p.47-61, 1917.

associada a um número maior de genes ou a expressividade do gene principal, uma vez que o autor observou razão de 1:2:1, quando considerados apenas os terços superiores das panículas. Já nas regiões inferiores da panícula, foi observado diferentes níveis de expressão do caráter nuda. Isso pode estar associado ao fato de que essas ramificações da região inferior foram espiguetas originadas por último durante o desenvolvimento da panícula (Bonnett, 1937), e essas espiguetas, quando formadas, possuem menor potencial de desenvolvimento de grãos, quando comparada às espiguetas no restante da panícula (Rajala & Peltonen-Sainio, 2004). A causa da expressão incompleta é desconhecida, mas já foi atribuída a efeitos ambientais como temperatura, frio, horas de luz e mais recentemente em arroz foi observado o caráter nuda devido a atuação de microRNAs que são bastante influenciados pelo ambiente (Zhu et al. 2009).

Temperaturas baixas durante o período de lignificação da lema, pode influenciar na expressão do caráter nuda (Lawes & Boland, 1974). Os mesmos autores afirmam que em condições com temperatura elevada, e quanto maior for o período de luz, maior é a expressão do caráter nuda. Essa hipótese esta de acordo com Brenner (2007), que encontrou grãos com casca em algumas plantas do genitor nuda apenas no segundo ano de experimentação em que houve diferença nas temperaturas médias, que foram 15°C e 5°C nos anos de 2005 e 2006, respectivamente.

Brenner (2007) afirma que mesmo os genótipos homozigotos dominantes para o caráter nuda, ou seja, que são capazes de formar 100% dos grãos sem casca, podem formar grãos com casca dependendo do estímulo ambiental. Outro fator que pode estar associado ao caráter nuda, é a

característica das espiguetas, ou seja, se são multifloras ou não. Brenner (2007) ao analisar as panículas e espiguetas, não encontrou espiguetas multiflora que formassem apenas grãos com casca, assim como não observou espiguetas não multifloras com grãos sem casca. Estas observações estão de acordo com a hipótese de pleiotropia entre dois caracteres, sugerido por Jenkins & Hanson (1976). Neste sentido, Brenner (2007) concluiu que assim como o caráter nuda, a característica multiflora das espiguetas possui herança monogênica, sendo que os dois caracteres são fortemente associados. Kibite & Taylor (1994) sugerem que os caracteres nuda e multiflora são controlados por genes separados, com frequência de recombinação de 10,5%. Por outro lado, Cabral et al. (2000) ao analisar panículas que tinha grãos sem casca, verificou também a presença de pelo menos uma espiguetas multiflora, indicando que a presença deste tipo de espiguetas pode ser uma maneira fácil de selecionar para as plantas com o gene importante para grão nuda.

### **2.3.5 Características nutricionais e perspectivas futuras**

A aveia apresenta características diferenciadas em relação aos grãos dos demais cereais, o que possibilita a sua utilização para múltiplos propósitos, bem como o desenvolvimento de novos produtos, agregando valor final (Federizzi & Almeida, 1998). Neste sentido, a utilização de aveia como alimento funcional tem aumentado gradativamente, especialmente pela disponibilidade de nutrientes e fibras solúveis (beta-glicanas) nos grãos de aveia, os quais contribuem para a redução do colesterol LDL. Além disto, a aveia é fonte de proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais (Peterson, 2004).

Quando o grão de aveia é destinado à indústria para o preparo de alimentos, é exigida uma qualidade mínima, que é um aspecto importante

considerado no melhoramento genético, devido à influência da morfologia do grão no beneficiamento industrial (Bothona & Milach, 1998). Dentre os aspectos a serem considerados pela indústria, estão: não ter mais que 2% de aveia-preta, peso do hectolitro igual ou superior a 50 kg.hL<sup>-1</sup>, máximo de 3% de grãos manchados ou escuros, grãos com espessura maior que dois mm, baixos níveis de acidez e alto rendimento industrial (Brasil, 1975).

A utilização da aveia nuda é uma alternativa vantajosa, visto que esta é uma espécie que não possui casca aderida aos grãos, permitindo que o processamento nas indústrias seja mais rápido e eficiente. No entanto, a falta de germoplasma para o caráter nuda em panículas de aveia tem sido um limitante para que haja variedades disponíveis no mercado.

No trigo e no arroz o teor médio de proteína é de 11%, na cevada é de 10% e no milho é de 9% (Lockart & Hurt, 1986). Esses resultados são de grande importância, visto que as proteínas desempenham funções vitais no organismo, sendo necessárias para a formação e reparo dos músculos, além de participar do sistema imunológico, enzimático e hormonal (Alves *et al.*, 2005). Em trabalho realizado pelos mesmos autores, foi determinada a composição química de linhagens de aveia nuda da UFRGS, e obtiveram-se valores de proteína bruta de 18,79 a 23,41%, que foram superiores ao relatados por Ortolan *et al.* (2003) para cultivares de aveia convencional (entre 12,69 e 16,12%). Evidenciando que os menores valores de proteína bruta encontrados para as linhagens de aveia nuda são superiores aos maiores encontrados para aveia convencional. Para Bland (1971) é considerado alto o teor de proteína acima de 10%, médio entre 8 e 10% e baixo quando for abaixo

de 8%. Quando comparada aos demais cereais de inverno, o grão de aveia apresenta maiores teores de proteína.

Segundo Gutkoski *et al.* (1993), a substituição de 5 a 10% da farinha de trigo por farinha de aveia, além de manter as características físicas e organolépticas do pão, representam um aumento nos teores de proteínas e fibras no alimento. No entanto, para valores de amido disponível em aveia nuda, Alves *et al.* (2005) encontraram valores entre 52,25 e 61,68% que são aproximadamente 23% inferiores aos encontrados na aveia convencional. Segundo os mesmos autores, este fato demonstra que a quantidade de energia prontamente disponível proveniente de carboidratos da aveia nuda é menor quando comparado as cultivares convencionais.

Em relação ao teor de lipídio, a aveia apresenta teores superiores aos demais cereais e, conseqüentemente, aumenta o valor de energia bruta e também a possibilidade de oxidação ou rancificação (Youngs *et al.*, 1985). Embora os lipídios tenham importância nutricional, quando aliados às enzimas hidrolíticas, são apontados como responsáveis pela instabilidade no armazenamento do grão e produtos de aveia (Gutkoski & Pedó, 2000). Além disto, a rancidez ocorre pela ação das enzimas lipases, produtoras de ácidos graxos livres, os quais, por terem cadeias insaturadas, são facilmente oxidadas a peróxidos de hidrogênio, que em reações posteriores, se transformam em uma grande variedade de compostos de baixo peso molecular, conferindo ao produto aroma e sabor desagradável (Rupollo *et al.*, 2002). Além da aveia nuda ser mais suscetível a danos mecânicos do que a aveia convencional (Valentine 1995, Peltonen-Sainio *et al.* 2004), ela também é mais suscetível a desenvolver um sabor característico de ranço, associado à hidrólise e oxidação dos lipídios.

Para alimentação animal, a aveia possui papel importante, porém, o alto teor de fibra contido na casca, que compreende aproximadamente 25% do peso do grão deste cereal, tem sido um fator limitante na utilização da aveia na alimentação animal, principalmente em monogástricos (Peltonen-Sainio *et al.*, 2004). A aveia nuda possui a vantagem de não possuir casca aderida ao grão, e, portanto, pode ser adequada na inclusão em rações de aves (MacLean *et al.* 1993). Por apresentar alto teor de ácidos graxos poli-insaturados, que conferem características vantajosas para produção de ovo e carne, quanto à qualidade desses alimentos, tornando-os mais atraente aos consumidores (Lopez *et al.*, 1998). Além disto, a aveia nuda possui grande potencial na participação das dietas de suínos, aves, bovinos e equinos (Peltonen-Sainio *et al.*, 2004).

Flis *et al.* (2007) realizaram estudos com suínos, com o objetivo de aumentar os níveis de ácidos graxos poli-insaturados na carne. No entanto, a carne enriquecida com ácidos graxos poli-insaturados é mais suscetível à deterioração oxidativa (Madeira *et al.*, 2005). Contudo, uma alternativa para reduzir a deterioração oxidativa, é a utilização de alimentos que contêm propriedade antioxidantes (Bringelsson *et al.*, 2002), as quais, segundo Dimberg *et al.* (1993), a aveia possui e por este motivo tem sido adicionada aos produtos alimentares. Estudos realizados por Xing & White (1997), evidenciaram que extratos metanólicos de aveia adicionados ao óleo de soja reduziram a formação de peróxidos durante o aquecimento ou armazenamento. Além disto, quando a aveia nuda foi adicionada em dietas para vacas, ampliou significativamente o período de indução à oxidação da gordura do leite (Faeron *et al.*, 1998). Também, Cave & Burrows (1993) observaram redução da

oxidação lipídica na coxa da carne de frangos de corte alimentados com rações provenientes de aveia nuda. E Flis *et al.* (2007) concluíram que a utilização de aveia nuda na alimentação de suínos, proporcionou estabilidade oxidativa na carne. Diante disto, é possível que aveia nuda ganhe espaço no mercado, principalmente, devido as suas propriedades nutricionais, que são vantajosas para alimentação humana e animal.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local, clima e solo**

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no município de Eldorado do Sul/RS. A EEA está localizada a 30° 05' 27" de latitude sul e 51° 40' 18" de longitude Oeste, com altitude média de 46m (Bergamaschi & Guadagnin, 1990). O solo da região segundo a classificação brasileira de solos é do tipo Argissolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999). O clima da Estação é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köeppen, isto é, subtropical úmido de verão quente. A precipitação média anual é de 1400 mm, sendo junho, julho e agosto os meses mais chuvosos (Bergamaschi & Guadagnin, 1990).

### **3.2 Procedimento experimental**

O presente trabalho foi conduzido a partir de sementes da geração F<sub>2</sub> provenientes do cruzamento entre os genitores UFRGS 006131 e UFRGS 01B7114-1 (TABELA 1). Em 2008, estes genitores foram semeados em parcelas de quatro linhas de três metros de comprimento, espaçadas 30 centímetros (cm) entre linhas. Durante a fase de reprodução foi realizado o cruzamento entre as mesmas pelo método Flor Fechada (Bertagnolli & Federizzi, 1994).

Em 2009 as sementes  $F_1$  produzidas a partir do cruzamento do ano anterior foram semeadas a campo, em uma linha. Todas as plantas férteis desta geração foram colhidas em “Bulk”, dando origem às sementes  $F_2$ . Antes da semeadura da geração  $F_2$ , foi realizado tratamento de sementes com o inseticida Imidacloprid na dose de 60 ml.kg de sementes<sup>-1</sup>, do produto comercial Gaucho FS (suspensão concentrada de 600g.L<sup>-1</sup>).

TABELA 1. Genealogia e característica dos grãos dos genitores UFRGS 006131 e UFRGS 01B7114-1. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, 2010/2011.

Genitores	Genealogia	Característica dos grãos
UFRGS 006131	COCKER492/STARTER-1 F3 x UFRGS 10	Nuda
UFRGS 01B7114-1	PC68/5*STARTER F4 x UFRGS 10	Com casca

### 3.2.1 Estabelecimento e avaliação dos experimentos

A geração  $F_2$  foi conduzida a campo no inverno/primavera de 2010, sob o sistema de plantio direto, sobre resteva de soja. Os genótipos foram conduzidos na forma de plantas espaçadas, em linhas de três metros de comprimento com espaçamento de 30 cm entre linhas. Em cada uma das linhas foram semeadas manualmente dez sementes, com distância média entre elas de 30 cm, obtendo a seguinte disposição: genitor-1 (UFRGS 006131) na primeira e segunda linhas, genitor-2 (UFRGS 01B7114-1) na terceira e quarta linhas, e posteriormente dez linhas com plantas segregantes  $F_2$ , com quatro repetições, totalizando 60 linhas de semeadura, obtendo 100 sementes de cada genitor e 400 sementes da geração  $F_2$ , totalizando 500 sementes.

O experimento foi instalado no dia 15 de julho de 2010, com a emergência das plantas ocorridas em 28 de julho de 2010. A adubação de base foi de 300 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15 NPK e as adubações de cobertura consistiram em duas aplicações de 80 kg de uréia quando as plantas estavam

com quatro a seis folhas expandidas. O controle de plantas daninhas foi realizado através de capina manual.

As plantas foram acompanhadas durante o desenvolvimento vegetativo e no período de florescimento foi realizada a marcação da panícula principal de cada planta, por meio de fita adesiva ou barbante (Figura 1). Ao atingir a maturação fisiológica, as plantas  $F_2$  e os genótipos parentais tiveram suas panículas principais colhidas individualmente para serem submetidas a avaliações morfológicas.



FIGURA 1. Marcação da panícula principal de cada planta de aveia. EEA – Eldorado do Sul, RS, 2010 e 2011.

### 3.2.2 Avaliações realizadas

#### 3.2.2.1 Avaliação das panículas para os caracteres multiflora e grão

##### nuda

As panículas principais colhidas no ano de 2010 passaram por um processo de divisão em três partes antes de serem debulhadas, sendo divididas em terço superior (A), terço médio (B) e terço inferior (C) que ocorreu pela observação de dois entrenós mais extensos em comprimento presentes nas panículas que dividem estas em três partes semelhantes (Figura 2).

