

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

**Progresso genético na seleção de genótipos de trigo
com base na expressão do caráter número de afilhos**

Igor Pirez Valério

Pelotas, 2008

Igor Pirez Valério
Engenheiro Agrônomo (UFPel)

**Progresso genético na seleção de genótipos de trigo com
base na expressão do caráter número de afilhos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientador: Fernando Irajá Félix de Carvalho, Ph.D. – FAEM/UFPel

Co-orientador: Antonio Costa de Oliveira, Ph.D. – FAEM/UFPel

Co-orientador: Giovani Benin, Dr. – UTFPR

Pelotas, 2008

Dados de catalogação na fonte:

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

V164p Valério, Igor Pirez

Progresso genético na seleção de genótipos de trigo com base na expressão do caráter número de afilhos / Igor Pirez Valério. - Pelotas, 2008.

118f. : il.

Tese (Doutorado em Fitomelhoramento) –Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2008, Fernando Irajá Félix de Carvalho, Orientador; co-orientadores Antonio Costa de Oliveira e Giovani Benin.

1. Triticum aestivum L. 2. Densidade de semeadura 3. Potencial de afilhamento 4. Gerações segregantes 5. Massa de grãos 6. Massa de espiga 7. Número de grãos I Carvalho, Fernando Irajá Félix de (orientador) II .Título.

CDD 633.11

Banca Examinadora:

Fernando Irajá Felix de Carvalho, Ph.D. - UFPel – (Presidente)

Antonio Costa de Oliveira, Ph.D. - UFPel

Ariano Martins de Magalhães Júnior, Dr. - Embrapa Clima Temperado

Rosa Lia Barbieri, Dra. - Embrapa Clima Temperado

Volmir Sergio Marchioro, Dr. - COODETEC

A **Deus**, por ter me iluminado durante toda esta jornada.

A minha mãe **Célia Regina Magalhães Pirez**, por ter dedicado toda sua vida em esforços para o melhor de minha formação, com grande carinho e compreensão.

A meu pai **Roberto dos Santos Valério**, pelo carinho especial dedicado durante toda a minha criação.

A minha querida irmã **Paloma Pirez Valério**, por todo apoio, amizade e participação durante os momentos mais difíceis.

Dedico

Agradecimentos

Ao Professor Fernando Irajá Félix de Carvalho, por ter me dado uma oportunidade ímpar de crescer como pessoa e como profissional que sou hoje, com seus ensinamentos científicos e exemplo profissional, além de sua grande amizade e por creditar a mim toda a sua confiança.

Aos co-orientadores, Professores Antônio Costa de Oliveira e Giovani Benin, que com grande amizade, sempre tiveram participação importante no meu aprendizado, desde que comecei como bolsista de iniciação científica, junto ao setor de Fitomelhoramento.

As Professoras do Fitomelhoramento Rosa Lia Barbieri e Caroline Marques Castro, pela amizade e conhecimentos transmitidos que muito contribuíram para minha formação.

Aos amigos e ex-colegas do Fitomelhoramento Volmir Sergio Marchioro, Claudir Lorencetti, Eduardo Alano Vieira, Giovani Olegário, José Antonio Gonzáles da Silva, Irineu Hartwig, Ivandro Bertan e Velci Queiroz de Souza, por terem contribuído de alguma forma, na minha formação e realização deste trabalho.

Aos colegas e amigos Douglas A. M. Schmidt e Luciano Carlos da Maia pela amizade e conhecimentos compartilhados desde a iniciação científica.

Aos demais colegas estagiários, bolsistas de iniciação científica, mestrandos e doutorandos do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, pela amizade e valiosa contribuição nos trabalhos.

Aos funcionários do setor, e secretárias do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelo auxílio sempre presente, além da amizade.

As instituições de pesquisa representadas pela CAPES, CNPq e FAPERGS, pela viabilização financeira para implementação deste projeto.

À Universidade Federal de Pelotas, principalmente a querida Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, pela oportunidade de realização do curso.

Ao meu time de coração “Sport Club Internacional”, por todos os momentos felizes proporcionados, durante todo este período.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para que eu pudesse concretizar mais esta conquista.

Resumo

VALÉRIO, Igor Pirez. **Progresso genético na seleção de genótipos de trigo com base na expressão do caráter número de afilhos**. 2008. 118f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Diversas estratégias de seleção têm contribuído para o contínuo progresso da cultura do trigo nos programas de melhoramento. Por outro lado, o principal componente do rendimento (número de afilhos férteis), ainda revela severos questionamentos sobre o seu real aproveitamento em condições de lavoura. Neste sentido, por entender a fundamental importância deste assunto, foi buscado neste trabalho, primeiramente, relatar o estado da arte dos processos envolvidos na produção e desenvolvimento de afilhos, o que permitiu trazer, posteriormente, contribuições importantes para o desenvolvimento dos demais trabalhos em genótipos contrastantes para afilhamento e a resposta destes, em gerações segregantes, quando submetidos a cruzamentos artificiais. A densidade de semeadura revela a maior variação na produtividade da cultura, uma vez que está diretamente relacionada ao potencial do genótipo em produzir afilhos férteis, com efeito direto no número de espigas produzidas por unidade de área. Da mesma forma, o efeito do genótipo e do ambiente foram determinantes na densidade de semeadura obtida com o máximo rendimento de grãos, destacando a necessidade de implementar, para cada condição de cultivo e genótipo utilizado, uma densidade ideal. Genótipos com reduzido potencial de afilhamento revelam o maior efeito compensatório, porém, com aproveitamento somente em densidade superior a 400 sementes m⁻². Os genótipos com elevado potencial de afilhamento revelam o melhor comportamento para rendimento de grãos em reduzidas densidades, porém, evidenciam um longo ciclo de desenvolvimento, com senescência elevada de afilhos quando submetidos a elevadas densidades. O uso de genótipos contrastantes para o afilhamento, possibilitou encontrar em gerações segregantes, ampla variabilidade genética para o caráter e conseqüentemente para os componentes do rendimento. A seleção para elevado ou reduzido número de afilhos e a seleção em *bulk* são dependentes do sistema de manejo em que a população segregante for submetida. O melhor desempenho em rendimento de grãos é alcançado na seleção para reduzido número de afilhos, com média elevada para massa de grãos em competição.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., densidade de semeadura, potencial de afilhamento, gerações segregantes, massa de grãos, massa de espiga e número de grãos.

Abstract

VALÉRIO, Igor Pirez. **Genetic progress in the selection of wheat genotypes for tiller number**. 2008. 118f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Many selection strategies have contributed for the continuous progress in wheat breeding programs. On the other hand, the main yield component (number of fertile tillers), has still been underexploited. In this sense, in order to investigate this issue, this work was planned to report the state of the art processes involved in tiller production and development. This information was crucial to the design of the next experiments on genotypes contrasting for tiller number and their response in segregating generations, when subjected to artificial crosses. The seeding density influences greatly grain yield, since it is directly related to fertile tiller production potential, and has a direct effect on number of ears per unit area. Likewise, the genotype and environment effects were important for the adjustment of seeding density and maximum yield obtained. It is essential that the best seeding rate be found for a given genotype at a given location. Genotypes with reduced tillering potential, revealed a larger buffering effect. However, only at seeding density higher than 400 seeds m⁻². The genotypes with high tillering potential revealed the best grain production performance at low seeding density. However, these genotypes have a long developing cycle, with high tillering senescence rate when subjected to high seeding density. The use of genotypes contrasting for tillering ability enabled one to find in the segregating generations, wide genetic variability for tillering ability and consequently for the yield components. The selection for high or low number of tillers and the bulk selection vary their efficiency with the crop management system to which the segregating population is subjected. The best grain yield performance is achieved in the selection for low number of tillers, with high average grain weight under competition.

Keywords: *Triticum aestivum* L., seeding density, tillering potential, segregating generations, grain weight, ear weight and grain number.

Lista de figuras

CAPÍTULO 2. Efeito do ambiente e densidade de semeadura em genótipos de trigo contrastantes para o caráter afilhamento

- Figura 1** Curvas de número de afilhos férteis por metro linear (NAF) de genótipos de trigo (IPR 85, BRS FIGUEIRA, CD 108, BRS UMBU, CD 114, BRS 177, OCEPAR 11-JURITI, SAFIRA, FUNDACEP 29 e BR 18), da análise de regressão, testados em cinco ambientes, em diferentes densidades de semeadura. FAEM/UFPeI, 2008..... 66
- Figura 2** Curvas de rendimento de grãos (RG) de genótipos de trigo (IPR 85, BRS FIGUEIRA, CD 108, BRS UMBU, CD 114, BRS 177, OCEPAR 11-JURITI, SAFIRA e FUNDACEP 29 e BR 18), da análise de regressão, testados em cinco ambientes, em diferentes densidades de semeadura. FAEM/UFPeI, 2008..... 67
- Figura 3** Curvas de massa de espiga por planta (ME) e número de grãos por espiga (NGE) de genótipos de trigo (IPR 85, BRS FIGUEIRA, CD 108, BRS UMBU, CD 114, BRS 177, OCEPAR 11-JURITI, SAFIRA, FUNCADEP e BR 18), da análise de regressão, testados em cinco ambientes, em diferentes densidades de semeadura. FAEM/UFPeI, 2008..... 69

CAPÍTULO 3. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura

- Figura 1** Número de afilhos de genótipos de trigo, testados em diferentes

densidades de semeadura (D1 = 50, D2 = 200, D3 = 350, D4 = 500 e D5 = 650 sementes aptas por metro quadrado), em cinco épocas de avaliação. FAEM/UFPeI, 2008..... 84

Figura 2 Média da massa de grãos por espiga e número de grãos por espiga, dos genótipos de trigo IPR 85, BRS FIGUEIRA, CD 108, UMBU, CD 114, BRS 177, OCEPAR 11-JURITI, SAFIRA, FUNDACEP 29 e BR 18, testados em diferentes densidades de semeadura. FAEM/UFPeI, 2008..... 85

Lista de tabelas

CAPÍTULO 2. Efeito do ambiente e densidade de semeadura em genótipos de trigo contrastantes para o caráter afilhamento

- Tabela 1** Informações* de classificação do tipo de solo, latitude, longitude, altitude e o resumo da análise de solo nos cinco ambientes avaliados, destacando a adubação realizada nos distintos ambientes. FAEM/UFPeI, 2008..... 62
- Tabela 2** Informações de sistema e data de semeadura com os dados meteorológicos* nos cinco ambientes avaliados, destacando as médias de temperatura máxima e precipitação pluviométrica nos meses de desenvolvimento da cultura+. FAEM/UFPeI, 2008..... 62
- Tabela 3** Resumo da análise de variância do modelo parcela dividida para as fontes de variação ambiente, genótipo e densidades, avaliados quanto aos caracteres número de afilhos férteis por metro linear (NAF), rendimento de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), massa de espiga (ME) e número de grãos por espiga (NGE). FAEM/UFPeI, 2008..... 63
- Tabela 4** Resumo da análise de variância do modelo de regressão dez genótipos de trigo avaliados quanto aos caracteres número de afilhos férteis por metro linear (NAF), rendimento de grãos (RG) e massa de espiga (ME), em cinco densidades de semeadura (50, 200, 350, 500 e 650 sementes m⁻²), para cinco ambientes¹.

FAEM/UFPeI, 2008.....	64
-----------------------	----

Tabela 5	Resumo da análise de variância do modelo de regressão para cinco ambientes de avaliação, avaliados quanto ao caráter número de grãos por espiga (NGE) em cinco densidades de semeadura (50, 200, 350, 500 e 650 sementes m ⁻²). FAEM/UFPeI, 2008.....	65
-----------------	---	----

Tabela 6	Valores calculados de densidade de semeadura através das equações de regressão ajustadas para cada genótipo, referente ao ponto de máxima (PM) para os caracteres número de afilhos férteis (NAF) e rendimento de grãos (RG). FAEM/UFPeI, 2008.....	68
-----------------	---	----

Tabela 7	Comparação de médias* entre dez genótipos de trigo, sob cinco ambientes de avaliação e entre os ambientes avaliados, para massa de mil grãos (MMG). FAEM/UFPeI, 2008.....	69
-----------------	---	----

CAPÍTULO 3. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura

Tabela 1	Resumo da análise de variância do modelo parcela dividida para as fontes de variação densidade, e época de avaliação, para o caráter número de afilhos (NA) e para as fontes de variação densidade e genótipo, para os caracteres massa de grãos por espiga (MGE) e número de grãos por espiga (NGE). FAEM/UFPeI, 2008.....	83
-----------------	---	----

Tabela 2	Resultados oriundos de valores calculados por equações de regressão e médias de caracteres, de genótipos de trigo em diferentes densidades ⁽¹⁾ . FAEM/UFPeI, 2008.....	86
-----------------	---	----

CAPÍTULO 4. Seleção efetiva para o caráter número de afilhos em

populações segregantes de trigo

Tabela 1	Resumo da análise de variância da geração F_2 conduzida em dois anos de avaliação, médias e coeficiente de variação na análise de quinze cruzamentos. FAEM/UFPeI, 2008.....	105
Tabela 2	Resumo da análise de variância da geração F_3 conduzida em planta espaçada, com três estratégias de seleção, na análise de quinze cruzamentos. FAEM/UFPeI, 2008.....	105
Tabela 3	Resumo da análise de variância da geração F_3 conduzida em linha cheia, com três estratégias de seleção, na análise de quinze cruzamentos. FAEM/UFPeI, 2008.....	105
Tabela 4	Resumo da análise de ganho genético predito em 2 anos de avaliação para o caráter número de afilhos, em três critérios de seleção ⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeI, 2008...	106
Tabela 5	Resumo da análise de ganho genético predito em 2 anos de avaliação para o caráter massa de grãos, em três critérios de seleção ⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeI, 2008...	107
Tabela 6	Resumo da análise de ganho genético predito em 2 anos de avaliação para o caráter produção de grãos, em três critérios de seleção ⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeI, 2008...	108
Tabela 7	Médias estimadas em 2 anos de avaliação e média original da geração F_3 para o caráter número de afilhos férteis, em três critérios de seleção ⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeI, 2008.....	109
Tabela 8	Médias estimadas em 2 anos de avaliação e média original da geração F_3 para o caráter massa de grãos, em três critérios de seleção ⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeI, 2008...	110

Tabela 9	Médias estimadas em 2 anos de avaliação e média original da geração F_3 para o caráter produção de grãos, em três critérios de seleção ⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeI, 2008.....	111
Tabela 10	Médias observadas da geração F_3 conduzida em linha cheia para os caracteres número de afilhos férteis, massa de grãos e rendimento de grãos, em três critérios de seleção ⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeI, 2008.....	112
Tabela 11	Coeficientes de correlação de <i>Spearman</i> entre planta espaçada e linha cheia de F_3 para os caracteres número de afilhos férteis, massa de grãos e produção de grãos (rendimento de grãos), em três critérios de seleção ⁽⁻⁾ . FAEM/UFPeI, 2008.....	112

Sumário

Resumo	6
Abstract	7
Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas	10
Sumário	14
1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. FATORES RELACIONADOS À PRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE AFILHOS EM TRIGO.....	21
2.1. Resumo	22
2.2. Palavras-chave	22
2.3. Abstract	22
2.4. Keywords	23
2.5. Introdução	23
2.6. Fatores genéticos envolvidos na expressão do caráter afilhamento..	26
2.7. Efeito hormonal.....	28
2.8. Fatores de ambiente.....	29
2.9. Conclusões	35

2.10. Referências Bibliográficas	35
--	----

3. EFEITO DO AMBIENTE E DENSIDADE DE SEMEADURA EM GENÓTIPOS DE TRIGO CONTRASTANTES PARA O CARÁTER AFILHAMENTO..... 43

3.1. Resumo	44
3.2. Palavras-chave	44
3.3. Abstract	45
3.4. Keywords	45
3.5. Introdução	45
3.6. Material e Métodos	47
3.7. Resultados e Discussão	49
3.8. Conclusões	56
3.9. Referências Bibliográficas	57

4. DESENVOLVIMENTO DE AFILHOS E COMPONENTES DO RENDIMENTO EM GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA..... 70

4.1. Resumo	71
4.2. Termos para indexação.....	71
4.3. Abstract	71
4.4. Index Terms.....	72
4.5. Introdução	72
4.6. Material e Métodos	74
4.7. Resultados e Discussão	76
4.8. Conclusões	80
4.9. Referências Bibliográficas	81

5. SELEÇÃO EFETIVA PARA O CARÁTER NÚMERO DE AFILHOS EM POPULAÇÕES SEGREGANTES DE TRIGO.....	87
5.1. Resumo	88
5.2. Palavras chave	88
5.3. Abstract	89
5.4. Keywords	89
5.5. Introdução	89
5.6. Material e Métodos	91
5.7. Resultados e Discussão	94
5.8. Conclusões	101
5.9. Referências Bibliográficas	101
 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	 113
 7. REFERÊNCIAS	 116
 8. VITA	 118

1. INTRODUÇÃO GERAL

O trigo cultivado comercialmente (*Triticum aestivum* L.) é uma planta de grande dispersão geográfica e cultivada sob as mais variadas condições de ambiente. Pertence à família Poaceae, tribo Triticeae (Hordeae), sub-tribo Triticinae, gênero *Triticum*. A sua sub-tribo compreende quinze espécies, reunidas em três grupos, denominados em função do seu número de cromossomos, sendo $n = 7$, a série diplóide constituída por 14 cromossomos, tetraplóide por 28 cromossomos e hexaplóide por 42 cromossomos (MORAES FERNANDES, 1999).