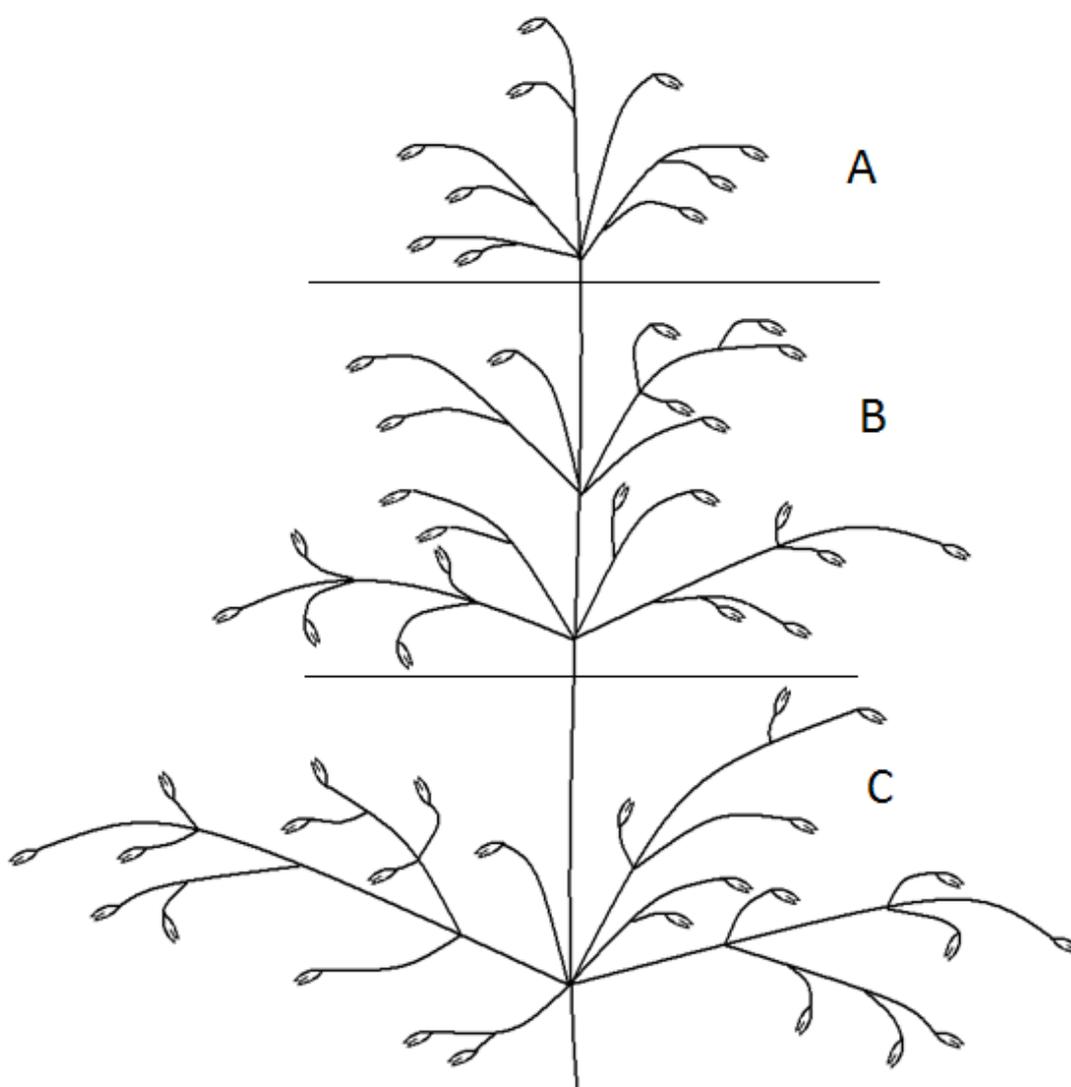
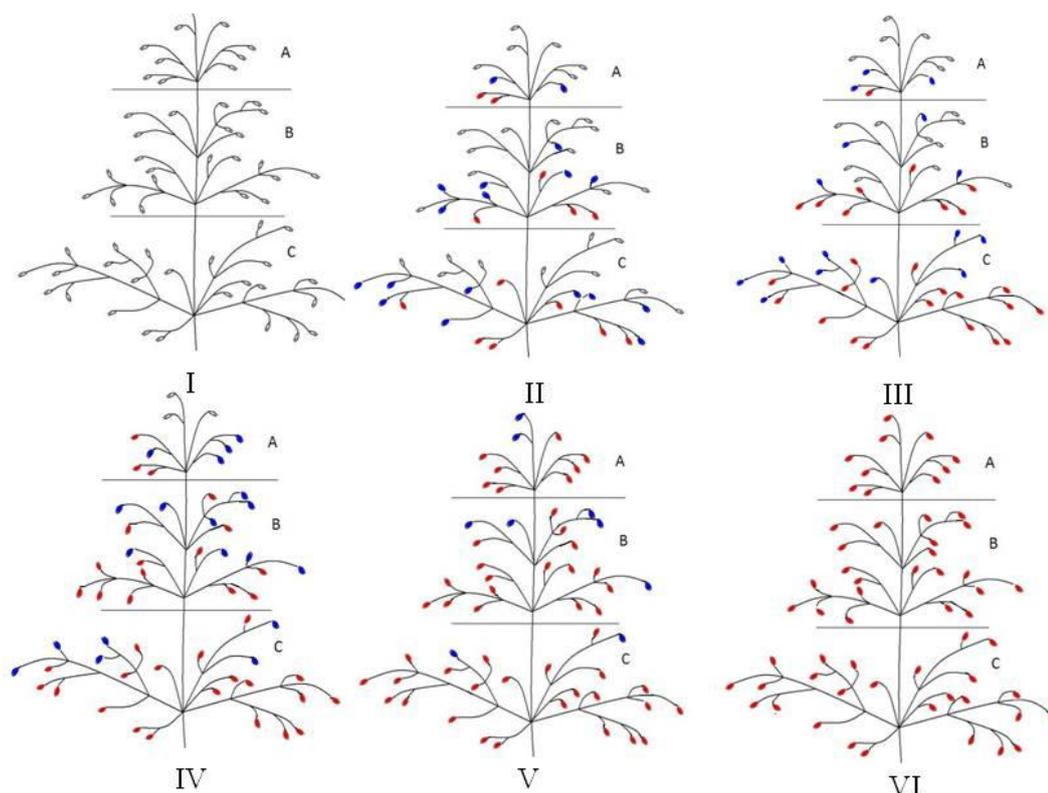


FIGURA 2. Representação da divisão em terços realizada em cada panícula. A=terço superior; B=terço médio; C=terço basal. EEA - Eldorado do Sul, RS, 2010 e 2011.

Esta divisão em terço foi realizada para permitir a avaliação da presença de espiguetas multifloras e não multifloras e sua segregação na panícula. Além disto, cada espiguetas da panícula foi trilhada e analisada individualmente quanto à presença e distribuição dos grãos com e sem casca. Para cada panícula realizou-se um desenho. No desenho foram marcadas todas as ramificações presente na panícula principal e todos os tipos de espiguetas presentes conforme a classificação (100% dos grãos nuda, quando estas apresentavam somente grãos sem casca; 100% dos grãos com casca, quando apresentavam somente grãos com casca aderida a cariopse e, mista, quando evidenciavam grãos com casca e sem casca na mesma espiguetas). Para diferenciar cada tipo de espiguetas no desenho, foi utilizada uma cor que representasse cada uma, isto é, vermelho para as espiguetas 100% casca, azul para as mistas e branco para as 100% nuda (Figura 2).

A partir dos desenhos obtidos de cada panícula, foi realizada uma nova classificação baseada na distribuição das espiguetas na panícula, originando seis classes distintas, as quais estão representadas na Figura 3. As sementes F<sub>2:3</sub> de cada panícula foram armazenadas em câmara fria e em 2011 foram empregadas no teste de progênie.



LEGENDA: ■ Espiguetas 100% com grãos com casca;  
■ Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca;  
□ Espiguetas 100% com grãos nuda

FIGURA 3. Representação das classes encontradas na geração F<sub>2</sub>. EEA – Eldorado do Sul, RS, 2010 e 2011. I) Panículas que formaram espiguetas contendo 100% de grãos sem casca e ausência de espiguetas com expressão completa de grãos com casca. II) Panículas contendo espiguetas 100% nuda e algumas 100% casca em todos os terços; III) Panículas contendo espiguetas 100% nuda apenas nos dois terços superiores; IV) Panículas contendo espiguetas 100% nuda apenas no terço superior; V) Panículas sem espiguetas com 100% de grãos nudas, poucas mistas, maioria dos grãos com casca; VI) Panículas que formaram apenas espiguetas contendo 100% de grãos com casca. A =terço superior; B=terço médio; C= terço basal.

### 3.2.2.2 Estabelecimento e avaliação da geração F<sub>3</sub>

As sementes F<sub>2:3</sub> receberam o mesmo tratamento daquele descrito para as sementes na geração F<sub>2</sub>. No dia 05 de julho de 2011 foi realizada a semeadura, e em 16 de julho ocorreu a emergência. Cada panícula F<sub>2</sub> (2010) gerou uma linha pareada F<sub>3</sub> (2011). A semeadura foi realizada de forma

mecânica, com três metros de comprimento e 30 cm de espaçamento entre linhas. A disposição no campo se deu da seguinte forma: genitor-1 na primeira, segunda e terceira linhas pareadas, genitor-2 na quarta, quinta e sexta linhas pareadas, e posteriormente 71 linhas pareadas da população segregante  $F_3$ , com duas repetições iguais, totalizando 166 linhas pareadas. A adubação bem como o controle de plantas daninhas foi realizado de maneira igual ao ano de 2010.

As plantas foram acompanhadas durante o desenvolvimento vegetativo e no período de florescimento foi realizada a marcação da panícula principal de cada planta, por meio de fita adesiva. No entanto, como cada linha pareada neste ano representava uma família  $F_3$ , todas as panículas principais da mesma linha foram colhidas em conjunto. Em laboratório foram realizadas as mesmas análises feitas com as panículas  $F_2$ , bem como confecção dos desenhos de cada panícula avaliada. No entanto, em virtude do tamanho da população neste ano, foi dada prioridade em analisar todas as panículas provenientes daquelas que em  $F_2$  foram classificadas na Classe I (100% nuda), e uma amostra daquelas que foram classificadas nas classes II, III, IV e V. E, não foi realizada avaliação nas que pertencem a Classe VI.

### **3.2.3 Análise de dados**

#### **3.2.3.1 Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas avaliadas**

Todas as espiguetas das panículas foram classificadas quanto a presença de grãos com e sem casca. Após foi determinado, para cada terço da panícula a porcentagem de espiguetas 100% com grãos nuda, mistas ou 100% com grãos casca. Com base na distribuição das panículas nas diferentes

classes, foram realizadas distribuições de frequência do tipo de espiguetas (nuda, mista e com casca) por terço e por classe, para cada planta F<sub>2</sub>. Com o auxílio das distribuições de frequências foi possível representar as principais características das panículas pertencentes a cada classe.

### **3.2.3.2 Determinação do número de genes controlando o caráter nuda**

Observando o padrão de distribuição das plantas segregantes na geração F<sub>2</sub>, foi elaborada uma hipótese genética que explica o controle genético do caráter nuda em panículas de aveia. A possibilidade de distinção em classes fenotípicas e a proporção de indivíduos em cada classe (100% nuda (I), segregantes (II a V) e 100% casca (VI)) serviu como base para formulação da hipótese genética.

Com base nos dados obtidos nas gerações F<sub>2</sub> foi realizado o teste do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) para testar a aderência dos modelos genéticos às proporções fenotípicas esperadas de acordo com a seguinte equação descrita por Steel & Torrie (1980):

$$\chi^2 = \sum (FO - FE)^2 / FE. \text{ Com } n-1 \text{ grau de liberdade}$$

Em que: FO= Número de plantas observadas para determinada classe fenotípica;

FE = Número de plantas esperado para determinada classe fenotípica.

n = número de classes fenotípicas.

Na geração F<sub>3</sub> foi realizado o teste de Qui-quadrado somente para as progênies que em F<sub>2</sub> pertenceram a Classe I. Desta forma, foi utilizado o teste do Qui-quadrado com correção de Yates (1932), chamada de correção de

continuidade, que consiste na subtração de 0,5 da diferença entre cada valor observado e esperado:

$$\chi^2 = \sum ((FO - FE) - 0,5)^2 / FE. \text{ Com } n-1 \text{ grau de liberdade}$$

Em que: FO= Número de plantas observadas para determinada classe fenotípica;

FE = Número de plantas esperado para determinada classe fenotípica.

n = número de classes fenotípicas.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Avaliação e Caracterização Morfológica das Espiguetas

As espiguetas de aveia apresentam formas diferentes dependendo da presença do caráter nuda ou dos grãos com casca, sendo assim, foi realizada uma análise das espiguetas individuais de cada panícula das plantas pertencentes às gerações parentais e da geração F<sub>2</sub>.

Ao realizar a trilha de cada espiguetas individualmente, foi possível perceber que a presença somente de grãos sem casca, ou seja, espiguetas 100% com grãos nuda ocorriam exclusivamente em espiguetas multiflora (Figura 4A). A caracterização deste tipo de espiguetas ocorreu através da observação das características morfológicas, ou seja, a espiguetas multiflora possui ráquias longas entre o eixo da gluma e a primeira espiguetas, e entre a primeira e segunda espiguetas. Além disto, a lema da aveia nuda é uma estrutura semelhante a gluma, a qual serviu como indicador de espiguetas multiflora, como mostra a seta na Figura 4B.

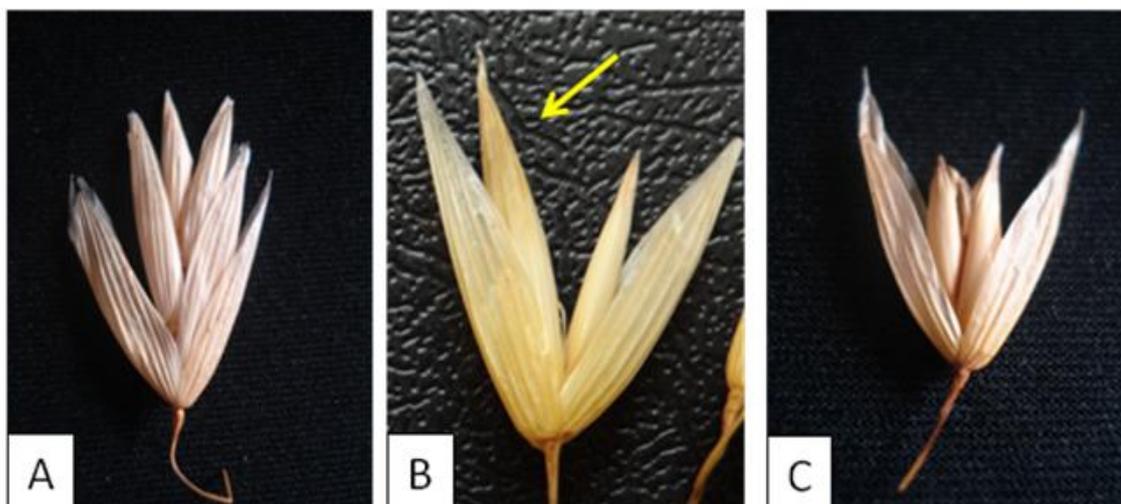


FIGURA 4. Característica morfológica das espiguetas de aveia. A) espiguetas multiflora do genitor nuda; B) espiguetas mista, onde a presença de mais de uma gluma (seta) indica ser multiflora; C) espiguetas não multiflora do genitor com casca. EEA – Eldorado do Sul, RS, 2010 e 2011.

Ao analisar as espiguetas não multiflora (Figura 4C), foi observada a presença de grãos com casca, indicando que através de uma caracterização visual seria possível afirmar que a presença de espiguetas multifloras está associada a presença de grão nuda. Contudo, tanto em espiguetas multiflora quanto não multiflora, em alguns casos, ocorria o surgimento de alguns grãos com casca e nuda na mesma espiguetas, e sendo assim, essas espiguetas foram classificadas como mista.

Fato relevante é que a presença de grãos com casca em espiguetas multiflora ocorreu predominantemente em espiguetas que possuíam poucas flores por espiguetas (Figura 4B), ou seja, onde a expressão do caráter multiflora não era completo. Isto pode estar associado a fatores ambientais, visto que o fenótipo mosaico (mista) é afetado pelo ambiente e se expressa com mais frequência na parte inferior da inflorescência (Figura 5), que é desenvolvida mais tarde.



FIGURA 5. A) Panícula de aveia com espiguetas multiflora. B) Maior concentração de espiguetas mistas na base da panícula.

A presença de grãos nuda em espiguetas não multifloras sempre ocorreu em proporções muito menores e ocasionais, e é válido ressaltar que essa ocorrência se deu apenas nas espiguetas de plantas das populações segregante, pois quando analisado o genitor com casca isto não foi observado, mantendo-se para o caráter não multiflora e com 100% dos grãos com casca.

#### **4.2 Avaliação das panículas dos genitores no ano de 2010**

A avaliação dos genitores UFRGS 01B7114-1 (com casca) e UFRGS 006131 (nuda) foram realizadas através da observação de cada espiguetas das panículas principais das plantas colhidas em 2010. Foram analisadas 56 panículas do genitor UFRGS 01B7114-1 (casca) e não foram observadas espiguetas mistas ou multifloras e nem grãos sem casca em qualquer das panículas avaliadas. Portanto, todas as espiguetas em qualquer um dos terços foi observado somente grãos com casca (Figura 6A, 6B, 6C).