Em geral, as espécies atuais sofreram profundas modificações durante o seu período de pós-domesticação, aumentando a distância entre as constituições genéticas atuais e seus ancestrais, como o trigo hexaplóide, que foi desenvolvido a partir da hibridação natural de *Aegilops squarrosa* L. (DD, diplóide) com *Triticum turgidum* L. (AABB, tetraplóide). A espécie *Triticum aestivum* está entre as espécies vegetais de maior importância para a alimentação humana. A composição única de suas proteínas de reserva, que permitem a obtenção de vários produtos por meio do processo de panificação, faz do trigo um cereal mundialmente consumido (JOSHI et al., 2007). O trigo é uma espécie de estação fria, e sua produção mundial é superior a 600 milhões de toneladas por ano, sendo a segunda maior produção de grãos a nível mundial (USDA, 2007). O Brasil concentra sua produção na região Sul do país, a qual é responsável por mais de 90% da produção nacional, que em média é de quatro milhões de toneladas (CONAB, 2007). Este montante representa menos de 50% do consumo interno do cereal, fazendo com que o Brasil seja um dos principais países importadores de trigo no mundo.

Uma maior competitividade na triticultura nacional é de fundamental importância para o Brasil atingir a auto-suficiência em produção (BACALTCHUK, 1999). Para isto, é necessário incrementar o potencial genético de rendimento de

grãos em condições de lavoura, ambiente em que as cultivares consigam interagir de forma benéfica com diferentes situações de ambiente e de manejo, que seja traduzido em maiores produtividades. O estabelecimento de estratégias que visem o aumento da produtividade das espécies anuais passa pelo maior aproveitamento da área ou das condições de campo em que são submetidas, sendo os caracteres quantitativos utilizados com maior ênfase para o alcance deste objetivo.

As bases genéticas de caracteres quantitativos, tal como o rendimento de grãos, revelam maior dificuldade por ter sua expressão associada a um grande número de genes de pequeno efeito, e por consequência uma maior dificuldade na seleção direta, pela interação dos diferentes componentes do rendimento e o forte efeito do ambiente. Para tanto, diferentes estratégias e técnicas são utilizadas pelos melhoristas, os quais apontam a seleção indireta por meio de caracteres relacionados ao rendimento um critério com maior eficiência e efetividade no alcance do ganho genético. Isto pode ser traduzido na cultura do trigo, com a seleção de tamanho do grão, número de grãos e massa de espiga (MC NEAL et al., 1978; FERREIRA FILHO e CARVALHO, 1986; SAADALLA, 1994). Outra estratégia que pode contribuir efetivamente para a obtenção de elevadas produtividades é o incremento do número de afilhos por planta, sendo este caráter identificado como o principal componente do rendimento de grãos em cereais (PETR e FREY, 1966; HARTWIG et al., 2007).

Na literatura, é possível encontrar divergência de escolha do melhor biótipo de planta para o caráter número de afilhos, visto que genótipos com menor potencial de afilhamento revelam maior fertilidade de espiguetas e maior massa de grãos por espiga (SCHEEREN et al., 1995; MOTZO et al., 2004). Entretanto, estes genótipos, são dependentes do aumento da densidade para compensar o menor número de espigas por unidade de área (VALÉRIO et al., 2008). Por outro lado, a seleção de plantas com elevado número de afilhos tem sido amplamente empregada no melhoramento de plantas com intuito de maximizar o rendimento de grãos de diferentes constituições genéticas (PETR e FREY, 1966). Contudo, devido à forte correlação negativa entre afilhos emitidos e afilhos sobreviventes, o entendimento do rendimento de grãos através do aumento do número de afilhos tem sido dificultado (THIRY et al., 2002). O mesmo cenário ocorre quando a seleção é efetuada com base em plantas individuais, em virtude da reduzida correlação do afilhamento em

planta espaçada com a de linha cheia, resultando desta forma, numa expressão diferencial do caráter (BENIN et al., 2005).

Fica evidente, portanto, a necessidade de identificar estratégias eficientes de seleção indireta para incremento do rendimento de grãos, por meio do número de afilhos, seja com elevada ou reduzida expressão do caráter. Contudo, isto apenas se torna válido quando se tem condições reais de teste de progênie das constituições genéticas selecionadas, como o uso de diferentes sistemas de manejo (planta espaçada e linha cheia), em função do caráter ser altamente influenciado pela densidade de plantas. Conforme relatam OZTURK et al. (2006), o efeito da competição é determinante na produção de afilhos, com implicações diretas no rendimento de grãos e nos demais componentes. Desta forma, a identificação do número ideal de indivíduos por unidade de área pode determinar o máximo rendimento de grãos, sem o risco de ter excesso ou falta de plantas, o que dificultaria o rendimento de grãos (MUNDSTOCK, 1999).

A variabilidade dos genótipos de trigo para o caráter número de afilhos pode favorecer a identificação de constituições genéticas com a maior relação de afilhos sobreviventes com o rendimento de grãos, com efeito direto no aumento do rendimento em planta espaçada e densidade comercial. Desta forma, a possibilidade de utilizar em blocos de cruzamentos, genótipos com diferente potencial de afilhamento determina, em gerações segregantes, a maior amplitude de classes de seleção, além de oportunizar diferentes estratégias de seleção para o melhorista, visto que as alterações provocadas com os demais caracteres são determinadas pelo maior número de locos segregantes entre os caracteres (CARVALHO et al., 2001). Partindo do princípio de que caracteres quantitativos possuem reduzida herdabilidade em virtude do grande número de genes que os controlam, o ganho obtido com a seleção está diretamente relacionado ao diferencial de seleção, ou seja, à diferença entre a média do grupo de indivíduos selecionados e a média da população original. Portanto, quanto mais heterogênea for uma população segregante, maiores serão as chances de ganho com a seleção, pois o ganho tem por base diferenças genéticas (CARVALHO et al., 2001).

Consequentemente, a possibilidade de prever o desempenho da progênie com elevada variabilidade para os caracteres a serem selecionados é de grande importância para os programas de melhoramento, o que permitiria aos melhoristas dar maior suporte científico naquelas combinações com maior potencial de

rendimento (SOUZA e SORRELS, 1991). Por outro lado, os efeitos da interação genótipo x ambiente, devem ser considerados na seleção e no ajuste de diferentes constituições genéticas, visto ter efeito direto no ganho de seleção em gerações segregantes (CARGNIN et al., 2006). Contudo, na presença de interação, há oportunidade de verificar a relação existente entre os componentes do rendimento, conforme as alterações provocadas com o meio de seleção, possibilitando identificar novas estratégias de seleção por meio dos componentes do rendimento em trigo.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram direcionados estudos visando verificar o estado da arte sobre os aspectos relacionados aos fatores que determinam os efeitos diretos e indiretos na produção de afilhos em trigo. Além disto, visa caracterizar genótipos com diferente potencial de afilhamento em diferentes condições experimentais, principalmente quanto à emissão e sobrevivência de afilhos. Por fim, a utilização destes genótipos em blocos de cruzamentos, tem o objetivo de verificar o ganho de seleção para diferentes estratégias envolvendo o caráter número de afilhos em trigo, utilizando gerações segregantes conduzidas em diferentes anos e sistema de manejo (planta espaçada e linha cheia).

Capítulo I

2. FATORES RELACIONADOS À PRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE AFILHOS EM TRIGO

(Revista Ciência Rural - ISSN: 0103-8478)

Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo

Factors related to tiller formation and development in wheat

- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

2.1 RESUMO

Os cultivares de trigo utilizam estratégias diferenciadas para a composição do rendimento de grãos. Entre elas se destaca-se os mecanismos compensatórios entre os componentes do rendimento de grãos: espigas por unidade de área, grãos por espiga e massa de grãos. A produção de grãos em trigo é representada, em grande parte, pela produção de afilhos, desde que as plantas estejam suficientemente espaçadas entre si e haja condições climáticas e de manejo adequadas para estimular um adequado afilhamento. Para isto, é necessário o entendimento dos diferentes fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos, desde o conhecimento das rotas sinalizantes e as respostas morfo-fisiológicas dos genótipos aos fatores de ambiente, principalmente da qualidade da luz, da fertilidade do solo e da disponibilidade hídrica. O ajuste correto desses fatores, conforme abordado nesta revisão, é de fundamental importância para a maximização da produtividade de grãos.

2.2 Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., afilhamento, densidade de semeadura, fatores de ambiente, controle genético e hormonal.

2.3 ABSTRACT

Wheat cultivars used different strategies for achieving grain yield. Among them, one can point out the compensatory mechanisms among the grain yield components: number of ears per unity of area, number of grains per ear and grain weight. Grain yield in wheat is mostly represented by tiller production,

providing that plants are adequately spaced from each other and that weather conditions are favorable to stimulate tillering. Thus, it is necessary to understand the different factors that are related to tiller production and development. The signalling pathways and the morphophysiological responses to environmental factors such as light quality, soil fertility and water availability are also important. The correct adjustment of these factors, as presented in this review, is essential for maximizing grain yield.

2.4 Key words: *Triticum aestivum* L., tillering, seeding density, environmental factors, genetic and hormone control.

2.5 INTRODUÇÃO

O trigo é um cereal básico para a civilização: seu cultivo segue paralelamente à história da humanidade e da modernidade. Sua participação é de extrema importância para a sustentabilidade de pequenas e grandes propriedades da região Sul do Brasil, estando altamente integrado em esquemas de rotação e/ou sucessão com as culturas do soja e do milho, em semeadura direta.

Uma maior competitividade na triticultura nacional é de fundamental importância para o Brasil atingir a auto-suficiência na produção (BACALTCHUK, 1999). Para isto, é necessário incrementar o potencial de rendimento em condições de lavoura, onde os cultivares precisam interagir de forma benéfica com diferentes situações de ambiente e de manejo, ou seja, é necessário identificar cultivares que respondam a estímulos específicos de ambiente (SCHEEREN, 1999; BENIN et al., 2005a).

O estabelecimento de estratégias que visem o aumento da produtividade das culturas anuais passa pelo maior aproveitamento da área ou das condições de campo a que são submetidas. Muitas vezes resultados satisfatórios são atingidos por meio do incremento do número de grãos por unidade de área e pelo aumento do número de grãos por inflorescência. Outra estratégia que pode contribuir efetivamente para a obtenção de elevadas produtividades é o incremento do número de afilhos por planta, cuja

importância é caracterizada pela participação destes como parte dos componentes do rendimento das plantas e como prováveis supridores de assimilados ao colmo principal (MEROTTO JUNIOR, 1995).

Contudo, o uso do caráter número de afilhos é bastante questionado quanto ao seu melhor aproveitamento em diversas espécies, seja pela complexidade do controle genético e dos processos envolvidos na sua manifestação fenotípica como pela sua resposta diferencial às condições edafo-climáticas e sistemas de manejo (KURAPARTHY et al., 2007; OZTURK et al., 2006). A reduzida contribuição dos afilhos para a formação da produção final (planta individual) vem sendo considerada um dos motivos da baixa produtividade das lavouras de trigo no Brasil (ALMEIDA, 1998; MUNDSTOCK, 1999). Isto pode ser atribuído às condições de ambiente pouco favorável ao desenvolvimento dos afilhos e pelos reduzidos esforços do melhoramento na maximização da expressão do caráter e no entendimento do seu controle genético.

Neste sentido, a busca pelo maior conhecimento do caráter, através de estudos gênicos e suas interações com o ambiente, poderão auxiliar a elevar o número de afilhos férteis (afilhos sobreviventes), a um caráter referencial visando o incremento no rendimento de grãos, pelo fato deste modificar o índice de área fotossinteticamente ativa e a capacidade de demanda, pelo maior número de grãos e espigas e/ou panículas por unidade de área (ALVES, 1998). Desta forma, a seleção de plantas individuais com elevado número de afilhos tem sido amplamente empregada no melhoramento de plantas com intuito de maximizar o rendimento de grãos, principalmente na cultura da aveia (PETR & FREY, 1966; BENIN et al., 2003). Entretanto, não há consenso quanto à manutenção do caráter com a modificação do ambiente de planta espaçada para linha cheia (BENIN et al., 2005b), em virtude da reduzida correlação do número de afilhos em planta espaçada com a densidade de lavoura comercial (competição). Além disso, pode ser constatado que a capacidade de emissão de afilhos totais e afilhos férteis é variável entre os genótipos, conforme estudos com aveia (GALLI, 1996) e trigo (WOBETO, 1994), ou seja, ocorrem diferenças entre o número total de afilhos emitidos e nem todos produzem espigas e/ou panícula, sendo que muitos abortam (GALLAGHER & BISCOE, 1978), principalmente por fatores ambientais devido ao manejo (densidade de semeadura, profundidade de semeadura) ou clima (temperatura, radiação solar,

fotoperíodo). A interação entre estes fatores determina que um maior número de afilhos possa não se traduzir, diretamente, em um aumento linear no rendimento de grãos.

Devido à forte correlação negativa observada entre afilhos produtivos e número de grãos por espiga, e entre o número de afilhos emitidos e férteis, o aumento do rendimento de grãos através do incremento do número de afilhos tem sido dificultado nos trabalhos que envolvem o melhoramento de plantas (THIRY et al., 2002). Neste sentido, os estudos genéticos de inibição do afilhamento podem ser proveitosos em dois sentidos: primeiro, o controle no desenvolvimento da área foliar em consequência de ambientes com déficit hídrico, resultando em maior eficiência do uso da água disponível e, segundo, por reduzir a incidência de afilhos inférteis (RICHARDS, 1988), o que resulta em maior eficiência do uso da seleção de genótipo com reduzido afilhamento.

Não há concordância em trabalhos científicos no que diz respeito à escolha do melhor biótipo para o caráter número de afilhos. Genótipos identificados como unicolmo evidenciam um rápido desenvolvimento de folhas e maturação mais precoce que os de afilhamento convencional (DOFING & KARLSSON 1993). Além disto, pode ser observado que constituições genéticas de trigo com menor número de afilhos produzem maior fertilidade de espiguetas (MOTZO et al., 2004) e maior massa de grãos por planta (SCHEEREN et al., 1995). Estes benefícios podem ser inexpressivos em função das mesmas requererem elevada densidade de semeadura para expressarem elevado rendimento de grãos (DOFING & KNIGHT, 1994). O ideal seria um genótipo com um colmo principal e dois ou três afilhos, minimizando ao máximo a perda de afilhos produtivos ao longo do desenvolvimento da cultura, que é o principal fator que contribui para a queda na redução do rendimento de genótipos com elevado afilhamento (CAMMON & KLINCK, 1981).

A comparação de genótipos unicolmo de cevada com cultivares multicolmo mostrou que os primeiros foram mais precoces em 23 graus-dia e 10.9 cm mais baixos que os cultivares convencionais, com rendimento equivalente (DOFING & KARLSSON, 1993). Além disto, necessitaram 12 graus-dia menos para atingir a expansão total das folhas e apresentaram uma maior taxa de desenvolvimento foliar. Em regiões marginais, onde os produtores necessitam de cultivares de ciclo curto, isto poderá representar

uma série de vantagens na minimização de danos por geada, estresses hídricos, chuva na colheita e controle de moléstias foliares. Uma particularidade dos genótipos de alto afilhamento, como observado em cevada é o pequeno diâmetro do caule e tendência ao acamamento, enquanto genótipos unicolmo apresentam diâmetro maior e, portanto, demonstram menor probabilidade ao acamamento (SIMMON et al., 1982; DOFING & KARLSSON, 1993).

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos em trigo para elucidar as condições de ambiente que contribuem para variação no afilhamento (SPARKES et al. 2006; OZTURK et al., 2006), e para identificar as regiões genômicas e genes que controlam os diferentes padrões de afilhamento (SPIELMEYER & RICHARDS, 2004; DUGGAN et al., 2005; KURAPARTHY et al., 2007). Por outro lado, pouco tem sido feito para se conhecer as relações de variações de ambiente com os efeitos gênicos envolvidos na expressão do afilhamento (DOUST, 2007). Neste sentido, o objetivo desta revisão bibliográfica é fornecer informações de aspectos genéticos e de ambiente, buscando um melhor entendimento dos fatores envolvidos na produção de afilhos em trigo, com enfoque na adoção de estratégias de manejo e suporte para o melhoramento genético vegetal.

2.6 Fatores genéticos envolvidos na expressão do afilhamento

O caráter afilhamento tem sido avaliado sob muitos aspectos, sendo que a genética quantitativa tem dado grande contribuição, principalmente no que se refere às avaliações no estágio de maturação, onde diversos estudos corroboram a hipótese de intensa interação de efeitos gênicos envolvidos na expressão do caráter. Estudos recentes com a cultura do trigo permitem realizar inferências através da análise dialélica sobre o controle genético de genótipos com elevado número de afilhos, destacando a ação gênica de sobredominância como a principal responsável pela sua expressão (NAZEER et al., 2004; DERE & YILDIRIM 2006). Entretanto, em aveia branca, um efeito de interações epistáticas para o caráter com elevado número de afilhos, com dificuldades de interpretações na expressão gênica do caráter em diferentes cruzamentos, foi observado (VALÉRIO, 2006). Tal dificuldade pode ser decorrente dos

efeitos do ambiente instável onde o experimento foi conduzido aliado à complexidade de controle do caráter, que determinam maiores dificuldades de controle dos efeitos de ambiente (SALEEM et al., 2005).

O desenvolvimento de caracteres morfológicos ocorre através da ação e interação de muitos genes com comportamento diferenciado durante os diferentes estádios de crescimento, sendo a expressão desses modificada através de interações epistáticas e através do ambiente (ATCHLEY & ZHU, 1997). Em arroz, um modelo temporal da expressão gênica para o caráter número de afilhos em diferentes estádios de desenvolvimento, onde até mesmo um gene individual ou genes da mesma região genômica podem ter efeitos opostos em vários estádios do desenvolvimento da planta (YAN et al., 1998). Devido a maior dificuldade na expressão diferencial do caráter com elevado número de afilhos ocasionada pela intensa interação de genes com diferente efeito no caráter, poucos afilhos em arroz têm sido priorizado como o principal biótipo para alcançar o ideótipo de planta (KHUSH, 2000). Este fato pode ser relacionado à cultura do trigo, onde os benefícios seriam maiores através do melhor aproveitamento dos genótipos em ambientes de grandes variações climáticas, como ocorre em condições de lavoura na região Sul do Brasil.

A ocorrência de mutações nos meristemas axilares tem contribuído de forma sistemática na identificação de diferentes biótipos relacionados à produção de afilhos, sendo reportadas em diversas espécies, alterando o modelo e padrão de desenvolvimento dos mesmos. Em geral, os mutantes são caracterizados em duas classes, sendo uma de mutantes com produção excessiva de ramos laterais conhecidos em milho como “*teosinte branched1*” (*tb1*) (DOEBLEY et al., 1997), em *Arabidopsis* como “*supershoot/bushy*” (TANTIKANJANA et al., 2004), em ervilha como “*ramosus*” (SOREFAN et al., 2003) e em petúnia como “*decreased apical dominance*” (*dad*) (NAPOLI & RUEHLE 1996). A outra classe de mutantes é caracterizada por meio do reduzido número de ramos laterais, como os mutantes “*lateral suppressor*” (SCHUMACHER et al., 1999) e “*blind*” em tomate (SCHMITZ et al., 2002), o mutante recessivo “*uniculm2*” no cromossomo 6H em cevada (BABB & MUEHLBAUER, 2003) e alguns mutantes de arroz como “*monoculm1*” (LI et al., 2003).

Em trigo, embora um gene, mapeado no braço curto do cromossomo 1A, tenha sido identificado como o responsável pela inibição do afilhamento (RICHARDS, 1988; SPIELMEYER & RICHARDS,

2004), a maior parte do entendimento da variação para o afilhamento foi encontrado relacionado a locos de caracteres quantitativos (QTL - *Quantitative trait loci*). Trabalhos recentes de mapeamento genético em trigo têm possibilitado a identificação de mutantes para o afilhamento a partir do trigo diplóide *Triticum monococcum* subespécie *monococcum*. Nesta espécie, é atribuído ao controle genético do afilhamento uma herança simples (KURAPARTHY et al., 2007), sendo o fenótipo unicolmo devido à mutação de um único gene recessivo (*tin3*) localizado no braço longo do cromossomo 3A. A herança simples do caráter tem sido identificada em outros cereais diplóides, como a cevada (BABB & MUEHLBAUER, 2003), o centeio (MALEYSHEV et al., 2001) e o arroz (LI et al., 2003).

A ocorrência de poucos mutantes está relacionada ao nível de ploidia do trigo cultivado, sendo uma espécie hexaplóide, onde a expressão de homoalelos funcionais poderia ser compensada geneticamente para locos mutantes não funcionais (KURAPARTHY et al., 2007). Pode ser destacado, ainda, a importância das avaliações de mapeamento e isolamento de genes com herança simples em diplóides ou espécies doadoras em poliplóides, o que possibilitaria a identificação de alelos ortólogos para afilhamento, não apenas nos genomas do trigo poliplóide, mas na tribo *Triticeae* como um todo. Além disto, o mapeamento do gene *tin3* possibilita futuras análises comparativas entre gramíneas pela sintonia existente entre espécies. Neste sentido, KURAPARTHY et al. (2007) ressaltam a conservação intensa pela sintonia entre cromossomos homólogos do grupo 3 do trigo e o cromossomo 1 do arroz, no qual foram identificados diversos mutantes unicolmo (LI et al., 2003), o que potencializa o uso do gene *tin3* como um marcador para o posicionamento físico no genoma de outras espécies e posterior sequenciamento.

2.7 Efeito hormonal

O balanço entre auxinas e citocininas tem um papel importante na regulação do crescimento e desenvolvimento meristemático (LEYSER, 2006; VEIT, 2006). O controle do desenvolvimento dos afilhos em gramíneas parece ocorrer através da sincronização entre a divisão e o alongamento celular, e estes processos estão relacionados às condições hormonais das plantas (ALVES, 1998). A ação exercida

pela auxina (divisão e alongamento celular) e citocinina (divisão celular) está associada, respectivamente, à inibição e promoção do desenvolvimento de gemas laterais (TAIZ & ZEIGER, 1991).

Trabalhos recentes em *Arabidopsis* destacam a presença dos mutantes *bushy* e *dwarfl* (*bud1*), que manifestaram maior número de ramificações que o tipo selvagem nos últimos estádios de desenvolvimento, através de uma menor dominância apical resultante de uma deficiência no transporte polar de auxinas (DAI et al., 2006). O gene *bud1* codifica o MAP KINASE KINASE7 (MKK7). O MKK7 é o primeiro componente identificado da cascata de quinases MAP que regula o transporte de auxinas, afetando desta forma a dominância apical (WANG & LI, 2006). Evidências sugerem que a auxina não age de forma isolada no afilhamento, havendo ainda os efeitos da citocinina, a qual é sintetizada nas raízes e transportada para quebrar a dormência de gemas axilares, sendo considerada como um mensageiro secundário de sinais. Contudo, a auxina pode modular a concentração de citocinina, intermediando o surgimento de gemas.

O isolamento e caracterização dos genes *more axillary growth* (*max*) em *Arabidopsis*, *ramosus* (*rms*) em ervilha e *decreased apical dominance* (*dad1*) em petúnia, sugerem uma nova rota regulatória envolvendo moléculas sinalizantes derivada de carotenóides. Estas moléculas são consideradas como mensageiros secundários alternativos que quantificam a ação da auxina no desenvolvimento de gemas axilares. Esta nova rota regulatória para afilhamento, controlada através de compostos derivados de carotenóides, está fortemente conservada em plantas Magnoliopsidas e Liliopsidas, já que homólogos funcionais de *max2* e *max3* também têm sido identificados em arroz (ISHIKAWA et al., 2005). Por outro lado, pouco tem sido desenvolvido no estudo de conservação dessas rotas regulatórias para cultura do trigo. O conhecimento da sinalização de hormônios que atuam no processo de afilhamento se revela um excelente modelo para o estudo de interações do complexo gênico e da manifestação do ambiente que atuam no desenvolvimento da planta (LEYSER, 2003), no sentido de contribuir para um rápido progresso da identificação dos mecanismos regulatórios do afilhamento.

2.8 Fatores de ambiente

Em condições de campo, quatro situações podem ser observadas relacionadas ao afilhamento: i) emissão de afilho (s), independente das condições nutricionais do solo ou do genótipo (KLEPPER et al., 1982; MASLE, 1985), ii) plantas que possuem somente o colmo principal, iii) plantas nas quais o afilho respectivo à primeira folha é omitido, e iv) plantas com todos os afilhos primários presentes. Estas variações são atribuídas ao genótipo e às condições de ambientes desfavoráveis, onde as adversidades climáticas somadas às variações de fertilidade do solo estão presentes, com uma intensa variação no padrão de afilhamento.

Em condições de ambiente favoráveis, segundo RICKMAN et al. (1985), existe a produção uniforme com o surgimento de afilhos regularmente espaçados e com relativa distribuição de assimilados, que contribuem de forma conjunta para o rendimento de grãos. O aumento de plantas com padrões irregulares no afilhamento, em nível de campo, influencia diretamente a queda de produtividade de lavouras submetidas a esta situação, pela competição entre afilhos nos diferentes estádios de desenvolvimento e pela dominância apical, a qual modula o crescimento de gemas axilares, sendo o grau dessa modulação dependente do genótipo, do ambiente e do grau de desenvolvimento da planta (MARTIN, 1987). Os efeitos do ambiente relacionados à emissão e desenvolvimento de afilhos podem ser destacados por diversos aspectos, sendo os principais discutidos a seguir:

- Quantidade e qualidade de luz

A quantidade de radiação solar incidente e o efeito da relação entre a luz vermelha e vermelho extremo (V:VE) sobre o dossel (área foliar) da planta se destacam com grande efeito sobre a dominância apical (BALLARÉ et al., 1987). Em trigo pode ser evidenciado que o efeito da intensidade da luz durante o desenvolvimento das plantas tem um incremento direto na taxa de crescimento e de afilhamento (ASPINAL & PALEG, 1964), em função da maior quantidade de fotoassimilados disponíveis, oriundos da maior área fotossinteticamente ativa. Na mesma cultura, em ambientes de estresse (60% de luz natural incidente), foi observado entre os genitores e suas populações segregantes de trigo, uma amplitude de distribuição de frequências semelhante para o número de afilhos férteis, evidenciando dificuldades em obter progresso genético (SCHEEREN et al., 1997). Desta forma, há necessidade de considerar o

ambiente de seleção na condução de populações segregantes. Assim, o cultivo de populações segregantes de cereais em regiões marginais e/ou em anos desfavoráveis poderá resultar em reduzido progresso genético, tanto para a maximização da expressão do caráter quanto para a seleção de genótipos com tendência unicolmo.

O efeito da qualidade da luz também evidencia pronunciada influência na produção de afilhos, destacando a queda na produção em espécies como centeio, trigo, trevo branco e cevada (CASAL et al., 1986; DAVES & SIMMONS, 1994). A relação entre a qualidade da luz e a emergência de afilhos foi observada pelo aumento na emergência de afilhos com o incremento artificial de luz vermelha na base da planta (CASAL et al., 1986), e pelo incremento artificial de luz vermelho extremo (distante), inibindo a produção de ramos em trevo branco (GAUTIER et al., 1995).

A área foliar também pode afetar a quantidade de afilhos através do nível de competição, causando redução na superfície fotossintética ativa, podendo restringir a disponibilidade de carboidratos para sustentar a produção de afilhos (ALMEIDA et al., 2004). Em trabalhos desenvolvidos com trigo, aveia e cevada, a redução da área foliar não é limitante para o afilhamento em ambientes de baixa competição (ALVES et al., 2000). Por outro lado, em populações com elevada densidade de plantas ocorre um maior fechamento do dossel que absorve a luz vermelha na parte superior e deixa passar a luz vermelho extremo para as camadas inferiores do dossel, ocasionando a maior redução do afilhamento pela maior incidência de luz vermelho extremo (ALVES, 1998). Assim, o sistema de manejo ao qual as plantas são submetidas está diretamente relacionado à síntese e aproveitamento de recursos de fotoassimilados, sendo determinante para a maior sobrevivência de afilhos.

As mudanças nas condições de luz do ambiente, muitas vezes determinada em função do nível de competição estabelecida, promovem alterações na elongação do colmo, internós de planta e afeta o desenvolvimento dos afilhos. Esta série de alterações é consequência da percepção da planta (rota do fitocromo) de um decréscimo na taxa de luz vermelha:vermelho extremo (V:VE) (SAWERS et al., 2005). Os fitocromos estão relacionados a respostas para a mudança no sistema de luminosidade do ambiente, e membros de três subfamílias de fitocromo (*PhyA*, *PhyB*, *PhyC*) ocorrem nas gramíneas (SAWERS et al.,

2005). No trigo hexaplóide, há evidências da presença destas subfamílias, pois há três cópias de *PhyC*, sendo todas expressas (DEVOS et al., 2005). Isto tem sido fonte para estudos da manipulação de fitocromos em relação às mudanças percebidas no ambiente de desenvolvimento da planta, através de mudanças na qualidade da luz (DOUST, 2007). Desta forma, conforme destacam SPARKES et al. (2006), a qualidade da luz, em maior taxa do que a intensidade da luz é o fator chave determinante para a sobrevivência de afilhos. Em trigo, aveia e arroz, isto pode ser mediado através da concentração de nitrogênio na folha, pois quanto mais nitrogênio disponível, maior o crescimento do dossel da planta antes que se inicie a morte de afilhos. Quando a planta tem nitrogênio em grande concentração, a relação crítica de luz vermelha: vermelho extremo (menor produção de afilhos) (V:VE) é menor do que quando o nitrogênio está em menor concentração (ZHONG et al., 2002, 2003), sendo regulado através do índice de área foliar.

- Fator Nutricional (nitrogênio)

O nitrogênio é considerado um elemento essencial para as plantas, por fazer parte das moléculas de clorofila, aminoácidos, DNA, citocromos e de todas as enzimas e coenzimas (MARIOT et al., 2003). Além disto, quando em deficiência, no período de afilhamento, ocasiona assincronia na emissão de afilhos. Quando a deficiência ocorre neste período, os afilhos têm pouca chance de sobreviver, mesmo que a planta receba suplementação de nitrogênio em períodos posteriores (MUNDSTOCK, 1999), afetando consideravelmente o rendimento de grãos da cultura, justamente em virtude da exportação de carboidratos do colmo principal para os novos afilhos ser reduzida.

Em trigo a adubação com nitrogênio pode ser utilizada para manipular a população (incremento no número de afilhos) e para o suprimento das necessidades nutricionais da espécie para produção de proteína (CONLEY & SCHARF, 2003). Desta forma, o estágio de desenvolvimento, em trigo, é um importante indicador do momento de aplicação do nitrogênio. Conforme destacado, na relação entre a qualidade da luz incidente e conteúdo de nitrogênio foliar, a diferença entre quem recebe precocemente e tardiamente o nitrogênio pode explicar tal relação, sendo que quem recebe precocemente têm menor relação do nível crítico de luz vermelha:vermelho extremo (V:VE), do que os que recebem o nitrogênio

em estádios mais avançados (SPARKES et al., 2006), com maior aproveitamento no índice de área foliar, ou seja, maior a área fotossintética. Isto reforça a necessidade da aplicação de nitrogênio nos estádios de desenvolvimento recomendados para cultura, a partir da terceira folha formada até o início do alongamento ou até o aparecimento do primeiro nó, conforme os estádios de desenvolvimento da escala de LARGE (1954), potencializando assim, a máxima exploração do potencial genético dos cultivares.

- Fotoperíodo

O efeito do fotoperíodo foi bem discutido nas culturas de trigo e cevada por MIRALLES & RICHARDS (2000), os quais observaram a redução do número de afilhos por folha emergida em função do aumento do fotoperíodo. Os autores ainda destacam que a taxa de surgimento de afilhos aumenta quando as plantas se desenvolvem em fotoperíodo curto e decrescem quando transferidas para fotoperíodo longo. Destaca-se, assim, a necessidade de realizar a semeadura no período em que proporcione ao genótipo maximizar a produção de afilhos, ou seja, na época recomendada para cada cultura, conforme zoneamento agro-climático de cada região. No caso de atraso na semeadura, deve-se aumentar a densidade utilizada, em virtude da redução no crescimento individual da planta e produção de afilhos (LLOVERAS et al., 2004), ocasionado pelo incremento do fotoperíodo.

- Concentração de água

O padrão de afilhamento ainda pode ser influenciado pela deficiência de água no desenvolvimento da cultura, reduzindo o tamanho e o número de afilhos quando a deficiência ocorre antes da antese na cultura do trigo (LAWLOR et al., 1981) e causando a morte de afilhos quando ocorre após a antese (MUSICK & DUSEK, 1980).

- Densidade de semeadura

A densidade de semeadura é uma das técnicas culturais que mais podem influenciar o rendimento de grãos, bem como outros caracteres agronômicos. A variação da produtividade em relação à densidade de semeadura está relacionada ao potencial do genótipo em produzir afilhos férteis, uma vez que a densidade de semeadura influencia de forma direta o número de espigas e/ou panículas produzidas por

unidade de área (OZTURK et al., 2006), o que, aliado ao número de grãos por espiga e à massa de grãos, determinam o rendimento de grãos em cereais (GRAFIUS, 1964).

O trigo, de modo geral, quando cultivado sob reduzidas densidades de semeadura, expressa um menor número de espigas por unidade de área. Em altas densidades, o número máximo de colmos é atingido antes do que em baixas densidades, mas a senescência dos afilhos inicia mais precocemente (DARWINKEL, 1978). Neste caso, os afilhos tardios têm pequeno número de grãos por espiga, poucas espiguetas férteis e poucos grãos por espiguetas, dificultando assim, o aproveitamento de genótipos de trigo com elevado potencial de afilhamento, quando submetidos a elevadas densidades.

O trigo e outros cereais de estação fria expressam uma capacidade de compensar a falta ou excesso de um componente do rendimento (GRAFIUS, 1978; FREEZE & BACON, 1990; BENIN et al., 2003), através da modificação dos demais componentes. Tal modificação, dependendo do genótipo, do ambiente e da interação entre ambos, pode ser suficiente para a maximização do potencial produtivo por unidade de área. Assim, o nível ótimo de densidade que determina o máximo rendimento de grãos pode não estar diretamente relacionado apenas à emissão de afilhos. Isto pode ser destacado para os genótipos que evidenciam reduzido potencial de afilhamento, em virtude de apresentarem a maior relação de efeito compensatório com os demais componentes, conforme destacado por SCHEEREN et al. (1995), onde genótipos de trigo com este biótipo de planta apresentaram maior massa de grãos.

As alterações provocadas em caracteres competitivos promovem mudanças em nível fisiológico, com influência na radiação capturada e na eficiência do uso desta radiação pela planta (WHALEY et al., 2000). O fato da densidade populacional das plantas modificar a qualidade da luz (TAIZ & ZEIGER, 1991) pode ser atribuído ao controle do desenvolvimento dos afilhos, pela ação via fitocromo, modificando as relações hormonais nas plantas que, por sua vez, afetam o desenvolvimento dos tecidos (ALVES, 1998). Este cenário pode ser verificado em estudos de densidade em trigo (DARWINKEL, 1978; GALLI, 1996; ALVES, 1998) e em aveia (GALLI, 1996; ALVES, 1998), onde há uma menor produção de afilhos sob altas densidades. Neste sentido, é evidente que há interação da luz via fitocromo

com os hormônios envolvidos nos processos de cascata de sinais que controlam o desenvolvimento de afilhos em gramíneas (ALVES, 1998).