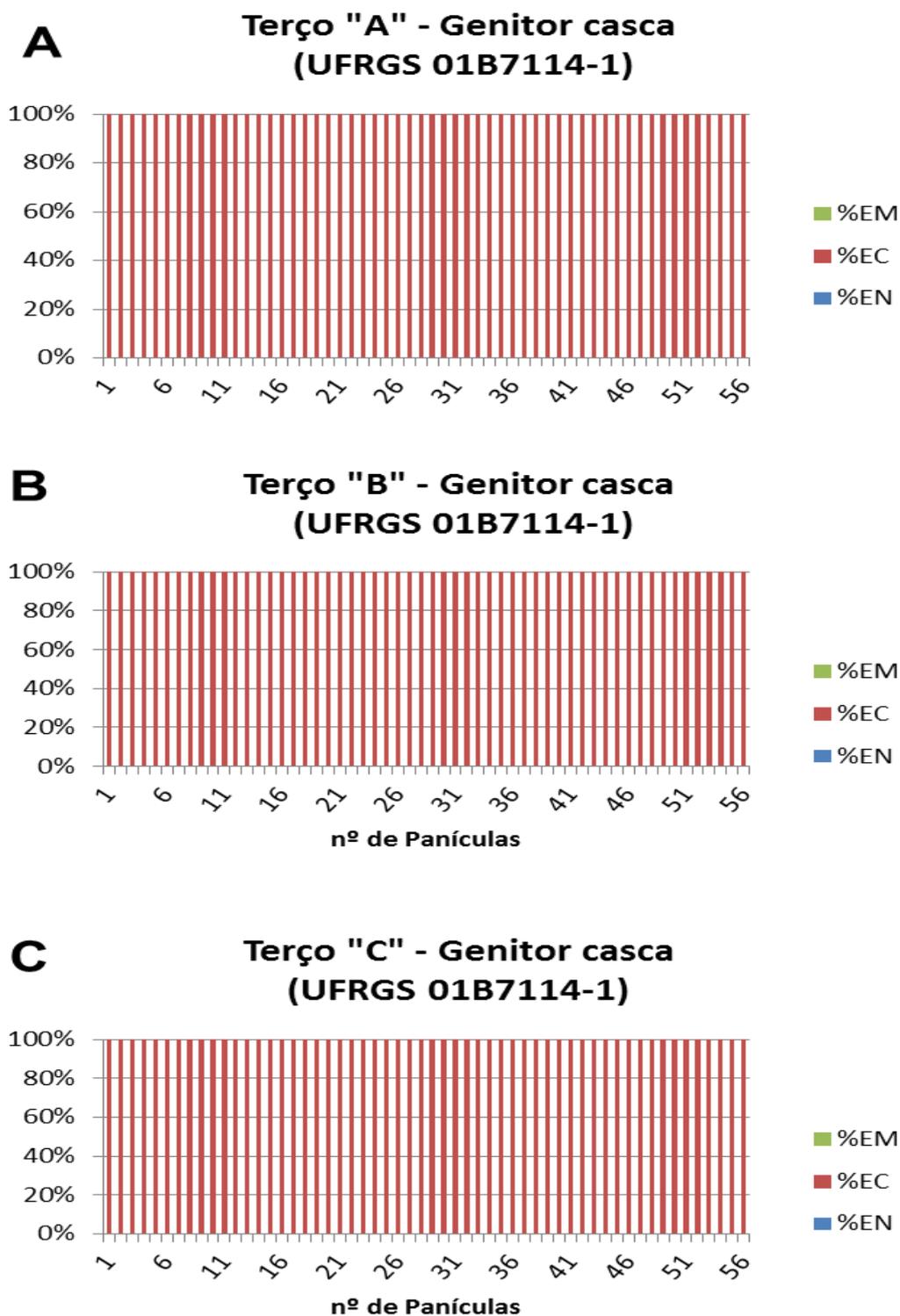


FIGURA 6. Distribuição dos tipos de espiguetas dos genitores com casca em cada terço das panículas analisadas. Terço "A" = Superior; Terço "B" = Médio; Terço "C" = Basal; EN= Espiguetas com 100% de grãos nuda; EC = Espiguetas com 100% de grãos com casca; EM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca.

Para o genitor UFRGS 006131 (nuda) (Figura 7) das 25 panículas avaliadas somente 12 apresentaram todas as espiguetas com grãos 100% nuda, as demais panículas apresentaram espiguetas mistas, mas não apresentaram qualquer espiguetas com 100% de grãos com casca. Quando avaliado o terço superior (Figura 7A), apenas seis apresentaram algumas espiguetas mistas, as quais não representam mais do que 25% das espiguetas de uma mesma panícula. As demais dezenove panículas mantiveram o caráter nuda. Além disto, das 210 espiguetas avaliadas no terço superior, somente sete apresentaram alguns grãos com casca, resultando em 711 grãos nuda e apenas nove com casca (TABELA 2).

No terço médio e basal (Figura 7B e 7C), o mesmo pode ser observado em relação às classes de espiguetas, ou seja, não foram observadas espiguetas 100% com casca nos terços inferiores. No entanto, é importante ressaltar que foram observados maior número de espiguetas mistas nos terços inferiores, demonstrando que os grãos com casca ocorrem predominantemente na base das panículas (terço médio (B) e basal (C)), sendo que dez das 25 panículas avaliadas tiveram espiguetas mistas e quinze foram 100% nudas.

No terço basal, treze panículas apresentaram espiguetas mistas e doze se mantiveram 100% nuda (Figura 7C). O aumento de espiguetas mistas nos terços inferiores (médio e basal) não representa mais do que 15% das espiguetas de cada terço, bem como o número de grãos com casca não alcança 10% do total de grãos em cada terço (TABELA 2).

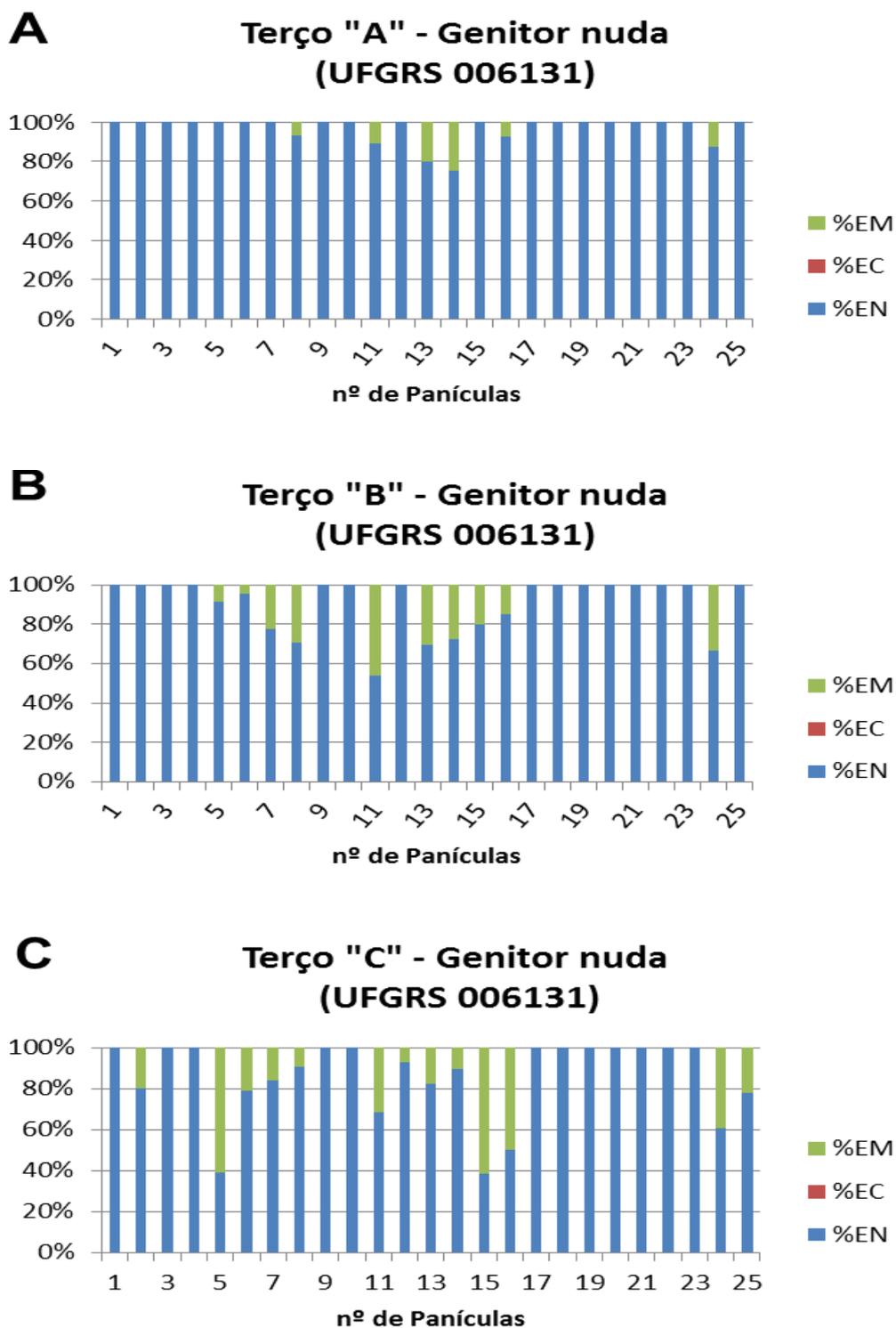


FIGURA 7. Distribuição dos tipos de espiguetas dos genitores nuda em cada terço das panículas analisadas. Terço "A" = Superior; Terço "B" = Médio; Terço "C" = Basal; EN= Espiguetas com 100% de grãos nuda; EC = Espiguetas com 100% de grãos com casca; EM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca.

TABELA 2. Número de espiguetas nudas, mistas e com casca e número de grãos com casca e sem casca em cada terço das panículas do genitor nuda UFRGS 006131. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul-RS/2010.

<b>Terço "A" (Superior)</b>				
Total de Espiguetas: 210			Total de Grãos: 720	
<b>ESN</b>	<b>ESC</b>	<b>ESM</b>	<b>GN</b>	<b>GC</b>
203	0	7	711	9
%			%	
96,7	0	3,3	98,7	1,3
<b>Terço "B" (Médio)</b>				
Total de Espiguetas: 474			Total de Grãos: 1276	
<b>ESN</b>	<b>ESC</b>	<b>ESM</b>	<b>GN</b>	<b>GC</b>
426	0	48	1213	63
%			%	
89,9	0	10,1	95,1	4,9
<b>Terço "C" (Basal)</b>				
Total de Espiguetas: 446			Total de Grãos: 1077	
<b>ESN</b>	<b>ESC</b>	<b>ESM</b>	<b>GN</b>	<b>GC</b>
380	0	66	979	98
%			%	
85,2	0	14,8	90,9	9,1

ESN= Espiguetas com grãos 100% nudas; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; GN = Grãos nudas; GC= Grãos com casca.

### 4.3 Avaliação da geração F<sub>2</sub>

#### 4.3.1 Distribuição das espiguetas nas panículas

Na população F<sub>2</sub> ocorreu uma grande segregação e, conseqüentemente, uma grande variação de tipos de espiguetas nas panículas quanto à expressão do caráter nuda. Para facilitar o trabalho, as panículas foram separadas em seis classes fenotípicas distintas (Figura 3). A Classe I é aquela que apresenta 100% das espiguetas com grãos nudas e a Classe VI apresenta somente espiguetas com grãos com casca e representam os genitores utilizados neste estudo.

Das 132 panículas da geração F<sub>2</sub>, 25 foram classificadas na Classe I, sendo que na análise do terço superior (A) estão apresentados os resultados de 24 panículas, este fato ocorreu em virtude de que a parte superior da

panícula de número 25 foi quebrada, e, desta forma não foi possível realizar análise deste terço para esta classe. A Classe I é a que mais se aproxima do genitor nuda e se caracteriza por apresentar, na sua grande maioria, espiguetas com grãos nuda e algumas espiguetas mistas, e não foi observado nenhuma das espiguetas com grãos 100% com casca. Das 24 panículas, sete apresentaram espiguetas mistas no terço superior, as demais 17 apresentaram somente espiguetas com grãos 100% nuda (Figura 8A e TABELA 3). Do total de espiguetas do terço inferior 228 (88,0%) foram 100% nuda e 31 (12,2%) foram mistas. Quanto aos grãos, 777 (95,1%) foram sem casca e 40 (4,9%) com casca.

No terço médio, 13 panículas apresentaram espiguetas mistas e 12 foram 100% nuda na Classe I, e foram observadas 559 (86,8%) espiguetas 100% nuda, 85 espiguetas mistas (13,2%) e zero espiguetas com casca (FIGURA 8B, TABELA 3). No terço basal, 12 panículas apresentaram espiguetas mistas e 13 apresentaram espiguetas 100% nuda. Neste terço 481 espiguetas (88,7%) foram 100% nuda e 61 espiguetas (11,3%) mistas (FIGURA 8C e TABELA 3).

Assim, a Classe I se caracteriza por evidenciar mais de 86% das espiguetas com expressão do caráter nuda completo e a ausência de espiguetas com expressão completa de grãos com casca em qualquer terço da panícula (TABELA 3).

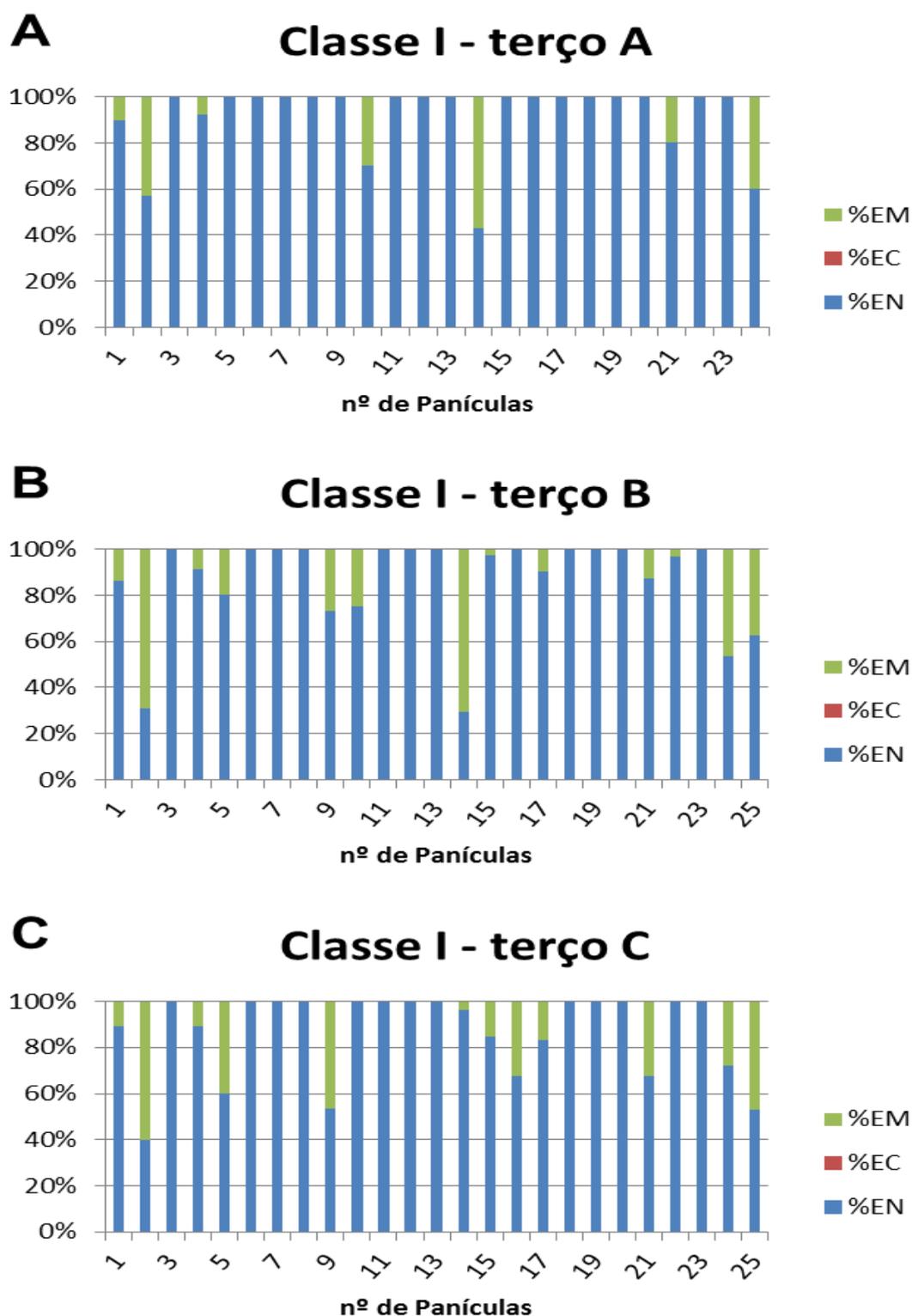


FIGURA 8. Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe I. Terço "A" = Superior; Terço "B" = Médio; Terço "C" = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010

TABELA 3. Número de espiguetas nudas, mistas e com casca e número de grãos com casca e sem casca em cada terço das panículas da geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul – RS/2010.