2.9 CONCLUSÕES

Os mecanismos regulatórios do desenvolvimento e expressão do caráter número de afilhos em trigo apresentam grande complexidade. O maior conhecimento na conservação das regiões genômicas relacionadas com afilhamento e o contínuo estudo das respostas morfológicas e fisiológicas das espécies em função das variações do ambiente, é essencial para a compreensão dos fatores genéticos e variações genômicas em trigo. Além disto, parece ser evidente a necessidade de esforços no melhor aproveitamento de genótipos com reduzido número de afilhos, mesmo com um maior gasto de sementes por hectare, buscando-se a maximização em rendimento de grãos e uma menor dependência das variáveis de ambiente.

2.10 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.L. de. **Modificação do afilhamento de trigo e aveia pela qualidade da luz**. Porto Alegre, 1998. 120p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1998.
- ALMEIDA, M.L. et al. Tiller emission and dry mass accumulation of wheat cultivars under stress. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.3, p.266-270, 2004.
- ALVES, A.C. **Mecanismos de controle do desenvolvimento de afilhos em cereais de estação fria**. Porto Alegre, 1998. 114p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1998.
- ALVES, A.C. et al. Sistema vascular e controle do desenvolvimento de perfilhos em cereais de estação fria. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.23, n.1, p.59-67, 2000.
- ASPINAL, D.; PALEG, L.G. Effects of day length and light intensity of growth of barley. II. Vegetative development. **Australian Journal of Biological**, Washington, v.17, p.807-822, 1964.

- ATCHLEY, W.R.; ZHU, J. Developmental quantitative genetics, conditional epigenetic variability and growth in mice. **Genetics**, Baltimore, v.147, n.2, p.765–776, 1997.
- BABB, S.; MUEHLBAUER, G.J. Genetic and morphological characterization of the barley *uniculm2* (*cul2*) mutant. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.106, n.5, p.846-857, 2003.
- BACALTCHUK, B. Desafios enfrentados pela Embrapa Trigo. In: CUNHA, G. R. da; TROMBINI, M. F. **Trigo no Mercosul**: coletânea de artigos. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 163-171.
- BALLARÉ, C.L. et al. Early detection of neighbour plants by phytochrome perception of spectral changes in reflected sunlight. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.10, n.7, p.551-557, 1987.
- BENIN, G. et al. Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critérios de seleção para rendimento de grãos em aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n.1, p.9-16, 2003.
- BENIN, G. et al. Adaptabilidade e estabilidade em aveia em ambientes estratificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.295-302, 2005a.
- BENIN, G. et al. Early generation selection strategy for yield and yield components in white oat. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.4, 2005b.
- CASAL, J.J. et al. The effect of plant density on tillering the involvement of R/FR ratio and the proportion of radiation intercepted per plant. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.26, n.4, p.365-371, 1986.
- COMMON, J.C.; KLINCK, H.R. Sequence and synchrony of culm development implications in breeding for limited tillering barleys. In **Barley Genetic IV**. Proc. Int. Barley Genet. Symp., 4th, Edimburg, Scotland. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh. p.533-536, 1981.
- CONLEY, S.P.; SCHARF, P. Wheat tiller number and spring nitrogen recommendations. **Integrated Pest & Crop Management Newsletter**, Missouri, v.13, n.2, 2003.
- DAI, Y. et al. Increased expression of MAP KINASE KINASE7 causes deficiency in polar auxin transport and leads to plant architectural abnormality in Arabidopsis. **Plant Cell**, Rockville, v.18, n.2, p.308-320, 2006.

- DARWINKEL, A. Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.26, n.4, p.383-398, 1978.
- DAVIS, M.H.; SIMMONS, S.R. Far-red light reflected from neighbouring vegetation promotes shoot elongation and accelerates flowering in spring barley plant. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v.17, n.7, p.829-836, 1994.
- DERE, S.; YILDIRIM, M.B. Inheritance of plant height, tiller number per plant, spike height and 1000-kernel weight in a 8x8 diallel cross population of bread wheat. **Cereal Research Communications**, Szeged, v.34, n.2-3, p.965-972, 2006.
- DEVOS, K.M. et al. Comparative sequence analysis of the phytochrome C gene and its upstream region in allohexaploid wheat reveals new data on the evolution of its three constituent genomes. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.58, n.5, p.625-641, 2005.
- DOEBLEY, J. et al. The evolution of apical dominance in maize. **Nature**, London, v.386, n.6624, p.485-488, 1997.
- DOFING, S.M.; KARLSSON, M.G. Growth and development of unicum and conventional-tillering barley lines. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.1, p.58-61, 1993.
- DOFING, S.M.; KNIGHT, C.W. Yield component compensation in unicum barley lines. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.2, p.273-276, 1994.
- DOUST, A.N. Review: Architectural evolution and its implications for domestication in grasses. **Annals of Botany**, London, v.100, n.5, p.1-10, 2007.
- DUGGAN, B.L. et al. Agronomic evaluation of a tiller inhibition gene (tin) in wheat. I. Effect on yield components, and grain protein. **Australian Journal of Agricultural Research**, Oxford, v.56, n.2, p.169-178, 2005.
- FREEZE, D.M.; BACON, R.K. Row-spacing and seeding rate effects on wheat yields in the Mid-South. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.3, p.345-348, 1990.
- GALLAGHER, J.N.; BISCOE, P.V. A physiological analysis of cereal yield. II. Partitioning of dry matter. **Agricultural Progress**, Cambridge, v.53, p.51-70, 1978.

- GALLI, A.P. 1996. Competição intraespecífica e o crescimento de trigo e aveia em duas épocas de cultivo. Porto Alegre, 1996. 120p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1996.
- GAUTIER, H. et al. Evolution of the leaf area index in a white clover and tall fescue intercrop: possible regulation by light quality. In: Sinoquer H, Cruz P, eds. **Ecophysiology of tropical intercropping**. France: INRA editions, p.275-284. 1995.
- GRAFIUS, J.E. A geometry for plant breeding. **Crop Science**, Madison, v.4, n.2, p.241-246, 1964.
- GRAFIUS, J.E. Multiple characters and correlated response. **Crop Science**, Madison, v.18, n.6, p.931-934, 1978.
- ISHIKAWA, S. et al. Suppression of tiller bud activity in tillering dwarf mutants of rice. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v.46, n.1, p.79-86, 2005.
- KHUSH, G.S. New plant type of rice for encreasing the genetic yield potential. In: Nanda JS, editor. **Rice breeding and genetics**. Enfield (NH): Science Publishers, p.99-108, 2000.
- KLEPPER, B. et al. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grain. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n.4, p.789-792, 1982
- KURAPARTHY, V. et al. Identification and mapping of a tiller inhibition gene (tin3) in wheat. **Theoretical and Applied Genetic**, New York, v.114, n.2, p.285-294, 2007.
- LARGE, E.C. Growth stages in cereals. **Plant Pathology**, Oxford, v.3, p.128-129, 1954.
- LAWLOR, D.W. et al. Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. **Journal of Agricultural Science**, New York, v.96, n.2, p.167-186, 1981.
- LEYSER, O. Regulation os shoot branching by auxin. **Trends in Plant Science**, London, v.8, n.11, p.541-545, 2003.
- LEYSER, O. Dynamic integration of auxin transport and signalling. **Current Biology**, Cambridge, v.16, n.11, p.424-433, 2006.
- LI, X. et al. Control of tillering in rice. **Nature**, London, v.422, n.6932, p.618-621. 2003.

- LLOVERAS, J.; MANENT, J.; VIUDAS, J.; LÓPEZ, A.; SANTIVERI, P. Seeding rate influence on yield and yield components of irrigated winter wheat in a mediterranean climate, in wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.5, p.1258-1265, 2004.
- MALYSHEV, S. et al. Linkage mapping of mutant loci in rye (*Secale cereale* L.). **Theoretical and Applied Genetic**, Berlin, v.103, n.1, p.70-74, 2001.
- MARIOT, C.H.P. et al. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de semeadura e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.233-241, 2003.
- MARTIN, G.C. Apical dominance. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.5, p.824-833, 1987.
- MASLE, J. Competition among tillers in winter wheat: consequences for growth and development of the crops. In: Wheat Growth and Modelling. New York, **Plenum Press**. 407p. p.33-54. (NATO ASI series, Series A, Life Sciences; v.86. Proceedings of a NATO Advanced Research Workshop on Wheat Growth and Modelling). 1985.
- MEROTTO JUNIOR, A. **Processo de afilamento e crescimento de raízes de trigo afetado pela resistência do solo**. Porto Alegre, 1995. 114p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFRGS, 1995.
- MIRALLES, D.J.; RICHARDS, A. Responses of leaf and tiller emergence and primordium initiation in wheat and barley to interchanged photoperiod. **Annals of Botany**, London, v.85, n.5, p.655-663, 2000.
- MOTZO, R. et al. Expression of a tiller inhibitor gene in the progenies of interspecific crosses *Triticum aestivum* L. x *T. turgidum* subsp. *durum*. **Field Crop Research**, Orlando, v.85, n.1, p.15-20, 2004.
- MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: UFRGS, 228p., 1999.
- MUSICK, J.T.; DUSEK, D.A. Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.1, p.45-52, 1980.
- NAPOLI, C.A.; RUEHLE, J. New mutations affect meristem growth and potential in *Petunia hybrida* Vilm. **Journal of Heredity**, Lund, v.87, n.3, p.371-377, 1996.

- NAZEER, A.W. et al. Genetic architecture of some agronomic traits in diallel cross of bread wheat. **Pakistan Journal of Biological Science**, Faisalabad, v.7, n.8, p.1342-1342, 2004.
- OZTURK, A. et al. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Erzurum, v.192, n.1, p.10-16, 2006.
- PETR, F.C.; FREY, K.J. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. **Crop Science**, Madison, v.6, n.3, p.259-262, 1966.
- RICHARDS, R.A. A tiller inhibition gene in wheat and its effect on plant growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.39, n.5, p.749-757, 1988.
- RICKMAN, R.W. et al. Wheat seedling growth and developmental response to incident photosynthetically active radiation. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, n.2, p.283-287, 1985.
- SALEEM, M.Y. et al. Detection of epistasis and estimation of additive and dominance components of genetic variation using triple test cross analysis in rice (*Oryza sativa* L.). **Caderno de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul, v.17, n.1, p.37-50. 2005.
- SAWERS, R.J.H. et al. Cereal phytochromes: targets of selection, targets for manipulation ? **Trends in Plant Science**, London, v.10, n.3, p.138-143, 2005.
- SCHMITZ, G.; THERES, K. Genetic control of branching in Arabidopsis and tomato. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v.2, n.1, p.51-55. 1999.
- SCHUMACHER, K. et al. The lateral suppressor (Ls) gene of tomato encodes a new member of the VHIID protein family. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, New Orleans, v.96, n1, p.290-295, 1999.
- SCHEEREN, P. L. Trigo no Brasil. In: CUNHA, G. R. da; TROMBINI, M. F. **Trigo no Mercosul: coletânea de artigos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 122-133.
- SCHEEREN, P.L. et al. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo. Parte II – Teste no Campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.605-619. 1995.

- SCHEEREN, P.L. et al. Resposta do trigo á baixa luminosidade e suas implicações com o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p.1287-1293, 1997.
- SIMMONS, S.R. et al. Tillering in barley: genotype, row spacing and seeding rate effects. **Crop Science**, Madison, v.22, n.4, p.801-805, 1982.
- SOREFAN, K. et al. MAX4 and RMS1 are orthologous dioxygenase like genes that regulate shoot branching in Arabidopsis and pea. **Genes Development**, Woodburg, v.17, n.12, p.1469-1474, 2003.
- SPARKES, D.L. et al. Does light quality initiate tiller death in wheat?. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.24, n.3, p.212-217, 2006.
- SPIELMEYER, W.; RICHARDS, R.A. Comparative mapping of wheat chromosome 1AS which contains the tiller inhibition gene (tin) with rice chromosome 5S. **Theoretical and Applied Genetic**, Berlin, v.109, n.6, p.1303-1310, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Rockville, Redwood City: The Benjamim/Cummings, 1991, 719p.
- TANTIKANJANA, T. et al. Functional analysis of the tandem-duplicated P450 genes SPS/BUS/CYP79F1 and CYP79F2 in glucosinolate biosynthesis and plant development by Ds transposition-generated double mutants. **Plant Physiology**, Rockville, v.135, n.2, p.840-848, 2004.
- THIRY, D.E. et al. Relationship between tillering and grain yield of kansas wheat varieties. Keeping up with research 134. **Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service**. 6p. 2002.
- YAN, J.Q. et al. Quantitative trait loci analysis for developmental behavior of tiller number in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v.97, n.2, p.267-274. 1988.
- WANG, Y.; LI, J. Genes controlling plant architerture. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v.17, n.2, p.1-7, 2006.
- WHALEY, J.N. et al. The physiological response of winter wheat to reductions in plant density. **Annals of Applied Biology**, v.137, n.2, p.164-17, 2000.

WOBETO, C. **Padrão de afilhamento, sobrevivência de afilhos e suas relações com o rendimento de grãos em trigo**. Porto Alegre –RS, 102p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, UFRGS, 1994.

ZHONG, X. et al. Relationship between tillering and leaf area index: quantifying critical leaf area index for tillering in rice. **Journal Agricultural Science**, New York, v.138, n.5, p.269-279, 2002.

ZHONG, X. et al. Quantifying the interactive effect of leaf nitrogen and leaf area on tillering in rice. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.26, n.6, p.1203-1222, 2003.

VALÉRIO, I.P. **Bases genéticas de caracteres quantitativos em diferentes populações de aveia (*Avena sativa* L.)**. Pelotas –RS, 80p. Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFPel, 2006.

VEIT, B. Stem cell signalling networks in plants. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.60, n.6, p.793-810, 2006.

Capítulo II

3. EFEITO DO AMBIENTE E DENSIDADE DE SEMEADURA EM GENÓTIPOS DE TRIGO CONTRASTANTES PARA O CARÁTER AFILHAMENTO

(Revista Scientia Agrícola - ISSN: 0103-9016)

EFEITO DO AMBIENTE E DENSIDADE DE SEMEADURA EM GENÓTIPOS DE TRIGO CONTRASTANTES PARA O CARÁTER AFILHAMENTO

3.1 RESUMO: O ajuste da densidade de semeadura é uma das técnicas culturais que mais influenciam o rendimento de grãos, principalmente por afetar os componentes do rendimento de grãos. O objetivo do trabalho foi caracterizar genótipos de trigo que apresentem diferente capacidade de afilhamento, quando submetidos a distintas densidades de semeadura e ambientes de avaliação. Cinco experimentos foram conduzidos em delineamento de parcelas divididas, onde foram testados dez cultivares (parcela) e cinco densidades de semeadura (subparcela). Três experimentos foram instalados na cidade de Pelotas-RS, nos anos agrícolas de 2005, 2006 e 2007 e outros dois nas cidades de Pato Branco-PR e Ijuí-RS no ano agrícola de 2007. Os resultados apontaram à necessidade da recomendação de cultivares testadas para ambientes específicos, com mais de um ano de cultivo. Genótipos com reduzida produção de afilhos possuem um efeito pronunciado com o aumento da densidade de semeadura, sendo a massa de espiga determinante para o desempenho. O caráter número de grãos por espiga, revela a menor influência em termos produtivos em nível de genótipo, porém, é fortemente influenciado pela densidade. O efeito compensatório manifestado pelo caráter massa de mil grãos, independente da densidade, é dependente das condições experimentais em que os genótipos foram avaliados.

3.2 Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., interação genótipo x ambiente, número de afilhos, componentes do rendimento.

EFFECTS OF ENVIRONMENT AND SEEDING DENSITIES ON THE PERFORMANCE OF WHEAT GENOTYPES CONTRASTING FOR THE TRAIT TILLERING ABILITY

3.3 ABSTRACT: The adjustment of seeding densities is one of the crop management techniques that most influence the grain yield; principally by affect the components of yield grain. The objective of this work was to characterize wheat genotypes with distinct tillering ability under different seeding densities and environments. Five experiments were conducted in split-plot design, where ten cultivars (plot) and five seeding densities (subplots). Three experiments were installed in the County of Pelotas-RS, in the years 2005, 2006 and 2007 and other two in the Pato Branco-PR and Ijuí-RS Counties during the year 2007. The results pointed to the need of recommending cultivars tested in specific environment, with more than one year of test. Genotypes with reduced tillering ability express a visible response with an increase in seeding densities, with reflection in ear weight. The character number of grains per ear did not affect grain yield but was highly influenced by seeding densities. A balancing effect was expressed by the character weight of a thousand grains, regardless of densities, as a function of the experimental conditions in which the genotypes were evaluated.

3.4 Key words: *Triticum aestivum* L., genotypes and environments interaction, tiller number, yield components.

3.5 INTRODUÇÃO

A densidade de semeadura tem particular importância na cultura do trigo, uma vez que está em ordem direta relacionada com o número de espigas por unidade de área e, em sequência, com os outros componentes do rendimento: número de grãos por espiga e massa de grãos, com grande efeito do ambiente de cultivo (Davidson & Chevalier, 1990; Lloveras et al., 2004; Ozturk et al., 2006). Neste sentido, a capacidade do trigo e outros cereais de estação fria em compensar a falta ou excesso de um componente do rendimento, através da modificação dos demais componentes, é determinante no seu melhor aproveitamento (Freeze & Bacon, 1990; Valério, et al., 2008). Tal modificação, dependendo do genótipo, do ambiente e da interação entre ambos, pode maximizar o potencial produtivo da espécie por unidade de área.

Atualmente, a densidade utilizada na cultura do trigo pode variar de 250 a 400 sementes viáveis por metro quadrado; tal recomendação da CBPT-2007 (Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo, 2007) tem por base o ciclo das cultivares e a característica para duplo propósito. Neste sentido, o comportamento diferencial de cada cultivar, no que diz respeito à emissão e sobrevivência de afilhos, e o ambiente de cultivo, devem ser considerados com maior ênfase para as recomendações técnicas da cultura.

Em condições de ambiente favoráveis, existe a produção uniforme com o surgimento de afilhos regularmente espaçados e com relativa distribuição de assimilados, que contribuem de forma conjunta para o rendimento de grãos (Rickman et al. 1983). Por outro lado, em condições de estresse, há um aumento de plantas com padrões irregulares no afilhamento, com influência direta na queda da produtividade em lavouras submetidas a esta situação, pela competição entre afilhos nos diferentes estádios de desenvolvimento (Martin, 1987). Desta forma, a densidade ideal a ser

empregada, deve considerar com maior ênfase a forte influencia das condições de ambiente, o que contribui de forma relevante na produtividade final em trigo.

O conhecimento do comportamento dos genótipos a serem utilizados, e de seu ajuste ao ambiente de cultivo, é preponderante para a definição do número ideal de sementes viáveis por metro quadrado, atribuindo à capacidade de afilhamento o fator chave na escolha do genótipo. Isto pode ser determinante no real aproveitamento de diferentes constituições genéticas de trigo, principalmente quando identificada diferença no potencial de emissão, desenvolvimento e/ou sobrevivência de afilhos, o que está diretamente relacionado na produtividade final da cultura (Ozturk et al., 2006).

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi caracterizar genótipos de trigo que apresentem diferente capacidade de afilhamento, quando submetidos a distintos ambientes de avaliação e densidades de semeadura.

3.6 MATERIAL E MÉTODOS

Cinco experimentos foram instalados em três locais de cultivo, sendo três no município de Pelotas-RS, nos anos agrícolas de 2005, 2006 e 2007 e dois nos municípios de Pato Branco-PR e em Ijuí-RS no ano agrícola de 2007. O campo experimental de Pelotas, pertence ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão-RS. O campos experimentais de Pato Branco e de Ijuí pertencem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco e a Universidade de Ijuí (UNIJUI).

Foram utilizados dez genótipos de trigo de origem brasileira, contrastantes quanto ao potencial de afilhamento: FUNDACEP 29 (cedido pela FUNDACEP); IPR

85 (fonte IAPAR); CD 108, CD 114 e OCEPAR 11-JURITI (fornecidos pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola – COODETEC); SAFIRA (cedido pela OR Melhoramento de Sementes Ltda), e BRS FIGUEIRA, BRS UMBÚ, BRS 177 e BR 18 (disponibilizados pela Embrapa Trigo). Os genótipos IPR 85, CD 108, OCEPAR 11-JURITI, FUNDACEP 29 e BR 18 foram escolhidos com base no reduzido potencial de afinamento e, CD 114, BRS UMBÚ, BRS 177, SAFIRA e BRS FIGUEIRA, com base no elevado potencial. Todos os genótipos foram semeados nos ensaios com cinco diferentes densidades: 50, 200, 350, 500 e 650 sementes aptas m^{-2} . Para densidade de semeadura, a escolha das diferentes frequências de plantas, foi definida em dois níveis acima e dois abaixo do padrão recomendado pela CBPT-2007 (Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo, 2007).

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas divididas com três repetições, em que os fatores genótipo e densidade foram considerados como parcela e subparcela, respectivamente, sendo o ambiente de avaliação considerado o terceiro fator experimental. Foram avaliados os seguintes caracteres a campo: i) número de afilhos férteis (NAF), por meio da contagem em um metro linear de cada subparcela do número de afilhos férteis no estágio de maturação fisiológica de cada genótipo, e em laboratório: ii) rendimento de grãos (RG), por meio de trilha individual de cada subparcela, em $kg\ ha^{-1}$; iii) massa de mil grãos (MMG), obtido através da contagem de quatro subamostras de 250 grãos de cada subparcela, em gramas; iv) massa de espiga (ME), obtida pela determinação da massa de espiga de sete espigas, escolhidas aleatoriamente em cada subparcela, em gramas e v) número de grãos por espiga (NGE), por meio da contagem do número de grãos de sete espigas, escolhidas aleatoriamente em cada subparcela.

Os dados referentes aos cinco caracteres avaliados foram submetidos à análise de variância no esquema parcela dividida, considerando o fator ambiente como aleatório e genótipo e densidade como fixos, utilizando o programa computacional Winstat (Winstat, 2006). Para os caracteres número de afilhos férteis e rendimento de grãos, os efeitos da interação entre estes fatores foram testados pela análise de regressão linear, através da significância dos distintos graus do polinômio em função dos diferentes níveis do fator densidade, sendo apresentados na forma de gráficos individuais para cada genótipo.

Para massa de mil grãos, os efeitos da interação entre os fatores foram testados na análise de médias para genótipos pelo teste de *Scott Knott*, fixando o fator de ambiente. Para massa de espiga e número de grãos por espiga, os efeitos da interação entre os fatores foram testados na análise de regressão linear, pela significância dos distintos graus do polinômio em função dos diferentes níveis do fator densidade, fixando o fator genótipo para massa de espiga e o fator ambiente para número de grãos por espiga.

3.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância conjunta revelaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para a interação tripla dos efeitos de ambiente, genótipo e densidade de semeadura, para dois caracteres avaliados: número de afilhos férteis e rendimento de grãos. Quanto ao caráter massa de mil grãos, foi detectado diferença significativa ($p < 0,05$) para interação ambiente x genótipo. Para o caráter massa de espiga, foi detectado diferença significativa ($p < 0,05$) para interação genótipo x densidade e, para número de grãos por espiga, ocorreu interação significativa ($p < 0,05$)

entre ambiente x densidade (Tabela 3).

A grande e distinta influência da densidade de semeadura e dos ambientes de avaliação, nos caracteres observados, destaca a importância do estabelecimento do estande ideal para a cultura do trigo, e a necessidade da recomendação de cultivares com base em mais de um ano e para ambientes específicos de cultivo. Estas mudanças provocadas com a densidade de semeadura são determinantes conforme o ambiente de cultivo, com efeito direto na produtividade do genótipo (Lloveras et al., 2004). Desta forma, a melhor exploração do genótipo está relacionado com o aproveitamento direto dos recursos do ambiente pela planta, assim como, uma densidade que se ajuste a uma maior resposta em produtividade (Darwinkel, 1978). Este aproveitamento expressa o melhor desempenho com as relações do meio de cultivo, através da competição entre plantas, por luz, água e nutrientes.

A ação do ambiente foi determinante no desempenho dos genótipos avaliados frente aos diferentes níveis de densidade. Isto pode ser destacado pelos resultados médios de rendimento de grãos nos distintos ambientes de avaliação, com 2.948, 4.399, 1.924, 1.396 e 1.459 kg ha⁻¹ na média conjunta dos genótipos para Pelotas/2005, Pelotas/2006, Pelotas/2007, Pato Branco/2007 e Ijuí/2007, respectivamente. Comparando os ambientes avaliados, pode-se observar que o melhor desempenho quanto ao caráter rendimento de grãos, foi observado no ambiente de Pelotas/2006, sendo o mesmo a apresentar as melhores condições climáticas para o desenvolvimento do trigo (Tabelas 1 e 2).

O experimento conduzido em Pelotas/2006 foi favorecido principalmente pelo adequado índice de chuva (precipitação pluviométrica) durante todo o desenvolvimento da cultura. Desta forma, o melhor desenvolvimento e sobrevivência de afilhos neste

ambiente são justificados, ocasionando um efeito direto no rendimento de grãos. Estresses causados por excesso de água no solo provocam intensas modificações em caracteres de importância agronômica, com efeito direto na produtividade final da cultura do trigo (Scheeren et al., 1995).

Os danos provocados pelo estresse hídrico durante o desenvolvimento da cultura e temperatura máxima muito elevada, foram determinantes no reduzido desempenho dos genótipos avaliados no ambiente de Pato Branco/2007 (Tabelas 1 e 2). Diversos trabalhos destacam a influência de altas temperaturas na redução do afilhamento (Cannel, 1969; Thorne & Wood, 1987; Hucl & Baker, 1990). Conforme destaca Mota (1989), sob condições ideais de temperatura (15 a 20°C), as plantas respondem de forma eficiente ao afilhamento, ou seja, cada genótipo consegue manifestar todo seu potencial em relação ao caráter afilhamento. Resultados similares são encontrados na literatura, destacando o menor rendimento de grãos de variedades conduzidas no ambiente de inverno seco, com redução do afilhamento e conseqüentemente o número final de espigas (Lloveras et al., 2004).

A densidade de semeadura para o ponto de máxima produção de afilhos por metro linear não foi à mesma densidade encontrada no ponto de máximo rendimento de grãos (Tabela 6). Neste sentido, o nível ótimo de densidade para rendimento de grãos pode não estar necessariamente relacionado com a maior emissão de afilhos férteis por metro linear, sendo o efeito de genótipo determinante para esta variação. Conforme verificado na Tabela 6, as maiores produtividades de grãos foram obtidas com menor densidade para os genótipos com elevado potencial de afilhamento, e com densidade mais elevada para os genótipos de reduzido potencial para o caráter.

O efeito diferencial na densidade de semeadura para a máxima produtividade

dos genótipos avaliados, pode ser verificado pelos cultivares CD 114 e FUNDACEP 29, respectivamente, de elevado e reduzido potencial de afilhamento. No ambiente de melhor desempenho (Pelotas/2006), estes genótipos obtiveram a maior produtividade nas densidades de 388 e superior a 650 sementes m^{-2} (comportamento linear), respectivamente para CD 114 e FUNDACEP 29. Resultados semelhantes são encontrados no ambiente de pior desempenho (Pato Branco/2007), com a máxima produtividade nas densidades de 393.2 (CD 114) e 555.8 (FUNDACEP 29) sementes m^{-2} (Tabela 6).

De acordo com os resultados verificados no trabalho, o efeito do genótipo e do ambiente foi determinante na densidade de semeadura obtida com o máximo rendimento de grãos. Resultados semelhantes são encontrados na literatura com a cultura do trigo, com o máximo rendimento de grãos em densidades de 371-508 sementes m^{-2} , 200-280 sementes m^{-2} e 400 sementes m^{-2} , em distintos ambientes de avaliação (Lloveras et al., 2004; Ellen, 1990; Lock, 1993; Joseph et al., 1985). Isto destaca a grande participação das diferentes condições de ambiente e do genótipo no estabelecimento da densidade ideal de semeadura a ser utilizada, justificando desta forma a necessidade de implementar, para cada condição de cultivo e genótipo utilizado, uma densidade ideal.

Conforme observado para a maioria dos genótipos com reduzido potencial de afilhamento, o aumento da densidade de semeadura foi determinante no incremento da produção dos caracteres número de afilhos férteis por metro linear e rendimento de grãos (Figuras 1 e 2), principalmente para os cultivares IPR 85 e BR 18. Esta maior variação ocorrida para os genótipos com menor potencial de afilhamento pode ser justificada pela necessidade de aumentar a densidade de modo a compensar o reduzido

número de afilhos emitidos por estes genótipos, alcançando desta forma maiores rendimentos. Este efeito compensatório pode ser de grande destaque quando relacionado aos componentes do rendimento (Freeze & Bacon 1990).

O efeito compensatório pode ser observado pelo melhor desempenho dos genótipos com reduzido afilhamento para a massa de espiga (Figura 3). Por outro lado, o caráter massa de espiga revela forte alteração conforme a densidade de semeadura, indicando a necessidade de explorar o potencial máximo de rendimento de grãos, em nível de densidade, para genótipos com reduzido afilhamento. Genótipos com reduzido potencial de afilhamento são mais dependentes da densidade de semeadura, em termos produtivos (Valério et al., 2008).

O excelente desempenho de genótipos com reduzido afilhamento, com o incremento da densidade de semeadura, pode ser verificado com FUNDACEP 29 nos ambientes de Pelotas/2005, Pelotas/2006 e Pelotas/2007, com 74, 105 e 97% de incremento, respectivamente. Resultados similares, porém pouco expressivos, também são encontrados na literatura, atingindo 33 e 49% de incremento no rendimento de grãos, com o aumento da densidade (Geleta et al., 2002; Ozturk et al., 2006). Neste sentido, pode ser destacado o melhor aproveitamento dos genótipos com reduzido afilhamento em elevadas densidades de semeadura, visto que, o comportamento de máxima para rendimento de grãos, sempre foi obtido em densidades superiores a 400 sementes m^{-2} (Tabela 4).

O devido ajuste da densidade para genótipos com reduzido potencial de afilhamento, potencializa o melhor aproveitamento de recursos com o meio, proporcionando a produção uniforme de afilhos sem haver o excessivo gasto de energia em benefício de afilhos com desenvolvimento retardado. Além disto, pode resultar em

maior eficiência de absorção e translocação de nutrientes para a planta, sem o risco de ocorrer perdas por elevada senescência de afilhos durante o desenvolvimento, ocorrendo assim, o melhor aproveitamento em rendimento.

O maior potencial de afilhamento, verificado com os genótipos FIGUEIRA, UMBU, CD 114, BRS 177 e SAFIRA, nas diferentes densidades de semeadura, destaca o melhor comportamento destes em reduzidas densidades, possivelmente pelo melhor aproveitamento de água, radiação e nitrogênio (Masle, 1985). Segundo Skinner e Nelson (1995), a luz atua como um sinal precoce na divisão celular e determina um maior crescimento foliar, que, por sua vez, está correlacionado com o aparecimento de novas folhas e afilhos (Skinner & Nelson, 1994). Além disso, possibilita um incremento na área verde da planta, proporcionando um aumento na radiação capturada (Whaley et al., 2000).

O desempenho superior de genótipos com elevado número de afilhos férteis, em reduzidas densidades, revela um mecanismo através do qual o trigo pode produzir um dossel (superfície de área foliar) com elevada absorção da radiação, e desta forma, manter elevado o rendimento de grãos (Whaley et al., 2000). Resultados similares são encontrados na literatura, com maior rendimento de grãos em densidades reduzidas, com efeito, direto, no maior número de grãos por espiga (Wood et al., 2003).

A queda na produção do número de afilhos férteis e no rendimento de grãos com o aumento da densidade de semeadura pode ser destacada em genótipos com elevado potencial de afilhamento (Figuras 1 e 2). Em elevadas densidades há maior competitividade por água do solo após a antese, resultando em redução no período de enchimento de grãos, o que resulta diretamente em redução do rendimento de grãos da cultura (Darwinkel et al., 1977). Genótipos com maior produção de afilhos, quando

submetidos a grandes densidades têm seu desenvolvimento afetado pela maior competição entre plantas do que os genótipos com reduzido afilhamento, diminuindo desta forma o aproveitamento de nutrientes pela planta, além de proporcionar maior facilidade ao acamamento e moléstias (Ozturk et al., 2006).

No presente trabalho, o caráter número de grãos por espiga sofreu grandes modificações em função do ambiente de avaliação, porém, o efeito de genótipo não foi determinante nas alterações de rendimento para as distintas densidades utilizadas (Tabela 3). Por outro lado, o aumento da densidade de semeadura foi determinante na queda do número de grãos por espiga, em todos os ambientes avaliados (Figura 3), comportamento este também observado por diversos autores (Lloveras et al., 2004; Arduini et al., 2006). Neste sentido, o potencial de afilhamento dos genótipos não parece ser determinante nas alterações provocadas no número de grãos por espiga, em relação ao efeito compensatório de genótipos de trigo para elevar o rendimento de grãos, sendo a densidade de semeadura, a principal responsável pelas alterações na expressão do caráter (Valério et al., 2008).

O caráter massa de mil grãos não revelou ter efeito para as variações de rendimento encontradas no trabalho, conforme mudança no nível de densidade de semeadura (Tabela 3). Resultados semelhantes são encontrados na literatura, onde o caráter massa de mil grãos demonstra ser pouco afetado pela densidade de semeadura (Donaldson et al, 2001; Lloveras et al., 2004; Hiltbrunner et al., 2005 e Ozturk et al., 2006). Por outro lado, o mesmo é fortemente influenciado pela época de semeadura, que acaba resultando no maior ou menor período de enchimento de grãos da cultura (Ozturk et al., 2006).

As condições climáticas e de manejo foram determinantes para o aumento do

caráter massa de mil grãos, nos distintos ambientes avaliados. Neste sentido, as grandes alterações em rendimento, observadas nos experimentos avaliados em Pelotas, se devem ao efeito na produção da massa de mil grãos, com 34.7; 30.5 e 17.4 gramas, respectivamente nos anos de 2005, 2006 e 2007. (Tabela 7). Neste último ano de avaliação conduzido em Pelotas, as temperaturas de máxima, foram muito reduzidas durante o período de desenvolvimento de afilhos, favorecendo a maior produção de afilhos, ocorrendo um efeito indireto nos componentes do rendimento, como observado no trabalho para massa de mil grãos.

Nos experimentos conduzidos nos ambientes de Pato Branco/2007 e Ijuí/2007, os valores elevados de massa de mil grãos, respectivamente 35.9 e 35.1 gramas, não foram determinantes em promover o aumento da produtividade dos genótipos avaliados (Tabela 7 e Figura 2). Isto pode ser atribuído ao grande efeito da temperatura máxima elevada e da precipitação pluviométrica reduzida em Pato Branco/2007 e elevada em Ijuí/2007, diferentemente dos experimentos conduzidos em Pelotas. Neste sentido, o efeito compensatório verificado pelo reduzido número de espigas por metro linear, nestes ambientes (Figura 1), não possibilitou o incremento no rendimento de grãos.