<b>Terço "A" (Superior)</b>					
CLASSE	ESN	ESC	ESM	GN	GC
I	228	0	31	777	40
II	100	5	59	402	89
III	86	46	74	401	211
IV	47	64	70	230	219
V	0	79	92	137	317
VI	0	526	0	0	1125
CLASSE	%			%	
I	88,0	0,0	12,0	95,1	4,9
II	61	3	36	81,9	18,1
III	41,7	22,3	35,9	65,5	34,5
IV	26	35,4	38,7	51,2	48,8
V	0	46,2	53,8	30,2	69,8
VI	0	100	0	0	100
<b>Terço "B" (Médio)</b>					
CLASSE	ESN	ESC	ESM	GN	GC
I	559	0	85	1519	120
II	141	40	231	666	402
III	49	203	213	389	950
IV	0	344	84	92	888
V	0	334	45	65	765
VI	0	1084	0	0	2197
CLASSE	%			%	
I	86,8	0,0	13,2	92,7	7,3
II	34,2	9,7	56,1	62,4	37,6
III	9,3	48,7	51,3	29,1	70,9
IV	0	80,4	19,6	9,4	90,6
V	0	88,1	11,9	7,8	92,2
VI	0	100	0	0	100
<b>Terço "C" (Basal)</b>					
CLASSE	ESN	ESC	ESM	GN	GC
I	481	0	61	1043	89
II	107	60	200	424	387
III	0	373	147	160	1003
IV	0	333	27	29	716
V	0	315	25	26	621
VI	0	1060	0	0	2097
CLASSE	%			%	
I	88,7	0	11,3	92,1	7,9
II	29,2	16,3	54,5	52,3	47,7
III	0	77,9	30,7	13,8	86,2
IV	0	92,5	7,5	3,9	96,1
V	0	92,6	7,4	4	96
VI	0	100	0	0	100

ESN= Espiguetas 100% com grãos nuda; ESC= Espiguetas 100% com grãos com casca; ESM= Espiguetas mistas; GN= Grãos nuda; GC= Grãos com casca; %= Porcentagem.

As panículas nas Classes II a V representam aquelas dos genótipos segregantes, onde uma maior variação da expressão do caráter nuda foi observada. Pertencendo a Classe II foram encontradas 17 panículas (Figura 9 e TABELA 3). Das 17 panículas no terço superior (Figura 9A), 12 apresentaram espiguetas nudas e mistas e três apresentaram espiguetas nudas e com casca. Do total de espiguetas do terço, 100 foram nudas (61%), 59 espiguetas mistas (36%) e 5 foram com casca (3%). Quanto aos grãos, 402 foram sem casca (81,9%) e 89 foram com casca (8,1%) (TABELA 3). No terço médio (Figura 9B), 13 das 17 panículas apresentaram grãos com 100% de casca, e nenhuma panícula apresentou espiguetas 100% nuda. Do total de espiguetas avaliadas no terço médio, 141 foram 100% nudas (34,2%), 40 foram 100% com casca (9,7%) e 231 foram mistas (56,1%). Do total de grãos avaliados 666 foram 100% sem casca (62,4%) e 402 foram com casca (37,6%) (TABELA 3). No terço inferior das 17 panículas analisadas, 15 apresentavam pelo menos uma espiguetas com grãos 100% com casca (Figura 9C). Do total de espiguetas deste terço 107 foram 100% nudas (29,2%), 60 foram 100% com casca (16,3%) e 200 foram mistas (54,5%). Do total de grãos avaliados 424 (52,3%) foram sem casca e 387 (47,7%) apresentavam casca (TABELA 3.). Assim, a Classe II fica caracterizada por panículas que apresentam espiguetas com 100% de grãos nuda e com algumas espiguetas com 100% de grãos com casca em todos os terços da panícula.

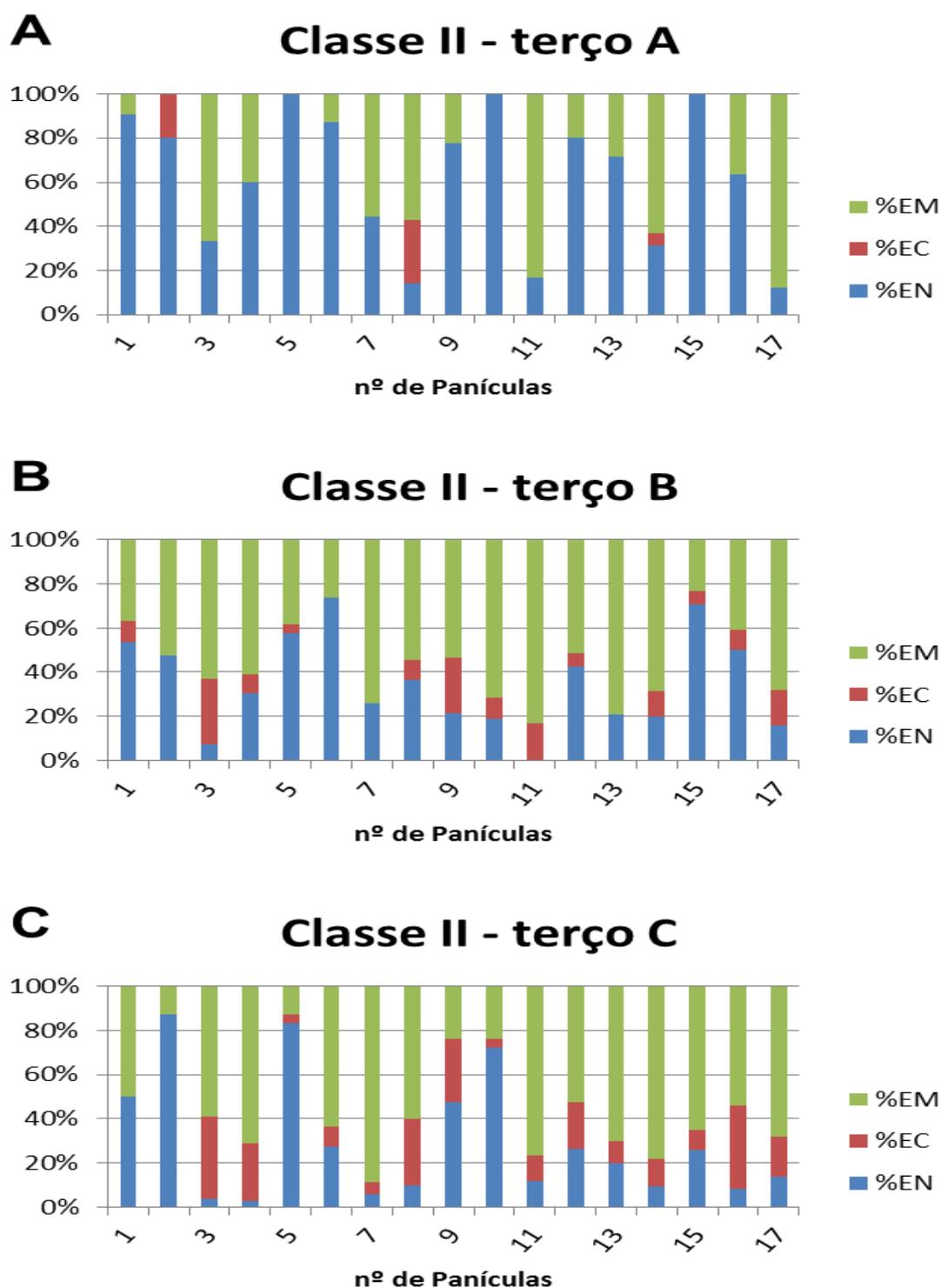


FIGURA 9. Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe II. Terço "A" = Superior; Terço "B" = Médio; Terço "C" = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda Eldorado do Sul-RS/2010.

Na Classe III foram classificadas 17 panículas, sendo que destas, 15 apresentaram no terço superior espiguetas com grãos 100% nuda, espiguetas mistas e espiguetas com grãos 100% casca (FIGURA 10A). De todas as espiguetas avaliadas nesta classe e terço superior, 86 foram 100% nuda (41,7%), 74 foram mistas (35,9%) e 46 foram 100% com casca (22,3%). Em relação aos grãos, 401 foram nuda (65,5%) e 211 foram com casca (34,5%) (TABELA 3). No terço médio, todas as panículas apresentaram os três tipos de espiguetas (FIGURA 10B), e a grande maioria delas foram com casca ou mistas (TABELA 3). Do total de espiguetas avaliadas no terço médio, somente 49 (9,3%) apresentaram grãos 100% nuda, enquanto que 213 (7,1%) evidenciaram grãos com casca e 203 (43,6%) das espiguetas foram mistas. A maioria dos grãos foram com casca (70,9%) e 29,1% foram sem casca. No terço inferior, as 17 panículas somente apresentaram espiguetas com 100% de grãos com casca e espiguetas mistas e (FIGURA 10C). Das espiguetas avaliadas neste terço, 373 apresentaram grãos com casca (77,9%) e 147 foram mistas (30,7%) e nenhuma espiguetas teve 100% dos grãos sem casca (0%). Dos grãos avaliados, 1003 foram com casca (86,2%) e 160 sem casca (13,8%) (TABELA 3).

A Classe III é caracterizada pela presença, no terço superior e médio, de espiguetas com todos os tipos possíveis, e no terço inferior, espiguetas mistas ou com grãos com casca e sem nenhuma espiguetas com grãos 100% nuda (FIGURA 10).

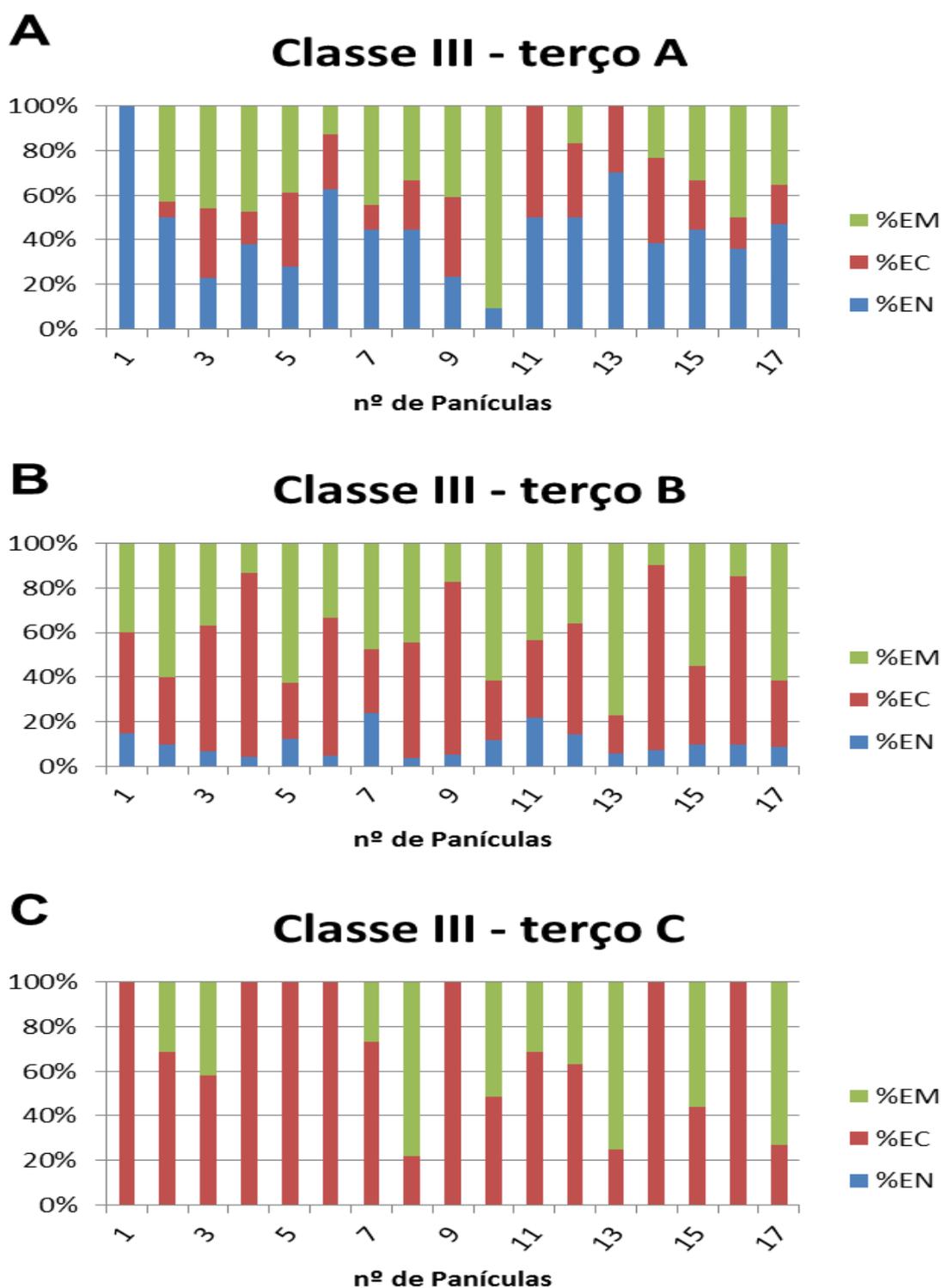


FIGURA 10. Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe III. Terço "A" = Superior; Terço "B" = Médio; Terço "C" = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010.

Na Classe IV foram classificadas 16 panículas. Destas, 12 panículas apresentavam todas as categorias de espiguetas no terço superior, e nenhuma apresentou grãos com 100% nuda (FIGURA 11A). Das espiguetas avaliadas, 47 (26%) foram 100% nudas, 64 (35,4%) apresentaram grãos com casca e 70 (38,7%) foram classificadas como mistas (TABELA 3). Dos grãos avaliados, 230 (51,2%) foram sem casca e 219 (48,8%) apresentaram casca. No terço médio foram observadas espiguetas mistas e com casca somente (FIGURA 11B). Das espiguetas analisadas, 344 (80,4%) foram 100% com casca e 84 (19,6%) foram mistas. Dos grãos avaliados 888 (90,6%) foram com casca e 92 (9,4%) foram sem casca. Já, no terço inferior a maioria das panículas (11) apresentaram espiguetas com 100% dos grãos com casca (FIGURA 11C). Somente cinco panículas evidenciaram alguma espiguetas com grãos mistos. Do total, de espiguetas avaliadas neste terço, 333 (92,5%) foram 100% com casca e 27 (7,5%) exibiram grãos mistos. Dos grãos avaliados 716 (96,1%) foram com casca e 29 (3,9%) foram sem casca (TABELA 3).

A Classe IV se caracteriza pela presença de espiguetas com grãos 100% nuda somente no terço superior, e ausência deste tipo de espiguetas no terço médio e inferior (FIGURA 11).