3.8 CONCLUSÕES

1 - A densidade recomendada de semeadura em trigo deve considerar o potencial de afilhamento dos genótipos e ambiente de avaliação. Genótipos com reduzida capacidade de afilhamento expressam um efeito pronunciado no aumento do rendimento de grãos e na massa de espiga, conforme o aumento da densidade de semeadura.

2 - O caráter número de grãos por espiga, revela a menor influência em termos produtivos em nível de genótipo, porém, é fortemente influenciado pela densidade.

3 - O efeito compensatório manifestado pelo caráter massa de mil grãos,

independente da densidade, é dependente das condições experimentais em que os genótipos são testados.

3.9 REFERÊNCIAS

ARDUINI, I.; MASONI, A.; ERCOLI, L.; MARIOTTI, M. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. **European Journal of Agronomy**, v.25, p.309-318, 2006.

CANNELL, R.Q. The tillering pattern in barley varieties. I. Production, survival and contribution to yield by component tillers. **Journal of Agricultural Science**, v.72, p.402-422, 1969.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Informações Técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a Safra 2007**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 114p.

DARWINKEL, A. Effect of sowing date and seed rate on crop development and grain production of winter wheat. **Netherlands Journal Agricultural Science**, v.25, p.83-94, 1977.

DARWINKEL, A. Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. **Netherlands Journal Agricultural Science**, v.26, p.383-398. 1978.

DAVIDSON, D.J.; CHEVALIER, P.M. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. **Crop Science**, v.30, p.832-836, 1990.

DONALDSON, E.; SCHILLINGER, F.W.; DOFING, S.M. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. **Crop Science**, v.41, p.100-106, 2001.

ELLEN, J. Effects of nitrogen and plant density on growth, yield and chemical composition of two winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. **Journal Agronomy Crop Science**, v.164, p.174-183, 1990.

FREEZE, D.M.; BACON, R.K. Row-spacing and seeding rate effects on wheat yields in the Mid-South. **Journal Production Agriculture**, v.3, p.345-348, 1990.

GELETA, B.; ATAŞ, M.; BANZIGER, P.S.; NELSON, L.A.; BALTENSBERGER, D.D.; ESKRIDGE, K.M.; SHIPMAN, M.J.; SHELTON, D.R., Seeding rate and genotype effect on agronomic performance and end-use quality of winter wheat. **Crop Science**, v.42, p.827-832. 2002.

HILTBRUNNER, J.; LIEDGENS,; STAMP, P.; STREIT, B. Effects of row spacing and liquid manure on directly drilled winter wheat in organic farming. **European Journal of Agronomy**, v.22, p.441-447, 2005.

HUCL, P.; BAKER, R.J. Effects of seeding depth and temperature on tillering characteristics of four spring wheat cultivars. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v.70, p.409-417, 1990.

JOSEPH, K.D.S.M.; ALLEY, M.M.; BRANN, D.E.; GRAVELLE, W.D. Row spacing and seeding and rate effects on yield and yield components of soft red winter wheat. **Agronomy Journal**, v.77, p.211-214, 1985.

LLOVERAS, J.; MANENT, J.; VIUDAS, J.; LÓPEZ, A.; SANTIVERI, P. Seeding rate influence on yield and yield components of irrigated winter wheat in a mediterranean climate. In Wheat. **Agronome Journal**, v.96, p.1258-1265. 2004.

LOCK, A.A. Management strategies for winter wheat; limitation of yield, seeding rate and nitrogen timing. **Aspects of Applied Biolo**y, v.34, p.309-317, 1993.

MARTIN, G.C. Apical dominance. **HortScience**, v.22, n.5, p.824-833, 1987.

MASLE, J. Competition among tillers in winter wheat: consequence for growth and development of the crop. In Wheat Growth and Modelling; **Proceeding of a NATO Advanced Research Workshop held April 9-12 in Bristol**, p.33-54, 1985. Eds W Day and R K Atkin. New York, USA: Plenum Press.

- MOTA, F.S. Clima, tecnologia e produtividade do trigo no Brasil. In: MOTA, F.S., **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.1-35, 1989.
- OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal Agronomy Crop Science**, v.192, p.10-16, 2006.
- RICKMAN, R.W.; KLEPPER, B.L.; PETERSON, C.M. Time distributions for describing appearance of specific culms of winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison. v.75, p.551-556, 1983.
- SCHEEREN, P.L. ; CARVALHO, F.I.F. ; FEDERIZZI, L.C. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo. Parte II – Teste no Campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.605-619. 1995.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. **Annals of Botany**, v.74, n.1, p.9-15, 1994.
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

THORNE, G.N.; WOOD, D.W. Effects of radiation and temperature on tiller survival, grain number and grain yield in winter wheat. **Annals of Botany**, v.59, p.413-426. 1987.

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MACHADO, A.A.; BENIN, G.; SCHEEREN, P.L.; SOUZA, V.Q.; HARTWIG, I. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.319-326, 2008.

WHALEY, J.N.; SPARKES, D.L.; FOULKES, M.J.; SPINK, J.H.; SCOTT, R.K. The physiological response of winter wheat to reductions in plant density. **Annals of Applied Biology**. 2000, v.137, p.164-177.

WINSTAT. **Sistema de análise estatística para Windows**. Universidade Federal de Pelotas. 2006.

WOOD, G.D.; WELSH, J.P.; GODWIN, R.J.; TAYLOR, J.C.; EARL, R.; KNIGHT, S.M. Real-time measures of canopy size as a basis for spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. **Biosyst. Eng**, v.84, p.513-531, 2003.

Tabela 1 – Informações de classificação do tipo de solo, latitude, longitude, altitude* e o resumo da análise de solo nos cinco ambientes avaliados, destacando a adubação realizada nos distintos ambientes. FAEM/UFPeL, 2008.

Ambiente de avaliação	Classificação do Solo	Latitude S	Longitude W	Altitude (m)	Análise de solo					Adubação	
					Argila	pH	M.O. (%)	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Base (5-20-20)	Cobertura (N)
Pelotas-RS/2005	Argis. distrófico de textura argilosa	31° 52' 00"	52° 21' 24"	13.24	11.5	5.5	1.2	13	68	250	40
Pelotas-RS/2006	Argis. distrófico de textura argilosa	31° 52' 00"	52° 21' 24"	13.24	13	5.7	1.5	14.3	74	200	40
Pelotas-RS/2007	Argis. distrófico de textura argilosa	31° 52' 00"	52° 21' 24"	13.24	11	5.5	1	12.5	65	250	40
Pato Branco-PR/2007	Latos.vermelho distrófico. típico argiloso	26° 7' 00"	52° 41' 00"	700	-	5.7	5.3	8.52	156	200	50
Ijuí-RS/2007	Latos.vermelho distroférico típico	28° 27' 17"	53° 54' 53"	328	45	6.6	3.2	31	385	200	40

*Embrapa Clima Temperado – Pelotas-RS; Instituto Agrônômico do Paraná – Pato Branco-PR e Instituto Regional de Desenvolvimento Rural, UNIJUÍ – Ijuí-RS.

Tabela 2 – Informações de sistema e data de semeadura com os dados meteorológicos* nos cinco ambientes avaliados, destacando as médias de temperatura máxima e precipitação pluviométrica nos meses de desenvolvimento da cultura+. FAEM/UFPeL, 2008.

Ambiente de avaliação	Semeadura	Data semeadura	Médias de temperatura máxima (°C) / Meses						Médias de precipitação (mm) / Meses					
			Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Pelotas-RS/2005	Convencional	10 de Junho	21.6	19.4	20.7	18.2	21.5	-	28.2	42.2	101.6	241.6	93.3	-
Pelotas-RS/2006	Convencional	16 de Junho	19.9	21.3	18.6	19.7	23.8	-	61.2	79.2	109.8	89	53.4	-
Pelotas-RS/2007	Convencional	4 de Julho	-	15.3	15.8	21.6	23.5	24.2	-	90.4	185.9	91	127.4	78.3
Pato Branco-PR/2007	Direto	18 de Julho	-	19.1	23.3	27.4	26.7	27.2	-	145.6	30.4	31	172.2	241.8
Ijuí-RS/2007	Direto	15 de Junho	21.1	17.6	20.2	25.8	26.8	-	32.8	133.4	64.8	263.4	230.2	-

*Embrapa Clima Temperado – Pelotas-RS; Instituto Agrônômico do Paraná – Pato Branco-PR e Instituto Regional de Desenvolvimento Rural, UNIJUÍ – Ijuí-RS.

+Foram realizadas 2 aplicações de fungicida em todos os ambientes de avaliação. Foi observado a ocorrência de geada nos meses de junho, julho e agosto em Ijuí-RS.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância do modelo parcela dividida para as fontes de variação ambiente, genótipo e densidades, avaliados quanto aos caracteres número de afilhos férteis por metro linear (NAF), rendimento de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), massa de espiga (ME) e número de grãos por espiga (NGE). FAEM/UFPeL, 2008.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios				
		NAF	RG	MMG	ME	NGE
Ambiente	4	41644.69*	1.838725E008*	8936.27*	66.61*	14162.46*
Genótipo	9	35815.31*	9965037*	1030.55*	2.92*	693.42*
Repetição	2	71.52	623128.6	0.82	0.0072	1.50
Densidade	4	54793.84*	2.294127E007*	314.00*	4.46*	1619.89*
Ambiente x Genótipo	36	2354.29*	1281050*	128.97*	0.49*	171.18*
Ambiente x Repetição	8	867.58	261040.5	8.62	0.15	41.30
Ambiente x Densidade	16	9612.44*	812816.3*	13.79 ^{ns}	0.52*	125.63*
Genótipo x Repetição	18	241.00	188521.7	11.02	0.040	28.36
Genótipo x Densidade	36	503.20 ^{ns}	454238.6*	7.61 ^{ns}	0.10*	13.77 ^{ns}
Ambiente x Genótipo x Repetição	72	288.18	199541.7	13.08	0.055	22.28
Ambiente x Genótipo x Densidade	144	495.58*	235036.1*	8.26 ^{ns}	0.061 ^{ns}	19.28 ^{ns}
Resíduo	400	135.53	89541.89	6.81	0.058	18.66
Coefficiente de Variação (%)		12.80	14.68	8.47	14.90	12.68

* Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo Teste F e ^{ns}Não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo Teste F.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância do modelo de regressão dez genótipos de trigo avaliados quanto aos caracteres número de afilhos férteis por metro linear (NAF), rendimento de grãos (RG) e massa de espiga (ME), em cinco densidades de semeadura (50, 200, 350, 500 e 650 sementes m⁻²), para cinco ambientes¹. FAEM/UFPel, 2008.

Ambiente	GP ⁺	Genótipo / Quadrado Médio									
		IPF 85	BRS FIGUEIRA	CD 108	BRS UMBU	CD 114	BRS 177	OCEPAR 11-JURITI	SAFIRA	FUNDAC. 29	BR 18
Número de afilhos por metro linear (NAF)											
1	1º	1657.6*	8333.3*	2050.1*	2066.7*	7022.7*	7744.1*	2236.0*	1293.6	2430*	2017.2*
	2º	2.8	378*	427.5*	40.0	61.9	152.3	57.1	272.5*	11.5	34.3
	3º	32.0	40.8	14.7	546.1*	166.3	19.2	61.6	136.5	20.8	0.3
2	1º	112.1	4737.6*	8433.6*	907.5	5713.2*	61.6	1320.0*	1936.0*	2.1	2539.2*
	2º	160.0	0.21	632.5	421.1	2171.5*	586.8	1337.3*	2072.0*	402.3	0.85
	3º	2.7	512.5	760.0	163.3	353.6	264	0.3	625.6	276.0	58.8
3	1º	2448.0*	0.3	504.3*	2822.7*	1428.3*	8200.5*	1056.1*	50.7	208.0	128.1
	2º	514.5*	1646.8*	66.8	12.5	66.8	1.5 10 ⁻⁵	210.3	617.1*	0.59	91.5
	3º	0.3	100.5	4.0	313.6*	0.03	929.6*	38.5	34.1	1.6	12.0
4	1º	3328.5*	488.0*	3224.0*	3586.1*	4368.1*	2726.5*	3328.5*	4514.1*	8300*	5148.3*
	2º	116.6	712.5*	40.0	0.85	1173.4*	257.5	550.0*	0.09	242.8	5.3
	3º	1.6	929.6*	61.6	182.5	307.2	58.8	10.8	158.7	26.1	208.0
5	1º	14344.5*	30020*	48964.8*	45318.5*	41589.6*	17232*	14963.3*	26225.6*	43853.6*	13525.6*
	2º	11.5	106.8	4907.5*	74.6	886.8*	0.2	144.8	617.1*	460*	712.5*
	3º	128.1	5.6	124	10.8	2594.7*	34.1	140.8	1598.7*	3944.5*	43.2
Rendimento de grãos (RG)											
1	1º	1446285*	3234083*	671404*	15732	402520	176486	963379*	1157188*	4347213*	2679638*
	2º	262.5	377152	555450*	1253214*	734714*	1637472*	4526	2398126*	3963	4160
	3º	27664	111020	238699	59052	16333	496	166954	56	305020	150946
2	1º	6357203*	374083	3843488*	4712	1060696*	62837	7367589*	5217504*	8039363*	598688
	2º	1187424*	6346149*	39498	7065120*	5749060*	4903600*	2095313*	7894468*	5259	1051650*
	3º	54613	1000840	138176	1602216*	60032	101966	134804	804585	388740	36820
3	1º	611755*	1912687*	622944*	302605*	543245*	1016048*	1778280*	1564996*	1987642*	2527061*
	2º	1218564*	120857	1875372*	23100	948904*	225720*	243200*	2216283*	22680	998845*
	3º	1809	3.3	40260	52417	28582	28029	227057	80186	76608	220280
4	1º	954896*	515037*	291002*	650827*	156570*	735631*	505578*	864842*	1331413*	1640340*
	2º	98775	17464	108957	439953*	660797*	777893*	83988	837008*	247560*	62102
	3º	70301	3787	30087	767	51475	318	27384	82829	41951	111239
5	1º	389818*	3646432*	790608*	692272*	1390773*	1747895*	700612*	249942*	319181*	573281*
	2º	297921*	43900	383665*	627724*	479128*	500605*	328391*	2055806*	496737*	492661*
	3º	63513	80681	45181	4663	111549	761122*	728	39327	833	53534
Massa de espiga por planta (ME)											
Conjunta	1º	2.95*	0.61*	2.44*	0.88*	3.27*	2.33*	2.42*	0.40*	1.28*	2.35*
	2º	0.084	0.28	0.35*	0.016	0.37*	0.10	0.23*	0.023	0.035	0.066
	3º	0.015	0.15	0.0088	0.012	0.030	0.024	0.040	0.023	0.070	0.0029

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ⁺Grau do polinômio: (1º = primeiro grau, 2º = segundo grau e 3º = terceiro grau).

¹ Ambiente 1 = Pelotas-RS/2005; Ambiente 2 = Pelotas-RS/2006; Ambiente 3 = Pelotas-RS/2007; Ambiente 4 = Pato Branco-PR/2007 e Ambiente 5 = Ijuí-RS/2007.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância do modelo de regressão para cinco ambientes de avaliação, avaliados quanto ao caráter número de grãos por espiga (NGE) em cinco densidades de semeadura (50, 200, 350, 500 e 650 sementes m⁻²). FAEM/UFPeI, 2008.

Ambientes	GP+	Quadrado Médio
Pelotas-RS/2005	1º	3188.28*
	2º	243.80*
	3º	20.80
Pelotas-RS/2006	1º	3454.41*
	2º	141.75*
	3º	15.87
Pelotas-RS/2007	1º	686.02*
	2º	7.18
	3º	0.11
Pato Branco-PR/2007	1º	200.08*
	2º	3.62
	3º	3
Ijuí-RS/2007	1º	371.63*
	2º	103.0*
	3º	21.2

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

†Grau do polinômio: (1º = primeiro grau, 2º = segundo grau e 3º = terceiro grau)

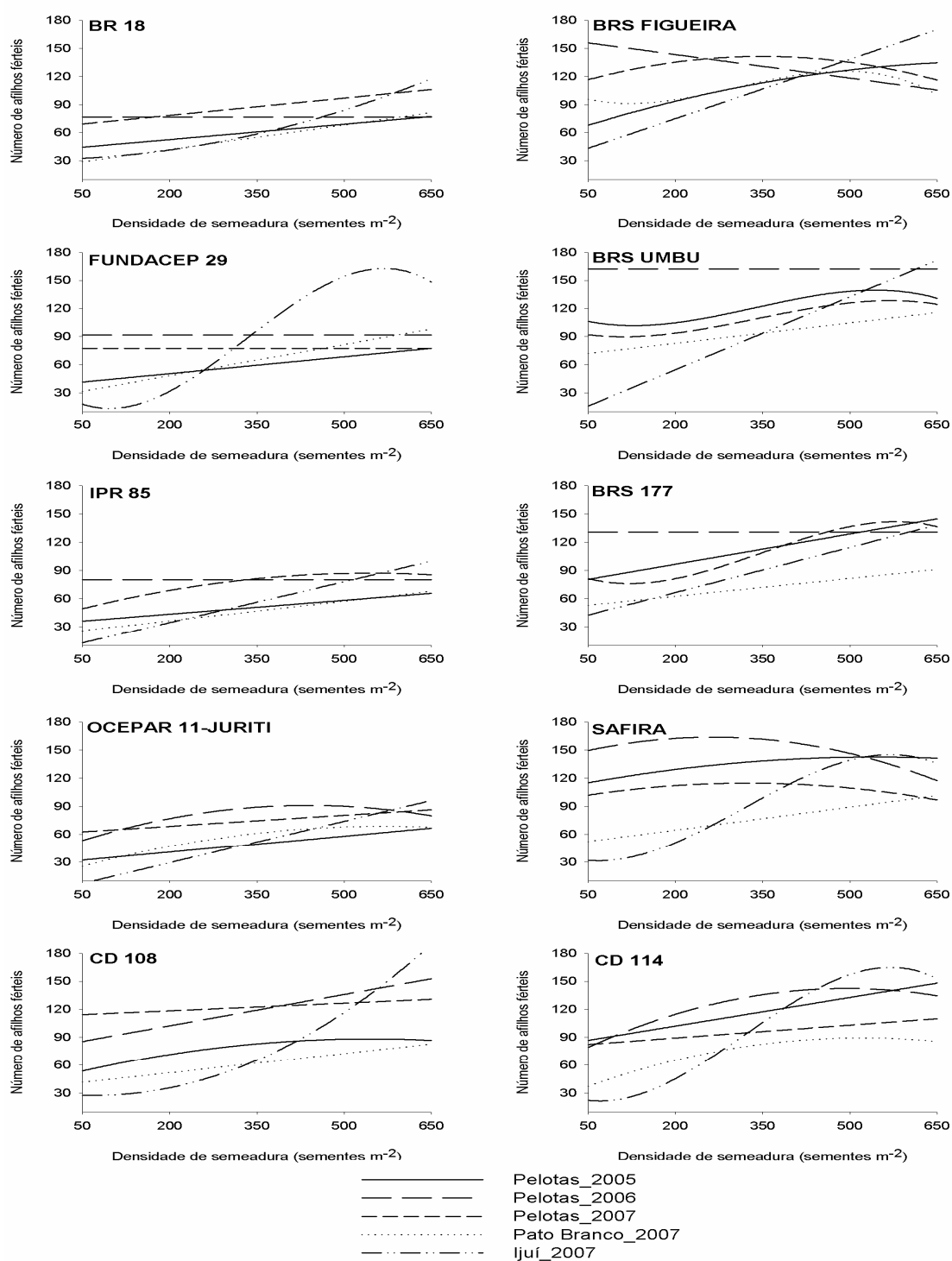


Figura 1 - Curvas de número de afilhos férteis por metro linear (NAF) de genótipos de trigo (IPR 85, BRS FIGUEIRA, CD 108, BRS UMBU, CD 114, BRS 177, OCEPAR 11-JURITI, SAFIRA, FUNDACEP 29 e BR 18), da análise de regressão, testados em cinco ambientes, em diferentes densidades de semeadura. FAEM/UFPeI, 2008.

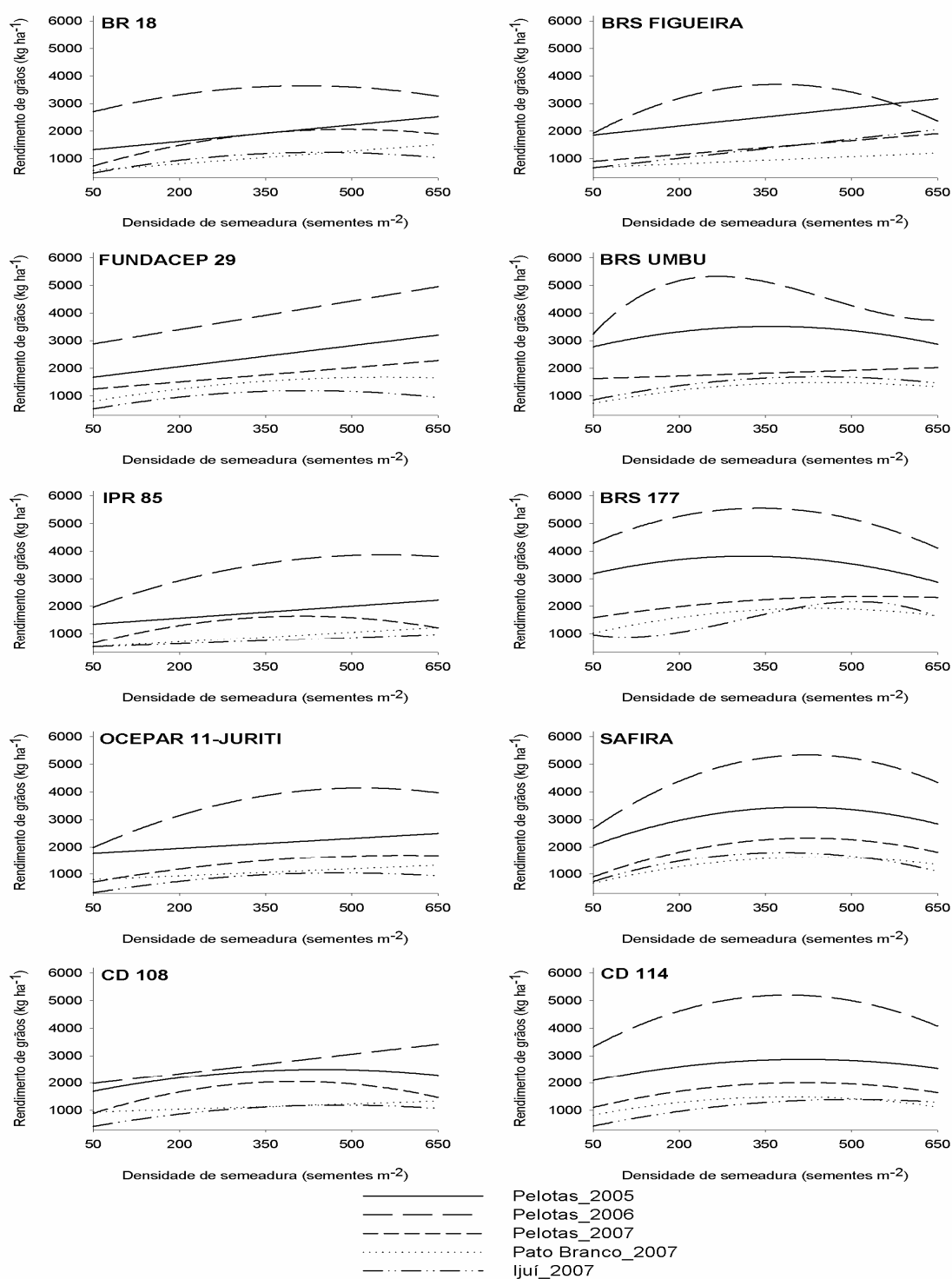


Figura 2 - Curvas de rendimento de grãos (RG) de genótipos de trigo (IPR 85, BRS FIGUEIRA, CD 108, BRS UMBU, CD 114, BRS 177, OCEPAR 11-JURITI, SAFIRA e FUNDACEP 29 e BR 18), da análise de regressão, testados em cinco ambientes, em diferentes densidades de semeadura. FAEM/UFPel, 2008.

Tabela 6 – Valores calculados de densidade de semeadura através das equações de regressão ajustadas para cada genótipo, referente ao ponto de máxima (PM) para os caracteres número de afilhos férteis (NAF) e rendimento de grãos (RG). FAEM/UFPel, 2008.

Genótipos	Ambiente ⁺ 1 – Densidade (sementes m ⁻²)		Ambiente 2 – Densidade (sementes m ⁻²)		Ambiente 3 – Densidade (sementes m ⁻²)		Ambiente 4 – Densidade (sementes m ⁻²)		Ambiente 5 – Densidade (sementes m ⁻²)	
	PM/NAF	PM/RG	PM/NAF	PM/RG	PM/NAF	PM/RG	PM/NAF	PM/RG	PM/NAF	PM/RG
IPR 85	Linear	Linear	-*	555.3	543.5	412.8	Linear	Linear	Linear	451.5
BRS FIGUEIRA	234.5	Linear	Linear	371.5	348.8	Linear	489.9	Linear	Linear	Linear
CD 108	544.3	447.6	Linear	Linear	Linear	401.1	Linear	Linear	650.0	477.4
BRS UMBU	544.1	360.0	-	265.8	569.2	Linear	Linear	457.9	Linear	443.2
CD 114	Linear	415.6	493.9	388.0	Linear	417.1	521.2	393.2	570.1	501.2
BRS 177	Linear	320.8	-	339.9	578.5	538.2	Linear	436.3	Linear	510.9
OCEPAR 11-JURITI	Linear	Linear	438.1	516.4	Linear	589.9	568.3	Linear	Linear	479.6
SAFIRA	543.3	411.6	264.2	422.1	324.5	424.5	Linear	440.2	569.4	380.9
FUNDACEP 29	Linear	Linear	-	Linear	-	Linear	Linear	555.8	568.9	421.1
BR 18	Linear	Linear	Linear	416.9	-	491.1	Linear	Linear	650.0	445.7

*A equação não se ajustou a nenhum grau do polinômio.

+Ambiente 1 = Pelotas-RS/2005; Ambiente 2 = Pelotas-RS/2006; Ambiente 3 = Pelotas-RS/2007; Ambiente 4 = Pato Branco-PR/2007 e Ambiente 5 = Ijuí-RS/2007.

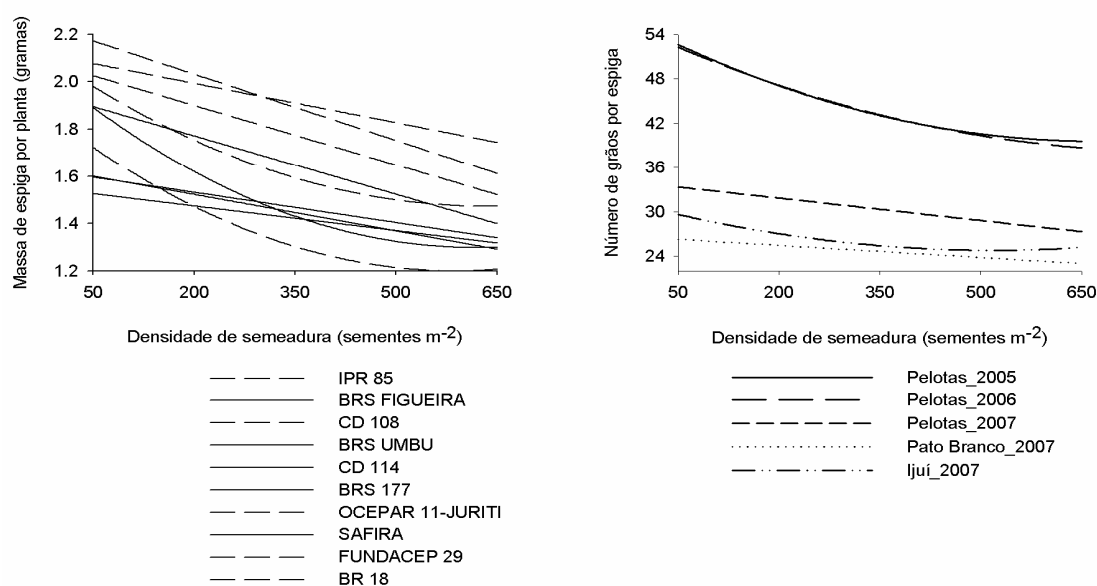


Figura 3 - Curvas de massa de espiga por planta (ME) e número de grãos por espiga (NGE) de genótipos de trigo (IPR 85, BRS FIGUEIRA, CD 108, BRS UMBU, CD 114, BRS 177, OCEPAR 11-JURITI, SAFIRA, FUNDACEP 29 e BR 18), da análise de regressão, testados em cinco ambientes, em diferentes densidades de semeadura. FAEM/UFPeL, 2008.

Tabela 7 - Comparação de médias* entre dez genótipos de trigo, sob cinco ambientes de avaliação e entre os ambientes avaliados, para massa de mil grãos (MMG). FAEM/UFPeL, 2008.

Genótipo	Massa de mil grãos (MMG)				
	Ambiente ⁺ 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Ambiente 4	Ambiente 5
IPR 85	A 41.3 ab	A 39.7 ab	B 20.7 a	A 41.4 a	A 36.1 a
BRS FIGUEIRA	A 27.25 c	AB 26.2 bc	B 15.1 a	A 29.2 a	A 31.8 a
CD 108	A 32.1 abc	A 31.6 abc	B 15.5 a	A 36.4 a	A 33.2 a
BRS UMBU	A 31.7 bc	AB 26.8 bc	B 16.3 a	A 33 a	A 36.4 a
CD 114	A 31.8 bc	AB 25.1 c	B 16 a	A 37 a	A 36.1 a
BRS 177	A 34.9 abc	AB 24.8 c	B 16.4 a	A 34.4 a	A 34.3 a
OCEPAR 11-JURITI	A 36.27 abc	A 34.21 abc	B 17.1 a	A 33.1 a	A 35.5 a
SAFIRA	AB 31.17 bc	BC 23.2 c	C 16.2 a	AB 33.3 a	A 35.7 a
FUNDACEP 29	A 35.3 abc	AB 29.9 bc	B 18.8 a	A 41.2 a	A 33.1 a
BR 18	A 45.83 a	A 44.1 a	B 22.4 a	A 40 a	A 38.6 a
Média	34.7	30.5	17.4	35.9	35.1

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente a 5% de probabilidade entre os genótipos e Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem significativamente a 5% de probabilidade entre ambientes.

⁺Ambiente 1 = Pelotas-RS/2005; Ambiente 2 = Pelotas-RS/2006; Ambiente 3 = Pelotas-RS/2007; Ambiente 4 = Pato Branco-PR/2007 e Ambiente 5 = Ijuí-RS/2007.

Capítulo III

4. DESENVOLVIMENTO DE AFILHOS E COMPONENTES DO RENDIMENTO EM GENÓTIPOS DE TRIGO SOB DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA

(Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – ISSN: 0100-204X)

v.43, n.3, p.319-326, 2008

Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura

4.1 Resumo – O objetivo deste trabalho foi determinar o padrão de desenvolvimento de afilhos em genótipos de trigo contrastantes para esse caráter, em diferentes densidades de semeadura, bem como seus efeitos sobre os componentes do rendimento de grãos. O experimento foi conduzido no Município de Capão do Leão, RS, em 2006. Dez cultivares de trigo, selecionadas com base na capacidade de afilhamento, foram utilizadas em delineamento de parcelas divididas, com a parcela composta pelo fator cultivar, e a subparcela pela densidade de semeadura, com 50, 200, 350, 500 e 650 sementes aptas por metro quadrado. Observou-se que a senescência de afilhos esteve diretamente relacionada ao potencial de afilhamento dos genótipos. Os genótipos com elevada capacidade de afilhamento apresentaram efeito mais pronunciado da senescência, com o aumento da densidade de semeadura. O melhor ajuste dos componentes do rendimento foi obtido por meio da adequada densidade de semeadura, que deve ser realizada com base no potencial de afilhamento dos genótipos. Além disto, o efeito compensatório de genótipos com reduzido potencial de afilhamento é resultante de maior massa de grãos por espiga, em detrimento do número de espigas por unidade de área.

4.2 Termos para indexação: *Triticum aestivum*, estágio de desenvolvimento, potencial de afilhamento, sobrevivência de afilhos.

Tiller development and yield components in wheat genotypes under different seeding densities

4.3 Abstract – The objective of this work was to determine the developmental pattern of

tillers in wheat genotypes showing contrasting number of tillers. The genotypes were tested under different seeding densities, in order to evaluate their effect on grain yield components. The experiment was performed in Capão do Leão County, Rio Grande do Sul State, Brazil, in 2006. Ten wheat cultivars, selected by their tillering ability, were tested in a split plot design, where plots were formed by the genotype (cultivar), and subplots by different seeding densities: 50, 200, 350, 500 and 650 seeds per square meter. Results indicated that tiller senescence is directly correlated to tillering potential of the genotypes, and genotypes with higher tillering ability presented higher senescence values, when subjected to higher seeding densities. The best adjustment of yield components is obtained from the adequate seeding density, which can be achieved by matching the density and tillering potential. Also, higher yield in genotypes with reduced tillering potential is achieved by increasing grain mass per ear, to compensate for their lower number of ears per area unit.

4.4 Index terms: *Triticum aestivum*, developing stages, tillering potential, tiller survival.

4.5 Introdução

A emissão, desenvolvimento e a sobrevivência dos afilhos são de extrema importância para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). Este caráter está diretamente relacionado ao número de espigas por unidade de área e indiretamente aos componentes do rendimento: número de grãos por espiga e massa de grãos (Davidson & Chevalier, 1990). Um dos motivos da baixa produtividade média das lavouras de trigo, no Brasil, tem sido atribuído à pequena participação de afilhos férteis na formação do rendimento final (Mundstock, 1999).

Tais dificuldades estão relacionadas à grande diversidade no padrão de afilhamento dos genótipos de trigo, o que faz com que não haja clareza ou critérios para a escolha da densidade de semeadura mais adequada. Isto determina que, em muitos casos, não exista relação direta do número de afilhos férteis com o rendimento de grãos (Sparkes et al., 2006).

Isto se deve, em parte, não só às diferenças no padrão de afilhamento dos genótipos em cultivo, mas também à presença do forte efeito da interação genótipo x ambiente, relacionados à emissão e à sobrevivência de afilhos (Ozturk et al., 2006).