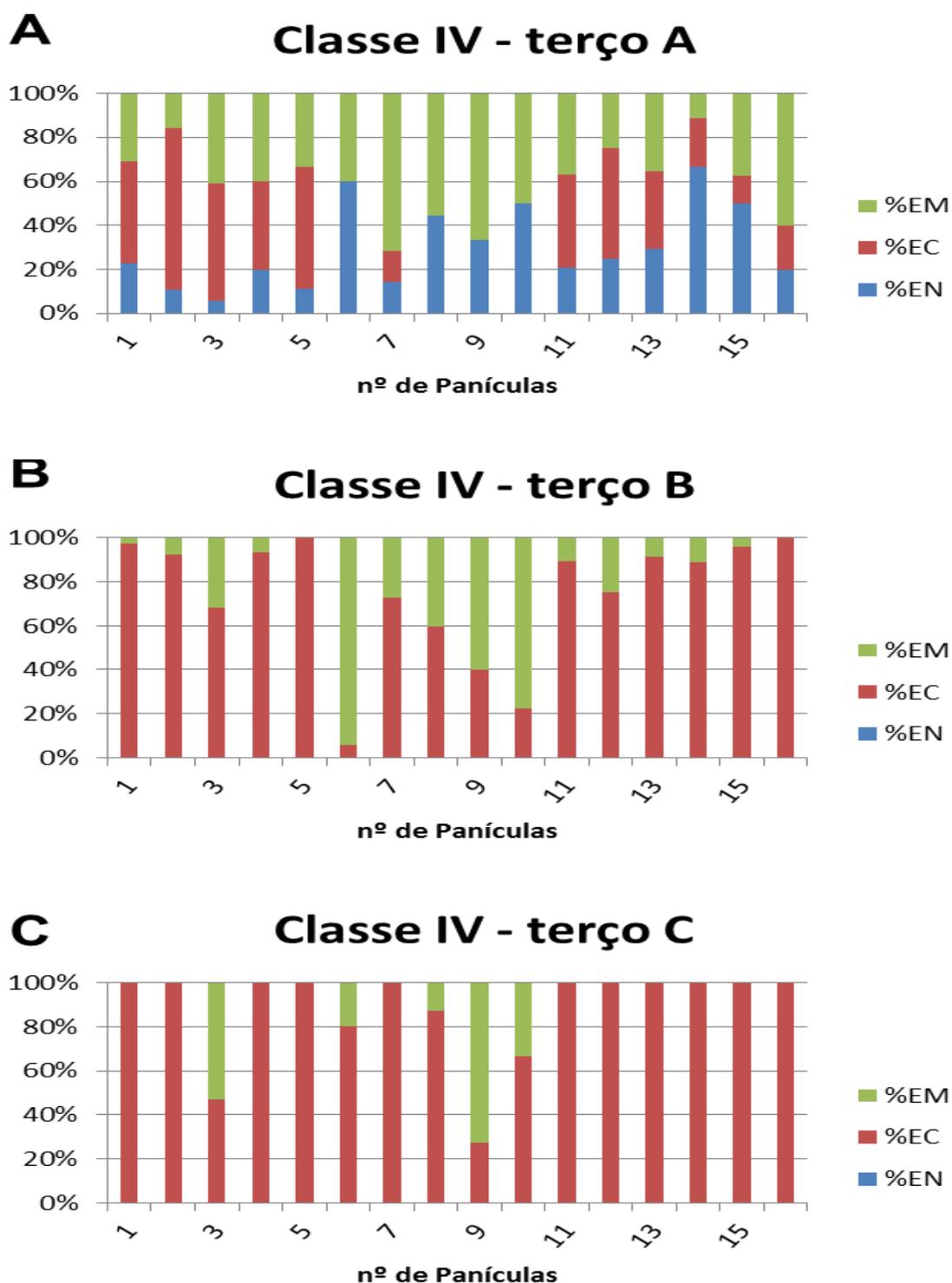


FIGURA 11. Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe IV. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal ;ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010.

Na Classe V foram classificadas 14 panículas, todas apresentaram no terço superior somente espiguetas mistas ou 100% com casca (Figura 12A), nenhuma das espiguetas evidenciou grãos 100% nuda. Das espiguetas avaliadas, 79 (44,2%) apresentaram grãos 100% com casca, e 92 (53,8%) apresentaram grãos mistos. Quanto aos grãos, 317 (69,8%) exibiram casca e 137 (30,2%) foram sem casca (Tabela 3). No terço médio, as panículas mostraram espiguetas com mesmo padrão do terço superior. Contudo, cinco panículas evidenciaram espiguetas com 100% grãos com casca (Figura 12B). Das espiguetas avaliadas, 334 (88,1%) geraram somente grãos mistos. Dos grãos avaliados 765 (92,2%) foram com casca e 65 (7,8%) não tiveram casca (Tabela 3).

A Classe V se caracteriza pela ausência em qualquer terço de espiguetas com grãos 100% nuda, e o terço superior possui espiguetas com 100% de grãos com casca e espiguetas mistas.

Na Classe VI, foram observadas 44 panículas que evidenciam em todos os terços espiguetas com 100% dos grãos com casca (Figura 13 e TABELA 3), e, não apresentam nenhuma espiguetas do tipo mista ou 100% nuda. Esta classe representa o genótipo parental com casca (UFRGS 01B7114-1).

Na segregação observada na geração  $F_2$ , as Classe I e VI representam os tipos parentais nuda e com casca, respectivamente. As classes II, III, IV e V representam as classes segregantes. Com base na distribuição das panículas nas classes, foi proposto uma hipótese genética. Cabe salientar que todos os modelos genéticos apresentados na literatura até o momento foram realizados com base na contagem dos grãos com casca e sem casca independente de sua localização nas espiguetas ou posição nas panículas.

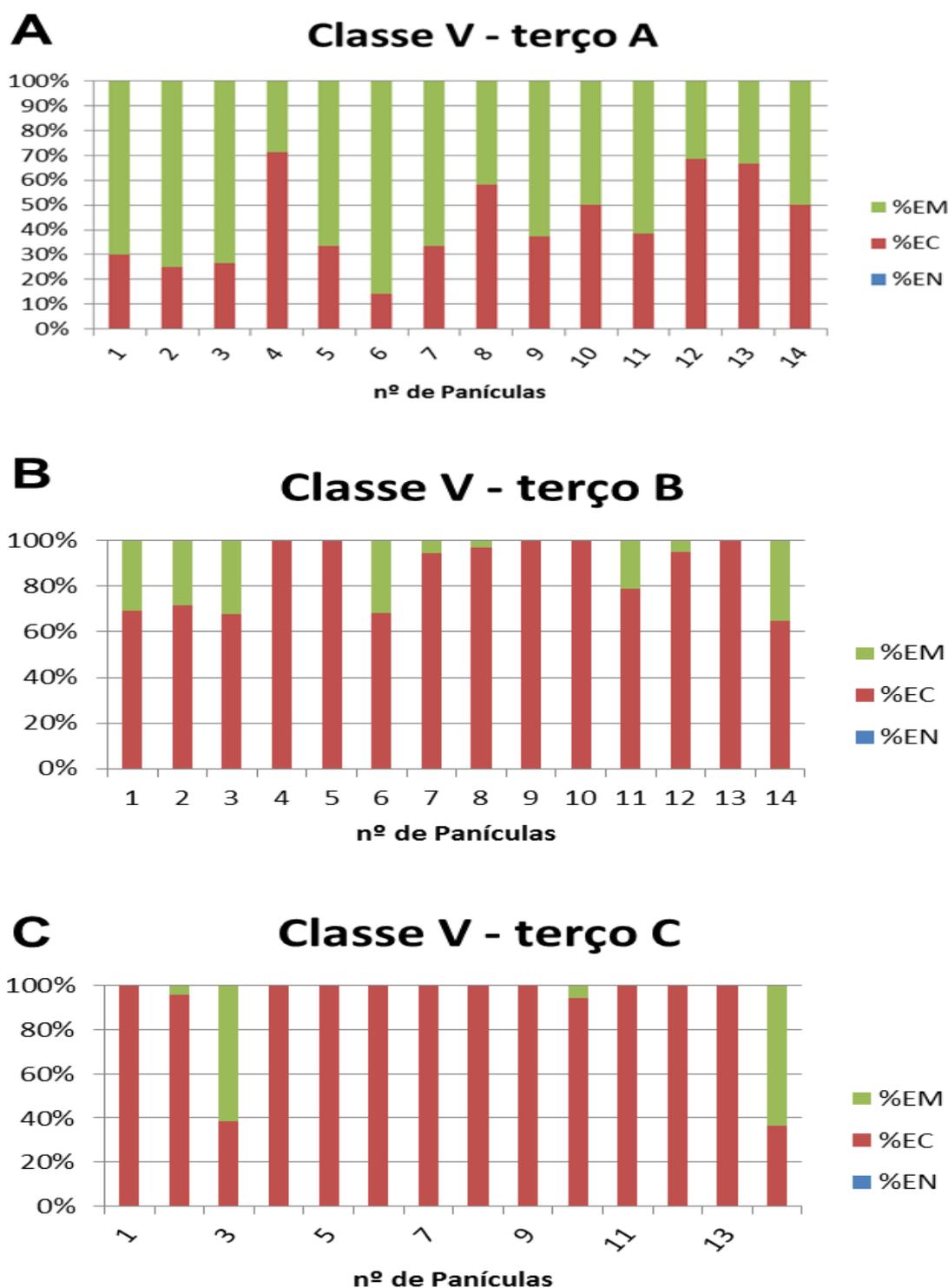


FIGURA 12. Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe V. Terço "A" = Superior; Terço "B" = Médio; Terço "C" = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010.

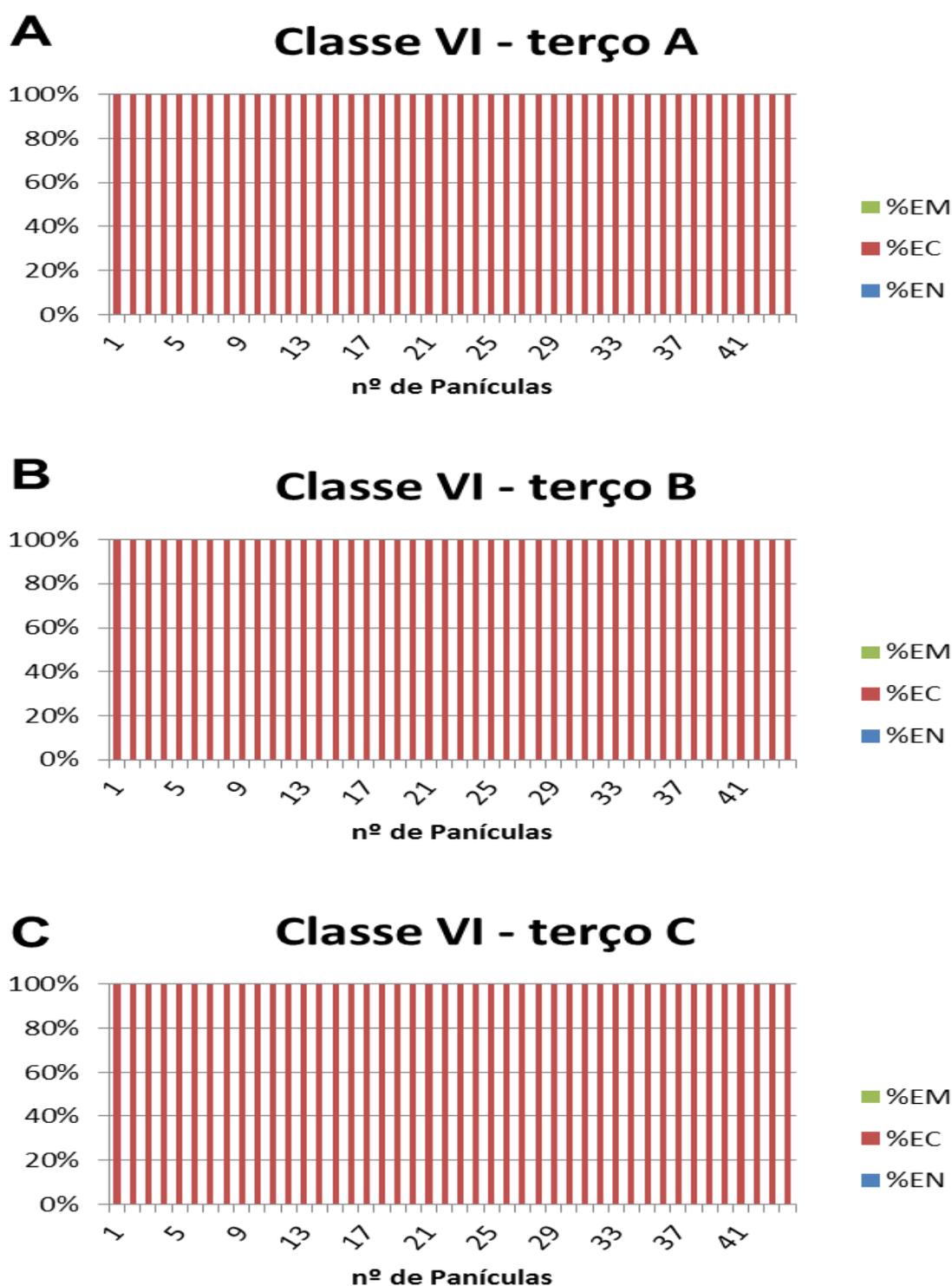


FIGURA 13. Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes à Classe VI. Terço “A” = Superior; Terço “B” = Médio; Terço “C” = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2010.

### 4.3.2 Análise genética da geração F<sub>2</sub>

A distribuição das panículas nas distintas classes fenotípicas (Classe I a VI) permitiu a criação de uma hipótese genética que pudesse explicar quantos genes controlam o caráter nuda (sem casca) em aveia (TABELA 4). As proporções esperadas encontradas foi de 3 (Classe I) : 9 (Classe II a V) : 4 (Classe VI). Neste modelo, dois genes governam o caráter nuda, e para isso seria necessário a presença do loco 1 na condição homocigota ( $N_1N_1$ ) e de pelo menos um dos alelos do loco 2 na condição dominante  $N_{2\_}$ . No presente estudo não foi possível fazer uma relação direta dos genótipos que proporcionam segregação para o caráter com as classes III e IV, e, desta forma, as mesmas foram agrupadas.

Quando presente apenas um alelo dominante no primeiro gene, o fenótipo resultante seria mosaico, sendo que os alelos presentes no segundo gene determinariam as proporções de grãos com e sem casca nas panículas. As combinações que expressariam as classes mistas (mosaico) seriam:  $N_1N_1n_2n_2$ ,  $N_1n_1N_2N_2$ ,  $N_1n_1N_2n_2$ ,  $N_1n_1n_2n_2$  (TABELA 4). A presença de dois alelos recessivos no primeiro gene resultaria obrigatoriamente em fenótipos com casca, independente dos alelos presentes no segundo gene ( $n_1n_1N_2N_2$ ,  $n_1n_1N_2n_2$ ,  $n_1n_1n_2n_2$ ).

TABELA 4. Frequências observadas e esperadas para o caráter nuda, nas diferentes classes de panículas de aveia na geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2010.

Fenótipo geração F <sub>2</sub>	Genótipo geração F <sub>2</sub>	Classe de panícula	FO	FE	$\chi^2$	P
<b>Nuda</b>	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	I	25	24,75	0,002525	
	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
<b>Segregante</b>	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	II	17	16,50	0,015152	
	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub> e N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	III e IV	33	41,25	1,65	
	N <sub>1</sub> n <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	V	14	16,50	0,378788	
<b>Com casca</b>	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	Classe VI	43	33,00	3,030303	
	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
	n <sub>1</sub> n <sub>1</sub> n <sub>2</sub> n <sub>2</sub>					
<b>Total</b>			<b>132</b>		<b>5,08</b>	<b>0,28</b>

FO= Frequência observada; FE= Frequencia esperada;  $\chi^2$ = Qui-quadrado; P= Proporção.

No modelo proposto (TABELA 4) a frequência esperada de indivíduos na geração F<sub>2</sub> para a classe 100% nuda (Classe I) foi de 24,75, na Classe II foi de 16,50, nas Classes III e IV foi 41,25, para Classe V foi 16,50 e na Classe VI (100% casca) de 33,25. E, as frequências observadas foram: 25 para Classe 100% nuda, 68 para as segregantes (Classes II, III, IV e V) e 43 para 100% casca, apresentando valor de Qui-quadrado de 5,08, demonstrando que o modelo genético proposto se adequou satisfatoriamente ( $P > 0,05$ ) às segregações genéticas esperadas em relação às observadas nesta geração.

O menor número de panículas nas classes segregantes II a V pode estar associado a melhor germinação dos grãos com casca, quando comparado com os grãos sem casca (que poderiam estar presentes na demais classes). Assim, quando avaliado a distribuição dos grãos nuda nas espiguetas foi aceita a hipótese de dois locos controlando o caráter, sendo o loco N<sub>1</sub> de grande efeito necessário para a presença do caráter nuda e mais outro loco N<sub>2</sub> modificador. Na ausência dos alelos N<sub>1</sub>, os grãos de aveia formam casca.

#### **4.4 Avaliação das panículas dos genitores no ano de 2011**

No ano de 2011, novamente, foi realizada a avaliação dos genitores UFRGS 01B7114-1 (com casca) e UFRGS 006131 (nuda). O genitor com casca manteve sua característica homozigota para grãos com casca em qualquer um dos terços das panículas analisadas (Figura 14), bem como todas as espiguetas apresentaram caráter não multiflora.

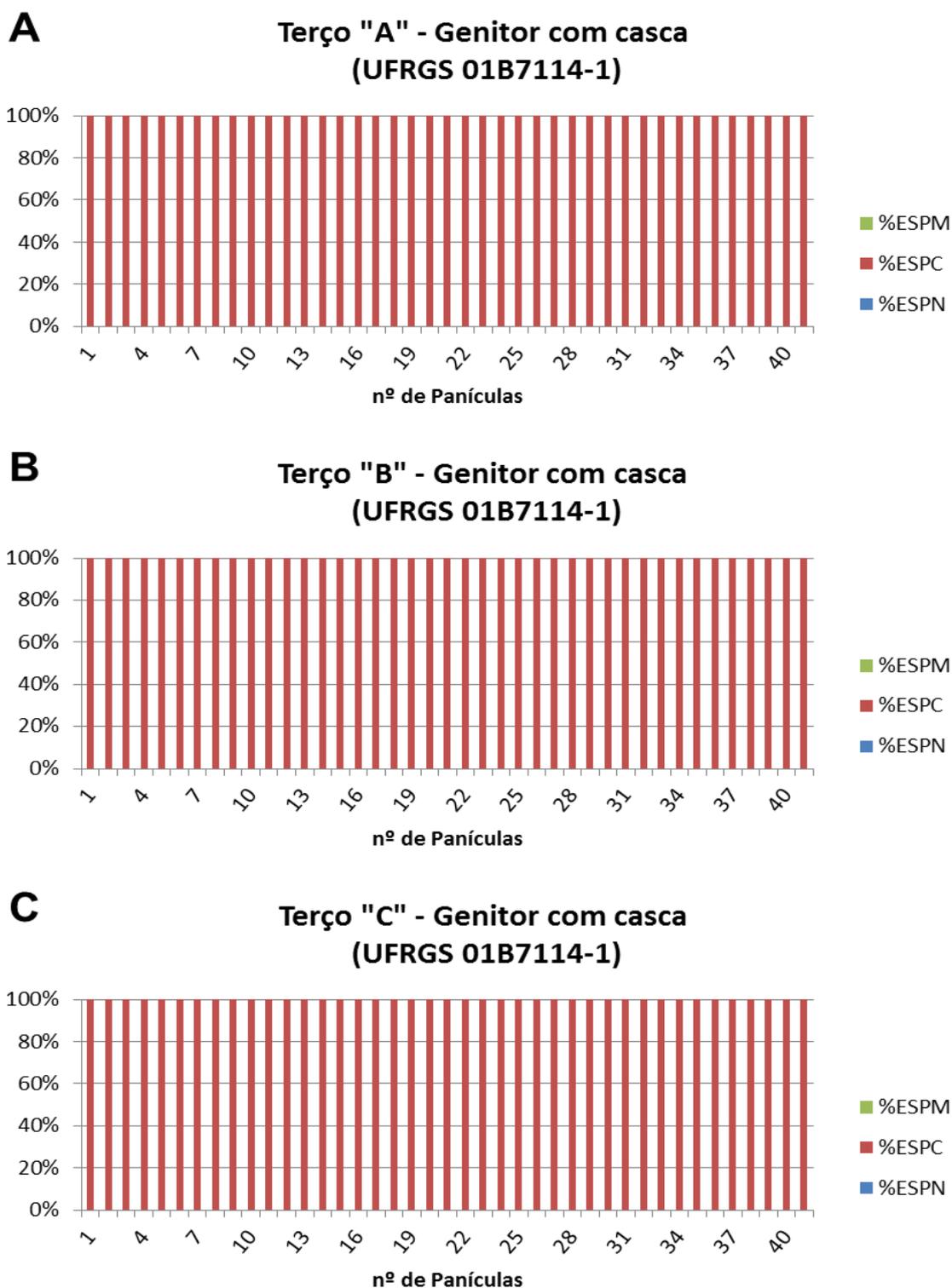


FIGURA 14. Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes ao genitor com casca (UFRGS 01B7114-1). Terço "A" = Superior; Terço "B" = Médio; Terço "C" = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2011

Para o genitor UFRGS 006131, considerando o terço superior, das 1278 espiguetas analisadas, 927 (72,5%) apresentaram espiguetas com somente grão sem casca, as demais 351 (26,5%) espiguetas foram do tipo mista, ou seja, apresentaram alguns grãos com casca mas não evidenciaram qualquer espiguetas com 100% dos grãos com casca (TABELA 5).

TABELA 5. Número de espiguetas nudas, mistas e com casca e número de grãos com casca e sem casca em cada terço das panículas do genitor nuda UFRGS 006131. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul-RS/2011.

<b>Terço "A" (Superior)</b>				
Total de Espiguetas: 1278			Total de Grãos: 3891	
<b>ESN</b>	<b>ESC</b>	<b>ESM</b>	<b>GN</b>	<b>GC</b>
927	0	351	3504	387
%			%	
72,5	0	26,5	90,1	9,9
<b>Terço "B" (Médio)</b>				
Total de Espiguetas: 2934			Total: 7820	
<b>ESN</b>	<b>ESC</b>	<b>ESM</b>	<b>GN</b>	<b>GC</b>
1940	46	948	6698	1122
%			%	
66,1	1,6	32,3	85,7	14,3
<b>Terço "C" (Basal)</b>				
Total de Espiguetas: 1648			Total: 3672	
<b>ESN</b>	<b>ESC</b>	<b>ESM</b>	<b>GN</b>	<b>GC</b>
1209	25	414	3189	483
%			%	
73,4	1,5	25,1	86,8	13,2

ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; GN = Grãos nuda; GC= Grãos com casca.

Ao comparar o mesmo genitor e terço analisado considerando o ano de 2010 e 2011, é possível perceber que houve diferenças quanto à expressão do caráter nuda, visto que em 2010 a porcentagem de espiguetas mistas não atingiu 4% do total e, para o número de grãos com casca, este não foi superior

a 1,3% (TABELA 2). Entretanto, em 2011 o mesmo não ocorreu, pois a porcentagem de espiguetas mistas foi superior a 25% bem como o número de grãos com casca representou cerca de 10% do terço superior. Além disto, no primeiro ano, o máximo de espiguetas mistas encontradas em uma panícula foi de 25% (Figura 7A), enquanto que no segundo ano, o máximo evidenciado foi de uma panícula com 100% das espiguetas mistas (Figura 14A).

No terço médio, a expressão incompleta do caráter nuda ficou mais evidente. Para o número de espiguetas, este terço apresentou 1940 (66,1%) de espiguetas com grãos 100% nuda, 948 (32,3%) de espiguetas mistas. Contudo, neste ano foi observado a presença de espiguetas com característica 100% grãos com casca (46), representando 1,6% (TABELA 5). O mesmo pode ser observado na Figura 15B em que as barras em vermelho representam as espiguetas com grãos 100% com casca, onde a panícula que mais expressou esta característica atingiu cerca de 40% de espiguetas deste tipo. Para número de grãos, também houve incremento no número de grãos com casca (1122) representando 14,3% do total (7820) de grãos, sendo que a presença de grãos nuda representou 85,7% do total.

O terço inferior manteve características similares às apresentadas no terço médio (Figura 14C). Para número de espiguetas foram avaliadas 1648 sendo que destas, 1209 (73,4%) foram espiguetas 100% nuda, 414 (25,1%) espiguetas mistas e 25 (1,5%) espiguetas contendo 100% de grãos com casca. Dos grãos analisados, 3189 (86,8%) foram sem casca e 483 com casca (13,2%) (TABELA 5). O surgimento de espiguetas 100% com casca tanto no terço médio quanto no terço inferior não foi observado no ano de 2010.

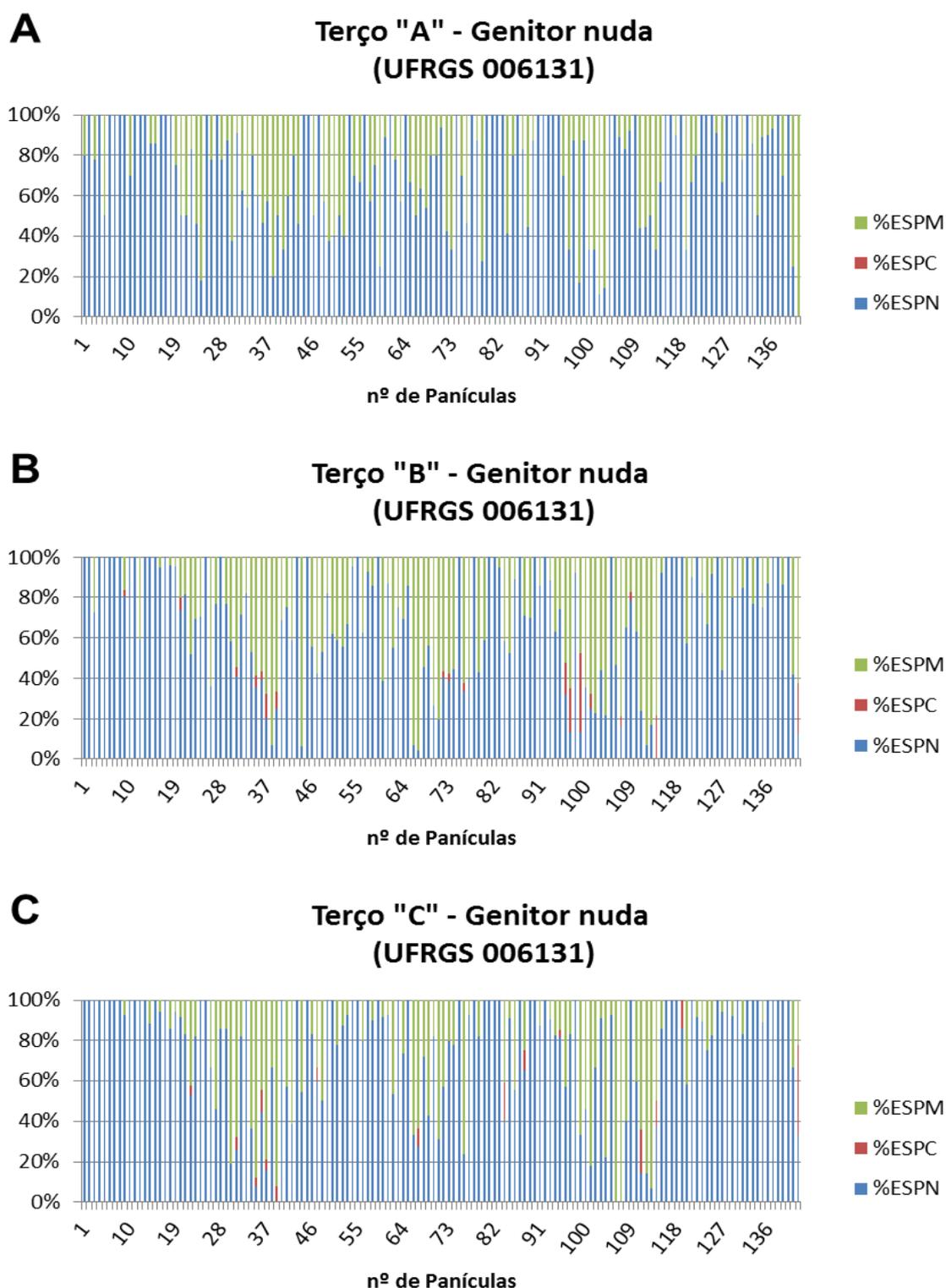


FIGURA 15. Distribuição dos tipos de espiguetas em cada terço das panículas pertencentes ao genitor nuda (UFRGS 006131). Terço "A" = Superior; Terço "B" = Médio; Terço "C" = Basal; ESM= Espiguetas mistas, contendo grãos com e sem casca; ESC= Espiguetas com grãos 100% com casca; ESN= Espiguetas com grãos 100% nuda. Eldorado do Sul-RS/2011

#### 4.4 Avaliação da geração F<sub>3</sub>

Para confirmar a hipótese genética obtida na geração F<sub>2</sub>, cada planta F<sub>2</sub> deu origem a uma progênie na geração F<sub>3</sub> plantada a campo em 2011. A panícula principal de cada planta dentro da mesma progênie foi marcada e colhida individualmente e uma amostra delas foi realizada a mesma avaliação das espiguetas conforme a geração F<sub>2</sub>. Das 25 plantas classificadas na Classe I todas tiveram plantas avaliadas conforme a Tabela 6. Na geração F<sub>2</sub> na Classe I foram assinalados os genótipos N<sub>1</sub>N<sub>1</sub>N<sub>2</sub>N<sub>2</sub> e N<sub>1</sub>N<sub>1</sub>N<sub>2</sub>n<sub>2</sub> e era esperado que um terço das progênies não segregasse para o caráter nuda, enquanto dois terços deveriam segregar.

TABELA 6. Número das Progênes F<sub>3</sub> derivadas de plantas F<sub>2</sub> da Classe I, e número de panículas obtidas para cada classe e classificação final de cada progênie. 2011.

Progênie	Classes						Classificação
	I	II	III	IV	V	VI	
1	3	1			1		S*
2	8	2					S
3	11						N
4	12	1	2				S
5	3	2					S
6	19	2					S
7	5	1	2				S
8	12						N
9	13	2					S
10	10	2					S
11	17						N
12	10				1		S
13	21			2	1		S
14	5						N
15	14						N
16	27						N
17	8	1			1		S
18	15						N
19	26						N
20	15						N
21	5						N
22	9						N
23	9						N
24	1	2		2			S
25	12						N

\*N e S = 100% Nuda e Segregando respectivamente;

Das 25 progênes avaliadas 13 tiveram panículas classificadas na classe I e não segregaram, enquanto 12 progênes apresentaram panículas em várias classes típicas da segregação do caráter. A segregação esperada era no genótipo  $N_1N_1N_2n_2$  e somente um quarto das panículas deveria apresentar espiguetas mistas (genótipo  $N_1N_1n_2n_2$ ) e os demais seriam 100% nuda. É provável que várias das progênes avaliadas como não segregantes sejam na verdade segregantes, porém em virtude de terem sido avaliadas poucas panículas, foram classificadas como 100% nudas. Para confirmar a hipótese

das frequências esperadas para geração F<sub>3</sub>, foi realizado o teste do Qui-quadrado (Correções de Yates) considerando somente as progênes que pertenciam a Classe I na geração F<sub>2</sub> (TABELA 7).

TABELA 7. Frequências observadas e esperadas na geração F<sub>3</sub>, considerando somente progênes provenientes de panículas de aveia pertencentes a Classe I na geração F<sub>2</sub>. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2011..

Fenótipo geração F <sub>2</sub>	Genótipo geração F <sub>2</sub>	Proporção Esperada F <sub>3</sub>	Total de Famílias F <sub>3</sub>	FO	FE	$\chi^2$	P
Nuda	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	1/3	25	13	8	<b>3,13</b>	<b>0,08</b>
	N <sub>1</sub> N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> n <sub>2</sub>	2/3		12	17		

FO= Frequência observada; FE= Frequência esperada;  $\chi^2$  = Qui-quadrado (Correção de Yates); P= Probabilidade.

Considerando somente as 25 famílias F<sub>3</sub> que pertenciam a Classe I na geração F<sub>2</sub>, o modelo genético proposto se adequou satisfatoriamente (P>0.05).

Uma amostra das progênes das classe II, III, IV e V foram também avaliadas quanto a segregação ou não para o caráter nuda (TABELA 7). Foram avaliadas 12 progênes da classe II, sendo que nove apresentaram ampla segregação, três não segregaram sendo duas 100% nuda e uma 100% com casca. Na classe III foram avaliadas 11 progênes e todas segregaram para o caráter. Na classe IV foram avaliadas nove progênes, sendo que oito segregaram e uma foi 100% nuda. Na classe V foram avaliadas nove progênes e todas segregaram. Nas classes II a V foram assinalados os genótipos N<sub>1</sub>N<sub>1</sub>n<sub>2</sub>n<sub>2</sub>, N<sub>1</sub>n<sub>1</sub>N<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, N<sub>1</sub>n<sub>1</sub>N<sub>2</sub>n<sub>2</sub> e N<sub>1</sub>n<sub>1</sub>n<sub>2</sub>n<sub>2</sub> e, portanto era esperado que todas as progênes segregassem para o caráter. Das 41 progênes avaliadas somente quatro apresentaram-se fora do padrão esperado (TABELA 8). Esses dados estão consistentes com o esperado pela hipótese sugerida na geração

F<sub>2</sub> e, portanto, a hipótese de dois genes maiores foi confirmada pela progênes F<sub>3</sub>.

TABELA 8. Número da progênie F<sub>3</sub> e número de panículas obtidas para cada classe e classificação final de cada progênie. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2011.

Progênie	I	II	III	IV	V	VI	Classificação
II-1	1	3	1				S*
II-2	2	3					S
II-3	0	2	1		1	1	S
II-4	5						N
II-5	4	1					S
II-6	5						N
II-7	1	4					S
II-8	2	3					S
II-9	2	3					S
II-10	3	2					S
II-11		1	1	1	2		S
II-12						5	C
III-1	3	1			1		S
III-2	2		3				S
III-3	1	1			2	1	S
III-4	3	2					S
III-5		5					S
III-6	1	1	2		1		S
III-7					2	3	S
III-8	3	2					S
III-9	1	2	1		1		S
III-10	1	0	1		1	2	S
III-11		2			1	2	S
IV-1	4	1					S
IV-2		2		1	1	1	S
IV-3	4	1					S
IV-4	1	4					S
IV-5	1	3	1				S
IV-6	3	1	1				S
IV-7	5						N
IV-8	1	5	3	3	5	1	S
IV-9		2		3			S
V-1				2	3		S
V-2	2	1			2		S
V-3	1	1			1	2	S
V-4		1			2	2	S
V-5			1		4		S
V-6			2	1	2		S
V-7		1			4		S
V-8	1				3	1	S
V-9					5		S

\*N, S e C= 100% nuda, Segrega, 100% com casca;

## 5 DISCUSSÃO

A casca que envolve os grãos de aveia muitas vezes é indesejável por possuir baixo valor nutricional e também por dificultar o processamento dos grãos na indústria, causando gasto de energia e tempo, além de aumentar o custo do transporte. A quantidade de casca nos grãos retirada no processamento depende do genótipo e ambiente de cultivo, mas varia de 25 a 30% (Webster, 1996). Portanto, o desenvolvimento de variedades de aveia com grãos sem casca aderida representa um nicho de mercado a ser explorado, uma vez que não existe no mercado brasileiro variedade com essa característica. Entretanto, são escassos e antigos os trabalhos sobre a herança do caráter nuda.

No Programa de Melhoramento da UFRGS, existem algumas linhagens com expressão quase completa do caráter nuda. A linhagem UFRGS 006131 que possui esta característica, foi utilizada no cruzamento que deu origem à população que foi estudada. No entanto, a expressão de grãos nuda para este genitor não foi completa em nenhum dos dois anos de avaliação (Figura 7A, B e C/TABELA 2 e Figura 15/TABELA 5), sendo que o ano mais crítico para expressão de grãos nuda ocorreu em 2011, onde houve o surgimento de espiguetas com 100% de grãos com casca (Figura 15 e TABELA 5). Além disto, foi observado que a presença de espiguetas mistas e/ou 100% casca

aumentava nos terços médio e basal (Figura 4). Esta segregação não era esperada, uma vez que o genótipo é homozigoto estável para o caráter nuda. Contudo, segundo Valentine (1995), a aveia nuda geralmente contém 1 a 5% de casca. Os dados encontrados no presente estudo corroboram com os encontrados por Brenner (2007), que também ao analisar cada terço separadamente, concluiu que a menor expressão do caráter nuda ocorre predominantemente em ramificações de segunda e terceira ordem, localizadas na base das panículas. Essas ramificações são as que formam espiguetas por último e possuem menor potencial de desenvolvimento de grãos, quando comparadas às espiguetas no restante da panícula (Rajala & Peltonen-Sainio, 2004).

Em estudo realizado por Brenner (2007), a ocorrência de grãos com casca no genitor nuda também ocorreu, porém somente no segundo ano de avaliação, e esta expressão incompleta, segundo o mesmo autor, ocorreu, possivelmente, devido às baixas temperaturas que ocorreram durante o período de lignificação da lema no segundo ano de experimento. Lawes & Boland (1974) relataram que ao analisar um experimento de campo com 89 genótipos diferentes cultivados, somente dez produziram 100% de grãos sem casca, 79 genótipos apresentaram mais de 95% de grãos nuda, porém alguns genótipos apresentaram baixa expressão desse caráter.

A expressão incompleta do(s) gene(s) para o caráter nuda, mesmo em genótipos homozigotos, dificulta a análise genética e sua interpretação. A presença de grãos com casca nos genótipos com caráter nuda tem sido documentada na literatura e pode ser devido a diferentes fatores como variações na temperatura, luz, nutrientes, solo (Lawes & Boland, 1974),

variação residual do genótipo, erros de análise e mistura de sementes. Entretanto, neste trabalho as panículas foram avaliadas e trilhadas individualmente, afastando os erros de leitura e mistura de sementes. Contudo, em 2011 as avaliações não foram realizadas somente por uma pessoa em virtude do número de panículas a serem analisadas e, também, devido ao tempo de avaliação necessário para cada panícula que era em torno de 30 minutos. Neste sentido, é possível que tenha ocorrido diferenças quanto à avaliação realizada em 2010 (por uma pessoa) e 2011 (por várias pessoas), o que foi confirmado nas análises realizadas para o tipo de espiguetas (multiflora e não multiflora) realizados em 2011, as quais não foram utilizadas no presente estudo devido à falta de confiabilidade dos dados. A avaliação para esta característica é mais difícil e requer prática, pois podem ocorrer erros de classificação principalmente quando a espiguetas for do tipo multiflora com poucas flores (Figura 4B) que pode ser confundida com a espiguetas não multiflora (Figura 4C).

Outro problema que pode atrapalhar a análise genética é a menor germinação dos grãos sem casca, que pode eliminar alguns genótipos mais presentes nesse tipo de grãos. Embora, trabalho realizado por Brenner (2007) revele que não ocorreu diferenças nas proporções genéticas, obtidas nas progênies, quando os grãos com casca foram analisados separadamente dos grãos com o caráter nuda. Além disto, outro fator que pode ter influenciado é a fecundação cruzada. Segundo Allard (1999), em plantas autógamas a taxa de fecundação cruzada é menor que 5%. Mesmo que seja considerada baixa, pode ter ocasionado cruzamento dos genitores nuda com algum genótipo com casca, gerando algumas espiguetas 100% de grãos com casca, como foi

observado no ano de 2011, onde foi notado o surgimento de espiguetas 100% com grãos com casca no terço médio (1,6%) e basal (1,5%) (TABELA 5).

Ao considerar cada terço das panículas separadamente, foi possível descrever a distribuição dos grãos nuda. E desta forma, o estudo baseado na distribuição de espiguetas nas panículas permitiu identificar a posição que mais apresenta a expressão do gene para o caráter nuda.

A Classe I tem as panículas que mais se aproximavam das características do genitor nuda (FIGURA 8), já, a Classe VI (Figura 13) tem panículas similares ao genitor com casca, e as demais Classes (II a V) possuem uma grande segregação e o maior número de espiguetas 100% nuda ocorre predominantemente no terço superior (TABELA 3). Além disto, espiguetas com grãos 100% nuda nos terços médio e basal ocorreram somente nas Classes I, II e III (TABELA 3).

O modelo genético proposto no presente estudo foi de dois genes (TABELA 4). No entanto, a maioria dos estudos pioneiros sobre a herança do caráter nuda em aveia indicaram que esta característica é condicionada por um único gene com dominância parcial (Caporn, 1918; Jensen 1961). No entanto Hoekstra *et al.* (2003) ao reexaminar a herança do caráter nuda previamente estudada por outros pesquisadores, concluiu que os índices fenotípicos estudados (nuda:mosaico:casca) não se encaixam de forma consistente para o modelo de um único loco governando o caráter nuda.

Os estudos baseados na proporção de grãos sem casca versus com casca apresentam uma grande variação de métodos e de resultados. Quanto aos métodos utilizados, alguns autores consideraram a presença de somente um grão nuda como sendo panícula nuda (Cabral *et al.* 2000), outros

consideraram que quando o grão apresentava casca levemente aderida a cariopse esse era classificado como grão com casca (Hoekstra *et al.*, 2003), outros trilhavam a panícula toda e realizam a contagem e determinam a proporção de grãos nuda para grãos com casca (Jenkins & Hanson, 1976), e ainda outro separou a panícula em três terços porém considerou somente os dois terços superiores para propor o modelo genético (Brenner, 2007). Assim, é possível que a escolha do método de análise e a fonte de germoplasma tenham influenciado a análise genética do caráter e tenha resultado nos diferentes modelos genéticos propostos para explicar a herança do caráter nuda em aveia.

No teste de progênie na geração  $F_3$ , para confirmar o modelo proposto, de dois genes, era esperado um terço das famílias provenientes da Classe I com característica 100% nuda, e dois terços deveriam segregar. Embora tenha sido aceita a hipótese (TABELA 7), os valores observados nas progênies foram um pouco distantes do esperado. No entanto, a menor frequência de famílias segregantes nessa classe pode estar associada ao pequeno tamanho de população utilizado nas progênies. A expectativa era que nas progênies do genótipo segregante ( $N_1N_1N_2n_2$ ) somente  $\frac{1}{4}$  (25%) ( $N_1N_1n_2n_2$ ) apresentassem espiguetas diferentes das 100% nuda. Para cada planta  $F_2$  seriam necessárias onze progênies para que todos os genótipos tivessem a chance de serem representados com a probabilidade de erro de 5%. No entanto, não foi possível obter esse número de plantas devido à baixa germinação das sementes e também ao número de sementes semeadas em algumas linhas, assim, várias das progênies  $F_3$  classificadas como nuda (Classe I), poderiam ser na verdade famílias segregantes (Classes II, III, IV e V).

Para obter um estande de plantas de aveia nuda semelhante ao estande de aveia com casca, seria necessário semear 10% a mais de sementes nuda devido ao seu baixo vigor (Peltonen-Sainio, 1994). Nas condições brasileiras normalmente se utiliza o dobro de sementes necessárias para obter um bom estande em parcelas de genótipo com caráter nuda, o que não foi possível neste trabalho. Considerando somente as 25 famílias pertencentes à Classe I, foi possível confirmar a hipótese obtida na geração  $F_2$ , dois genes governando o caráter nuda (TABELA 7).

Para as progênies pertencentes às classes II, III, IV e V, esperar-se-ia que todas as famílias  $F_3$  segregassem para o caráter nuda, no entanto, quatro famílias evidenciaram comportamento fora do padrão (TABELA 8). Este fato pode estar associado ao número de panículas avaliadas e/ou classificação errônea das panículas na geração  $F_2$ . O mesmo ocorreu em trabalhos realizados por Gaines (1917)<sup>1</sup> e Love & McRostie (1919)<sup>2</sup>, apud Jensen (1961), que também evidenciaram comportamento fora do padrão na geração  $F_3$ , afirmando assim que as panículas da geração  $F_2$  haviam sido classificadas erradas, ou seja, que grãos com casca poderiam ter sido descascados durante a trilha ou que outros fatores afetavam a expressão de grãos nuda. Entretanto, apesar do número pequeno de panículas avaliadas neste estudo, os dados da geração  $F_3$  mostram uma boa concordância com a hipótese proposta na geração  $F_2$ .

---

<sup>1</sup> GAINES, E.F. 1917. Inheritance in wheat, barley and oat hybrids. **Agric. Stn. Bull.** Washington, p.47-61, 1917.

<sup>2</sup> LOVE, H.H., AND G.P. MCROSTIE. The inheritance of hull-lessness in oat hybrids. **American Naturalist**. Chicago, p.5-32, 1919.

Considerando o modelo genético proposto, de dois genes, seria esperada a existência de genótipos nuda completamente estáveis para o caráter grãos sem casca (nuda), visto que a seleção de genótipos  $N_1N_1N_2N_2$  nos programas de melhoramento não seria complicada. De acordo com Ougham *et al.*, (1996), o alelo  $N_1$  tem um efeito na deposição de lignina no desenvolvimento das espiguetas. Este fenômeno pode ser responsável pela diferença no padrão de lignificação em espécies nudas. Sendo assim, o entendimento do papel do loco  $N_1$  na deposição de lignina pode levar a estratégias de melhoramento para superar a expressão incompleta do caráter nuda em panículas de aveia branca.

A presença de grãos com casca em genótipos homocigotos ( $N_1N_1N_2N_2$ ) também pode estar associada à penetrância incompleta e expressividade variável dos genes, ou seja, o genótipo possui o gene que evidencia característica nuda, no entanto a frequência de expressão do fenótipo é inferior a 100%, como foi observado no genótipo parental nuda. Segundo Ramalho *et al.* (2004), a alteração nas segregações esperadas pode ser atribuída a diferenças na penetrância e expressividade dos genes, em consequência do efeito ambiental.

Penetrância incompleta e expressividade variável dificulta a análise, pois pode, num primeiro momento, parecer se tratar de caracteres com controle genético mais complexo, quando na verdade, trata-se de um caráter em que um alelo apresenta expressões variadas. Por isto, não é descartada a possibilidade do caráter nuda possuir herança monogênica. A qual, o gene pode estar associado a algum fator fisiológico da planta, ou associado a outros genes responsáveis pela deposição de lignina nos grãos. Genes modificadores

podem interromper a transcrição e com isso desligar o gene responsável por formar grãos sem casca ( $N_1$ ) interrompendo a expressão gênica. Esta pode ser uma das hipóteses que explica a expressão do caráter nuda ser diferente nos três terços das panículas observadas (superior, médio e basal) bem como o surgimento de grãos com e sem casca na mesma espiguetas.

Outro fator a ressaltar é que as espiguetas quando são do tipo multiflora apresentam grãos nuda, e quando não multifloras apresentam grãos com casca. Além disto, foi observado que a expressão de grãos nuda bem como de espiguetas multiflora diminui nos terços médio e basal da panícula. Por isso, para os programas de melhoramento seria interessante realizar seleção de panículas que apresentam presença de espiguetas multiflora no terço basal, pois isto seria um indicativo de que a panícula provavelmente pertenceria a Classe I (100% nuda) (TABELA 3). Por se tratar de uma característica qualitativa, ou seja, governada por poucos genes e com classes fenotípicas de fácil distinção, a seleção com base no tipo e localização da espiguetas permite que seja realizada nas gerações iniciais, ou seja, a partir da geração  $F_2$ .

O principal objetivo da seleção precoce é eliminar progênies ou populações pouco promissoras, que seguramente não terão potencial genético para dar origem a linhagens superiores para o caráter em estudo (Fehr, 1987). Entretanto, se o estudo tivesse sido realizado considerando somente a proporção de grãos nuda para grãos com casca, estas observações não teriam sido realizadas e maior seria a dificuldade de obter linhagens homozigotas para característica nuda. A seleção de panículas das classes III, IV e V (segregantes) nas gerações segregantes será ineficiente, pois as mesmas nunca formam genótipo  $N_1N_1N_2N_2$  (100% nuda).

O desenvolvimento de trabalhos direcionados a compreensão dos mecanismos genéticos envolvidos no controle do caráter nuda em panículas de aveia é de grande relevância científica, genética e para os programas de melhoramento. Assim, as principais sugestões de continuidade dos estudos envolvidos nesta linha de pesquisa são: A) avaliação da expressão de grãos nuda em outras populações segregantes de aveia branca, oriundas de cruzamentos entre genótipos parentais com e sem a presença de grãos nuda. B) identificação de marcadores moleculares nas populações segregantes que estejam ligados ou próximos ao gene  $N_1$  utilizando marcadores já identificados em aveia nuda ou marcadores que flanqueiam sequências homólogas em outras espécies de gramíneas. C) analisar a expressão do caráter nuda utilizando os genótipos parentais sob diferentes condições de temperatura e épocas de semeadura.

A compreensão deste conjunto de estudos poderá permitir, que no futuro, a expressão incompleta de grãos nuda em panículas de aveia não seja um fator limitante nos programas de melhoramento, bem como nas indústrias alimentícias, permitindo o lançamento de variedades de aveia branca 100% nuda.

## 6 CONCLUSÕES

- 1) O caráter nuda em panículas de aveia é controlado por dois genes, sendo o loco  $N_1$  de grande efeito e necessário para a presença do caráter nuda e mais outro loco  $N_2$  modificador. Na ausência dos alelos  $N_1$ , os grãos de aveia formam casca.
- 2) A expressão do caráter nuda é incompleta e influenciada pelo ambiente.
- 3) A menor expressão do caráter nuda nas panículas ocorre predominantemente nos terços médio e basal.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2009. 254 p.

ALVES, L. L. et al. Composição bromatológica de linhagens de *Avena nuda*. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM AVEIA, 15., 2005, Ponta Grossa. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 2005. p. 265-266.

BARR, A. R.; PELHAM, S. D.; ZWER, P. K. Hulles oat – building a commercial future. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE & INTERNATIONAL BARLEY GENETICS SYMPOSIUM, 5., 1996, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: University Extension Press, 1996. p. 97-105.

BATALOVA, G. A. et al. Breeding of naked oats, **Russian agricultural sciences**, Moscow, v. 36, n. 2, p. 93-95, 2010.

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

BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M. R. **Agroclima da Estação Experimental Agronômica/UFRGS**. Porto Alegre: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, 1990. 60 p.

BERTAGNOLLI P. F.; FEDERIZZI L. C. Genética do tipo de panícula em aveia (*Avena sativa* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p.1237-1242, 1994.

BLAND, B. F. **Oats**. In: CROP production: cereals and legums. New York: Academic Press, 1971. p. 121-176.

BOERGER, A. **Investigaciones agronómicas, genética, fitotecnia rioplatense**. Montevideo: A. Barreiro y Ramos, 1943. 1043 p.

BOLAND, P.; LAWES, D. A. The inheritance of the naked grain character in oats studied in a cross between the naked variety Caesar and the husked variety bo 1/11. **Euphytica**, Dordrecht, v. 22, n. 3, p. 581-591, 1973.

BONNETT, O. T. The development of the oat panicle. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v. 54, n. 12, p. 927-931, 1937.

BONNETT, O. T. **The oat plant**: its histology and development. Illinois: Agric. Station, 1961. p. 112.

BOTHONA, C. A.; MILACH S. K. Relação entre qualidade física do grão em aveia e indicadores de rendimento industrial. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1998. p. 47 - 48.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 191 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.

BRENNER, E. **Genética da distribuição de grãos nuda em panículas de aveia hexaploide (*Avena sativa* L.)**. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BRINGELSSON S.; DIMBERG L. H.; KAMAL-ELDIN A. Effects of commercial processing on levels of antioxydants in oats (*Avena sativa* L.). **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 50, p. 1890 - 1896, 2002.

BROWN, C. M.; FORSBERG, R. A. Oat. In: FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. Madison: Crop Species, 1987. p. 760.

CABRAL, C. B. et al. Genetics of naked grain oats in crosses with Brazilian genotypes. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 4, p. 851-854, 2000.

CAPORN, A. S. The inheritance of tight and loose palea in *Avena nuda* crosses. **Journal of Genetics**, Bangalore, v. 7, n. 1, p. 229-246, 1918.

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

CAVE, N. A.; BURROWS, V. D. Evaluation of naked oat (*Avena nuda*) in the broiler chicken diet. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 73, n. 2, p. 393-399, 1993.

CHOO, T. M.; HO, K. M.; MARTIN, R. A. Genetic analysis of a hullless x covered cross of barley using doubled-haploid lines. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 4, p. 1021-1026, 2001.

CLAMOT, G. Étude de l'hérédité du caractère 'grain nu' chez l'avoine. **Bulletin Recherche Agronomiques Gembloux**, Gembloux, v. 4, p. 323-338, 1969.

CLAYTON W. D.; RENVOIZE S. A. **Genera graminum**: grasses of the world. London: Kew Publishing, 1986. p. 256-283.

COFFMAN, F. A.; QUISENBERRY, R. L. Multiflorous variation in burt oats. **Journal of Heredity**, Oxford, v. 14, p. 185-192, 1923.

DIMBERG, L. H.; THEANDER, O.; LINGNERT, H. Avenanthramides—a group of phenolic antioxidants in oats. **Cereal Chemistry**, Manhattan, v. 6, p. 637-641, 1993.

DOEHLERT, D. C.; JANNINK, J. L.; MCMULLENKERNEL, M. S. Size variation in naked oat. **Crop science**, Madison, v. 46, p. 1117-1123, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.

FAERON, A. M.; MAYNE, C. S.; CHARLTON, C. T. Effect of naked oats in the dairy cow's diet on the oxidative stability of the milk fat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 76, n. 4, p. 546-552, 1998.

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

FEDERIZZI, L. C.; ALMEIDA, J. Análise de alguns parâmetros de qualidade do grão de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Anais...** Londrina, 1998. p. 49 - 50.

FEDERIZZI, L. C. et al. Melhoramento de aveia. In: BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 141-166.

FEDERIZZI, L. C.; PACHECO, M. T. Programa de melhoramento genético de aveia da UFRGS: 35 anos de história. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM AVEIA, 29., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2009. p. 202-205.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 525 p.

FICAGNA, V. C. **Teores de proteína e fibra em detergente neutro e produção de matéria seca de duas cultivares de aveia submetidas a níveis de nitrogênio**. 2006. 34 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade de Marília, Marília, 2006.

FLIS, M. et al. Effect of husked and naked oat used in the diets supplemented with linseed oil on the growth performance of pigs, carcass and meat quality. **Archiv Tierzucht, Dummerstorf**, Balice, v. 50, p. 161-171, 2007. Special issue.

FLOSS, E. L. et al. **Desempenho e evolução do experimento em Entre Rios**. Guarapuava: Cooperativa Agrária Mista Entre Rios, 1989. p. 56.

GUTKOSKI, L. C.; PEDO, I. **Aveia: composição química, valor nutricional e processamento**. São Paulo: Livraria Varela, 2000. p.192.

GUTKOSKI, L. C. et al. Uso de farinhas mista de trigo e aveia em produtos de panificação: pão tipo forma, francês e pré-pizza. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 33-45, 1993.

HELEN, J.; OUGHAM, G. L.; VALENTINE, J. Morphological and biochemical characterization of spikelet development in naked oats (*Avena sativa*). **New Phytologist**, Lancaster, n. 134, p. 5-12, 1996.

HOEKSTRA, G. J.; BURROWS, V. D.; MATHER, D. E. Inheritance and expression of the naked-grained and fatuoid characters in oat. **Crop science**, Madison, v. 3, p. 57-62, 2003.

JENKINS, G.; HANSON, P. R. The genetics of naked oas (*Avena nuda* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 25, p. 167-174, 1976.

JENSEN, N. F. Genetics and inheritance in oats. **Agronomy**, Madison, v. 8, p. 125 - 206, 1966.

KIBITE, S. An isozyme marker linked to the N-1 gene governing nakedness in oat. **Oat Newsletter**, Aberdeen, v. 48, 2002. Disponível em: <<http://wheat.pw.usda.gov/ggppages/oatnewsletter/v48/>>. Acesso em: 01 fev. 2012.

KIBITE, S.; TAYLOR, J. S. Inheritance and linkage relationships of genes conditioning hulllessness, multiflorous spikelet' and giantism in oat (*Avena sativa* L.) **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 3, p. 497-500, 1994.

KIKUCHI, S. et al. Efficient fine mapping of the naked caryopsis gene (nud) by HEGS (High Efficiency Genome Scanning)/AFLP in barley. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, n. 108, p. 73-78, 2003.

KIRKKARI, A. M. Comparative economic analysis for production of naked vs. conventional oat. **Acta Agriculturae Scandinavica**, London, v. 58, n. 4, p. 305-313, 2008.

LAWES, D. A.; BOLAND, P. Effect of temperature on the expression of the naked grain character in oats. **Euphytica**, Dordrecht, v. 23, n. 1, p. 101-104, 1974.

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

LOCKHART, H. B.; HURT, H. D. Nutrition of oats. In: WEBSTER, F. H. **Oats: chemistry and technology**. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1986. p. 297-306.

LOPEZ-BOTE, C. J. et al. Lower lipid oxidation in the muscle of rabbits fed diets containing oats. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 70, p. 1 - 9, 1998.

LOSKUTOV, I. G. On evolutionary pathways of *Avena* species. **Genetic Resources Crop Evolution**, Dordrecht, v. 55, p. 211 - 220, 2008.

MACLEAN, J.; WEBSTER, A.B.; ANDERSON, D.M. Naked oats in grower and finisher diets for male chicken and female turkey broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 7, p. 135 -140, 1993.

MADEIRA, L. A. **Morfologia das fibras musculares esqueléticas de frango de corte criados nos sistemas confinado e semi-confinado**. 2005. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

MARSHALL, H. G.; SHANER, G. E. Genetics and inheritance in oat. In: MARSHALL, H. G.; SORRELS, M. E. (Ed.). **Oat science and technology**. Madison: Crop Science Society America, 1992. p. 756 - 775.

MOULE, C. Contribution l'étude de l'héredité du caractere 'grain nu' chez l'avoine cultivée. **Annales Amélioration Plantes**, Paris, v. 22, p. 335 - 361, 1972.

OUGHAM, H. J.; LATIPOVA, G.; VALENTINE, J. Morphological and biochemical characterization of spikelet development in naked oats (*Avena sativa*). **New Phytologist**, Lancaster, v. 134, p. 5 -12. 1996.

PELTONEN-SAINIO, P. Yield component differences between naked and conventional oat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p. 510 - 513, 1994.

PELTONEN-SAINIO, P.; KIRKKARI, A. M.; JAUHAINEN, L. Characterising strengths, weaknesses, opportunities and threats in producing naked oat as a novel crop for northern growing conditions. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v. 13, p. 212 - 228, 2004.

PETERSON, D. M. Oat - a multifunctional grain. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE, 7., 2004, Helsinki. **Proceedings...** Helsinki: MTT Agrifood Research Finland, 2004. p. 21-26.

RAJATA, A.; PALTONE-SAINIO, P. Intra-plant variation for progress of cell division in developing oat grains: a preliminary study. **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v. 13, p. 163-169, 2004.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. Lavras: UFLA, 2004. p. 472.

RIZZI, S. P. **Caracteres morfo-fisiológicos e produtividade de cultivares de aveia branca**. 2004. 86 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2004.

RODIONOVA, N. A.; SOLDATOV, V. N., MEREZHKO, V. E. YAROSH, N. P., KOBLYANSKY, V. D. Cultivated flora: oat. Moscow, 1994, v.2, p.3.

RUPOLLO, G. et al. Temperatura do ar na secagem estacionária e qualidade do grão de aveia no armazenamento. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: UPF, 2002. p. 542-545.

SIMONS, M. D.; MARTENS, J. W.; MCKENZEI, R. I. H. Oats: a standardized system of nomenclature for genes and chromosomes, and catalogo f genes governing characters. **Agriculture Handbook**, Washington, v. 509, p. 40, 1978.

STANTON, T. R. Naked oats. **Journal of Heredity**, Oxford, v, 14, n. 4, p. 177-183, 1923.

STEEL, R.G.D. and TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 631 p.

TAKETA, S. et al. High-resolution mapping of the nud locus controlling the naked caryopsis in barley. **Plant Breeding**, Berling, v. 125, n. 4, p. 337-341, 2006.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETTINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero *Avena*: suas implicações no melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 499-507, 1993.

THOMAS, C. Cytogenetics of avena. In: MARCHAL H.G.; SORRELS, M. E. (Co-ed.). **Oat science and technology**. Madison: Crop Science Society of America, 1992. p. 473-507.

THOMAS, H. Oats. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. (Ed.). **Evolution of crop plants**. 2nd ed. London: Longman Scientific & Technical, 1995. p. 132-136.

VALENTINE, J. Naked oats. In: WELCH R. W. (Ed.). **The oat crop**. London: Chapman & Hall, 1995. p. 504-527.

VALENTINE, J.; HALE, O. D. Investigations into reduced germination of seed of naked oats. **Plant Varieties and Seeds**, Hutton, n. 3, p. 21-30, 1990.

WEBSTER, F. H Oats. In: HENRY, R. J.; KETTLEWELL, P. S. (Ed.). **Cereal grain quality**. Atlanta: [S.n.], 1996. p. 179-203.

WOOD, P. J. Cereal B-glucans in diet and health. **Journal of Cereal Science**, London, v.46, p.230-238, 2007.

XING, Y.; WHITE, P. J. Identification and function of antioxidants from oat groats and hulls. **Journal American Oil Chemists` Society**, Champaign, v. 74, p. 303 - 307, 1997.

YOUNGS, V. L.; PETERSON, D. M.; BROWN, C. N. Oats. In: POMERANZ, Y. Advances in cereal science and technology. **American Association Cereal Chemistry**, Minnesota, v. 5, p. 49 -105, 1985.

ZARKADAS, C. G.; YU, Z.; BURROWS, V. D. Protein Quality of Three New Canadian-Developed Naked Oat Cultivars Using Amino Acid Compositional Data. **Journal Agricultural Food Chem**, Washington, v. 50, p. 1890 -1896, 1995.

ZHU, Q. H.; UPADHYAYA, N. M.; GUBLER, F.; HELLIWELL C. A. Over expression of mRI72 causes loss os spikelet determinacy and floral organ abnormalities in rice (*Oryza sativa*). **BioMed Central Plan Biology**, Canberra, v.9, p.149, 2009.

ZINN, J.; SURFACE, F. M. Studies on oat breeding-V: The F1 and F2 generations in a cross between a naked and a hulled oat. **Journal of Agricultural Research**, Lahore, v. 10, p. 293 - 312, 1917.