Os efeitos de ambiente e de manejo sobre a expressão da capacidade de afilhamento têm sido estudados em diversos trabalhos, e a densidade de semeadura foi identificada como uma das técnicas culturais que mais influenciam o rendimento de grãos e seus componentes (Ozturk et al. 2006; Sparkes et al., 2006). A maximização do rendimento de grãos em relação à densidade de semeadura está fortemente relacionada ao potencial do genótipo em produzir afilhos férteis, o que também influencia, de forma direta, o número de espigas produzidas por unidade de área (Ozturk et al., 2006).

O aumento de padrões irregulares de afilhos pode ser atribuído à densidade de semeadura utilizada em que, muitas vezes, não se considera o potencial de afilhamento dos genótipos, o que aumenta a senescência de afilhos férteis. Assim, a manutenção do rendimento de grãos, nos diferentes níveis de densidade, é atribuída à compensação nos demais componentes do rendimento de grãos (Holen et al., 2001), uma vez que o trigo apresenta um efeito pronunciado em compensar a falta ou excesso de um componente pela modificação ou ajuste dos demais componentes (Freeze & Bacon, 1990). Essas relações são determinantes para a maximização do potencial de rendimento de grãos.

O conhecimento da habilidade do efeito compensatório entre os componentes do rendimento, de genótipos que apresentam diferente potencial de afilhamento, é de fundamental importância para a recomendação de técnicas de manejo diferenciadas, a fim de melhor se explorar o rendimento de grãos dessas constituições genéticas. Isso se deve, principalmente, ao fato de os efeitos compensatórios dos componentes do rendimento de grãos serem dependentes do genótipo, do ambiente e da interação entre ambos (Atchley & Zhu, 1997). Genótipos de trigo com menor capacidade de afilhamento são dependentes de

uma adequada densidade de semeadura, já que possuem menor efeito compensatório do número de espigas por unidade de área, apesar de apresentarem maior fertilidade de espiguetas e maior massa de grãos por planta (Scheeren et al., 1995; Motzo et al., 2004). Além disso, genótipos de elevado número de afilhos, de acordo com Richards (1988), apresentam maior incidência de afilhos inférteis, e são, portanto, dependentes do ajuste adequado da densidade de semeadura.

O objetivo deste trabalho foi acompanhar a emissão e sobrevivência de afilhos em genótipos de trigo contrastantes para esse caráter, cultivados em diferentes densidades de semeadura, e identificar os genótipos que evidenciassem o melhor efeito compensatório dos componentes do rendimento e maior plasticidade em relação às modificações do ambiente.

4.6 Material e Métodos

O experimento foi estabelecido no ano agrícola de 2006, em campo experimental do Centro de Genômica e Fitomelhoramento, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, no Município de Capão do Leão, RS. O município está a 31°52'0"S e 52°21'24"W, a altitude de 13,24 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, com precipitação pluviométrica média anual de 1.280,2 mm (Moreno, 1961). O solo é da classe Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa e relevo ondulado, com presença marcante do lençol freático próximo à superfície.

A análise química do solo foi realizada em amostras retiradas da profundidade de 0–20 cm, antes da instalação do experimento. O solo apresentou as seguintes características: 1,5% de MO; pH em água de 5,7; 14,3 mg dm⁻³ de P (Melich 1) e 74 mg dm⁻³ de K. Para a condução do experimento, a adubação de base consistiu da aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N–P₂O₅–K₂O (5–20–20), mais 40 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura, no início do aphilamento.

O controle de pragas e doenças foi realizado de acordo com as recomendações da CSBPT-2006 (Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo, 2006).

Foram utilizados dez genótipos de trigo de origem brasileira, contrastantes quanto ao potencial de afixamento: FUNDACEP 29; IPR 85; CD 108, CD 114 e OCEPAR 11-JURITI; SAFIRA, e BRS FIGUEIRA, BRS UMBÚ, BRS 177 e BR 18. Os genótipos IPR 85, CD 108, OCEPAR 11-JURITI, FUNDACEP 29 e BR 18 foram escolhidos com base no reduzido potencial de afixamento, e CD 114, BRS UMBÚ, BRS 177, SAFIRA e BRS FIGUEIRA, com base no elevado potencial. Todos os genótipos foram semeados com cinco diferentes densidades: 50, 200, 350, 500 e 650 sementes aptas por metro quadrado. As avaliações para o caráter número de afilhos foram realizadas em cinco épocas distintas: aos 20, 45 e 70 dias após emergência, no florescimento e na maturação.

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas divididas, com três repetições, em que os fatores genótipo e densidade foram considerados como parcela e subparcela, respectivamente, e a época de avaliação foi considerada o terceiro fator experimental. Foram avaliados os seguintes caracteres em campo: número de afilhos (NA), por meio da contagem do número de afilhos de cada genótipo, em 1 m de cada subparcela nos cinco estádios de avaliação, em que a última contagem foi somente de afilhos férteis (NAF); número de grãos por espiga (NGE), por meio da contagem do número de grãos de sete espigas, escolhidas aleatoriamente em cada subparcela; e massa de grãos por espiga (MGE), obtida pela determinação da massa de grãos de sete espigas, escolhidas aleatoriamente em cada subparcela.

Os dados do número de afilhos, avaliados em campo, foram submetidos à análise de variância no esquema de parcelas divididas, com o programa computacional Winstat (Winstat, 2006), tendo-se considerado os fatores época de avaliação, genótipo e densidade como fixos, e o efeito de época aninhado aos efeitos de genótipo e densidade. Os efeitos da interação entre

os fatores foram testados na análise de regressão linear, por meio do teste da significância dos distintos graus do polinômio, em função das diferentes épocas de avaliação, e apresentados na forma de gráficos individuais para cada genótipo. Os caracteres número de grãos por espiga e massa de grãos por espiga, avaliados em laboratório, foram submetidos à análise de variância no esquema de parcelas divididas, tendo-se considerado os fatores genótipo e densidade como fixos. Os efeitos da interação entre estes fatores também foram testados na análise de regressão linear, por meio do teste da significância dos distintos graus do polinômio em função dos diferentes níveis do fator densidade, e também apresentados na forma de gráficos individuais.

4.7 Resultados e Discussão

A análise de variância do número de afilhos revelou diferença significativa ($p < 0,05$) tanto para as épocas de avaliação, quanto para as interações (Tabela 1). A presença da interação tripla – época de avaliação x densidade x genótipo – indica que há diferença de potencial de afilhamento entre o conjunto de genótipos avaliados e que a expressão do potencial de afilhamento é dependente da densidade de semeadura e da época de avaliação.

Em relação aos caracteres massa de grãos por espiga e número de grãos por espiga, o efeito da interação genótipo x densidade não foi significativo. Isto revela, quanto aos genótipos avaliados, que a densidade de semeadura não exerce influência significativa para as diferentes médias de produção encontradas entre os genótipos, relativas a estes caracteres. Os coeficientes de variação foram de 10,07 e 10,12% para massa de grãos por espiga e número de grãos por espiga, respectivamente, o que expressa boa precisão. Entretanto, em relação ao número de afilhos, a maior magnitude do coeficiente de variação (15,87%) demonstra necessidade de maior controle das técnicas experimentais, como aumento do número de repetições e tamanho de parcela.

Os genótipos escolhidos com base no reduzido potencial de afilhamento apresentaram, de acordo com as diferentes épocas, diferente comportamento na produção de afilhos por metro, nas diferentes densidades avaliadas. Os genótipos não diferiram entre as épocas, apresentaram comportamento linear, quadrático e cúbico do número de afilhos produzidos em relação à variação na época de avaliação (Figura 1). Além disso, nos genótipos com elevado potencial de afilhamento, o desempenho na produção de afilhos por metro, de acordo com as diferentes épocas, foi uniforme, com comportamento quadrático, exceto nos genótipos BRS Figueira, nas densidades de 500 e 600 sementes aptas por metro quadrado, e Safira, na densidade de 600 sementes aptas por metro quadrado (Figura 1). A diferença na produção de afilhos, em função das épocas de avaliação, observada entre os dois grupos de genótipos, mostra a maior contribuição da densidade de semeadura sobre a produção de afilhos, para os genótipos com reduzido potencial de afilhamento, o que ressalta a necessidade de condução destes genótipos em densidades adequadas, para uma maior contribuição do número de espigas por unidade de área na produtividade da cultura (Ozturk et al., 2006).

Conforme análise de variância para cada genótipo, no caráter número de afilhos, apenas o genótipo OCEPAR 11-JURITI não apresentou efeito significativo quanto à interação densidade de semeadura x época de avaliação, somente efeito simples de época. Isto mostra que, mesmo ao ser utilizada uma elevada densidade de semeadura neste genótipo, a produção de espigas por unidade de área não seria afetada. Quanto aos demais genótipos com reduzida capacidade de afilhamento, observa-se, na Figura 1, que o maior ponto de máxima para o caráter número de afilhos esteve sempre relacionado às maiores densidades, já que dependem do aumento na densidade para compensar seu reduzido afilhamento, fato também observado por Holen et al. (2001).

Nos genótipos com elevado potencial de afilhamento, observou-se grande variação nos pontos de máxima produção de afilhos por metro, de acordo com a densidade. Para esses

genótipos, o ponto de máxima produção de afilhos muitas vezes não esteve associado às maiores densidades de semeadura. Isto indica que, ao serem submetidos a elevadas densidades de semeadura, esses genótipos apresentarão queda na produção de afilhos, pela maior competitividade por luz e nutrientes. Este comportamento pode ser observado na Tabela 2 no genótipo SAFIRA, que apresentou ponto de máxima no número de afilhos (254 afilhos por metro) com 350 sementes aptas por metro quadrado, e decréscimo com o uso da densidade de 500 sementes aptas por metro quadrado (223 afilhos por metro linear).

É possível observar, na Tabela 2, que o aumento da densidade de semeadura ocasionou uma redução no número de dias para atingir a máxima produção de afilhos por metro, em todos os genótipos avaliados. Com a exceção do genótipo CD 108, pôde-se observar menor taxa de sobrevivência de afilhos no final do ciclo, à medida que se aumentou a densidade de plantio. Esse fato está relacionado à modificação precoce na qualidade da luz, causada pelo sombreamento, e à maior competição entre plantas, o que afeta o crescimento foliar do colmo principal e dos afilhos (Almeida et al., 2004).

A perda na produção de afilhos esteve relacionada ao número de afilhos férteis durante o desenvolvimento das plantas, especialmente nos genótipos de elevado potencial de afilhamento. Essa relação pode ser constatada, por exemplo, nos genótipos IPR 85 e BRS UMBU, respectivamente de reduzido e elevado potencial de afilhamento, que obtiveram a maior produção de número de afilhos férteis, na densidade de 350 sementes aptas por metro quadrado, e apresentaram grande diferença na senescência de afilhos ao longo do desenvolvimento das plantas, com perda respectiva de 20 e 67 afilhos por metro, nesta mesma densidade (Tabela 2). Portanto, ao se compararem os dois grupos de genótipos quanto à senescência de afilhos, deve-se enfatizar a necessidade de considerar o potencial do genótipo em produzir afilhos, para a escolha da densidade de semeadura mais apropriada.

Os genótipos de elevado potencial de afilhamento apresentam maior período de produção de afilhos, em virtude do longo ciclo de desenvolvimento (Tabela 2), o que está de acordo com a maior senescência de afilhos, observada neste grupo de genótipos, visto que os afilhos emitidos tardiamente apresentaram menor capacidade de competição e reduzida taxa de sobrevivência (Dofind & Karlsson, 1993). Segundo Common & Klinck (1981), o ideal seria que as plantas apresentassem, além do colmo principal, dois ou três afilhos, o que minimizaria a perda de afilhos produtivos.

No desempenho conjunto dos genótipos avaliados para o caráter massa de grãos por espiga, sob os diferentes níveis de densidade, observou-se comportamento linear negativo (Figura 2). A possível explicação para isto deve-se à grande competição, entre plantas, pelos recursos do ambiente durante seu desenvolvimento. Segundo Whaley et al. (2000), com o aumento da competição entre plantas (altas densidades), há redução do dossel, o que reduz muito a massa de grãos por espiga, resultados também verificados no presente trabalho. Além disso, em reduzidas densidades há incremento na taxa de crescimento da planta, com maior eficiência na radiação capturada, ou ainda, com melhor conversão da radiação em assimilados (Whaley et al., 2000).

A diminuição da massa de grãos por espiga com o aumento da densidade é acentuada em genótipos com maior afilhamento (Tabela 2). Isto pode ser atribuído ao fato de esses genótipos produzirem um elevado número de espigas por unidade de área, independentemente da densidade e da duração do ciclo, o que ocasiona maior efeito de competição por fotoassimilados e, conseqüentemente, menor enchimento dos grãos. Nos genótipos com reduzido afilhamento, a eficiência na utilização de fotoassimilados se deve ao maior efeito compensatório destes genótipos, com maior massa de grãos por espiga em detrimento número de espigas por unidade de área (Scheeren et al., 1995). O efeito compensatório pôde ser constatado, no presente trabalho, para o grupo de genótipos com reduzido afilhamento, pela

superioridade na média do caráter massa de grãos por espiga, em todas as densidades avaliadas (Tabela 2). Observou-se, também, maior precocidade dos genótipos com reduzido afilhamento, o que aliado à maior sobrevivência de afilhos por metro pode aumentar o potencial de aproveitamento deste grupo de genótipos em áreas marginais, por minimizar os riscos de perdas por geadas, estresses hídricos, chuva na colheita e controle de doenças foliares.

Mesmo não tendo sido observada a presença de interação significativa entre número de grãos por espiga x densidade, a constatação de efeito linear negativo do aumento na densidade sobre esse caráter está de acordo com resultados da literatura (Whaley et al. 2000; Holen et al., 2001; Lloveras et al., 2004; Arduini, et al., 2006). Este fato pode estar associado à maior competição por luz e nutrientes, resultantes da maior população de afilhos férteis por unidade de área (Ozturk et al. 2006). Com relação às médias observadas para o caráter número de grãos por espiga, os dois grupos de genótipos testados evidenciaram comportamento similar (Tabela 2).

4.8 Conclusões

1. A senescência de afilhos é relacionada diretamente ao potencial de afilhamento dos genótipos, principalmente com densidade de semeadura elevada.
2. Genótipos com reduzido potencial de afilhamento são mais dependentes da densidade de semeadura, em termos produtivos.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Ensino Superior, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio Grande do Sul, pelo suporte financeiro.

4.9 Referências

- ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; ALVES, A.C.; NAVA, I.C.; KNOPP, A.C. Tiller emission and dry mass accumulation of wheat cultivars under stress. **Scientia Agricola**, v.61, p.266-270, 2004.
- ARDUINI, I.; MASONI, A.; ERCOLI, L.; MARIOTTI, M. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. **European Journal of Agronomy**, v.25, p.309-318, 2006.
- ATCHLEY, W.R.; ZHU, J. Developmental quantitative genetics, conditional epigenetic variability and growth in mice. **Genetics**, v.147, p.765-776, 1997.
- COMMON, J.C.; KLINCK, H.R. Sequence and synchrony of culm development: implications in breeding for limited tillering barleys. In: International Barley Genetics Symposium, 4., 1981, Edinburg, Scotland. **Proceedings**. Edinburgh: Univ. Press, 1981. p.533-536, 1981.
- COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Informações técnicas da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra 2006**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2006. 159p.
- DAVIDSON, D.J.; CHEVALIER, P.M. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. **Crop Science**, v.30, p.832-836, 1990.
- DOFING, S.M.; KARLSSON, M.G. Growth and development of unculm and conventional-tillering barley lines. **Agronomy Journal**, v.85, p.58-61, 1993.
- FREEZE, D.M.; BACON, R.K. Row-spacing and seeding rate effects on wheat yields in the Mid-South. **Journal of Production Agriculture**, v.3, p.345-348, 1990.
- HOLEN, D.L.; BRUCKNER, P.L.; MARTIN, J.M.; CARLSON, G.R.; WICHMAN, D.M.; BERG, J.E. Response of winter wheat to simulated stand reduction. **Agronomy Journal**, v.93, p.364-370, 2001.

- LLOVERAS, J.; MANENT, J.; VIUDAS, J.; LÓPEZ, A.; SANTIVERI, P. Seeding rate influence on yield and yield components of irrigated winter wheat in a Mediterranean climate. **Agronomy Journal**, v.96, p.1258-1265, 2004.
- MORENO A.J. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- MOTZO, R.; GIUNTA, F.; DEIDDA, M. Expression of a tiller inhibitor gene in the progenies of interspecific crosses *Triticum aestivum* L. x *T. turgidum* subsp. *durum*. **Field Crops Research**, v.85, p.15-20, 2004.
- MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 1999. 228p.
- OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.192, p.10-16, 2006.
- RICHARDS, R.A. A tiller inhibition gene in wheat and its effect on plant growth. **Australian Journal of Agricultural Science**, v.39, p.749-757, 1988.
- SCHEEREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo. Parte II: Teste no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.605-619, 1995.
- SPARKES, D.L.; HOLME, S.J.; GAJU, O. Does light quality initiate tiller death in wheat? **European Journal of Agronomy**, v.24, p.212-217, 2006.
- WHALEY, J.N.; SPARKES, D.L.; FOULKES, M.J.; SPINK, J.H.; SCOTT, R.K. The physiological response of winter wheat to reductions in plant density. **Annals of Applied Biology**, v.137, p.164-177, 2000.
- WINSTAT. **Sistema de análise estatística para Windows**. Pelotas: Ufpel, 2006.

Tabela 1. Resumo da análise de variância do modelo parcela dividida para as fontes de variação densidade, e época de avaliação, para o caráter número de afilhos (NA) e para as fontes de variação densidade e genótipo, para os caracteres massa de grãos por espiga (MGE) e número de grãos por espiga (NGE). FAEM/UFPel, 2008.

Fontes de variação	GL	NA	
		QM	
Época	4	158206,6*	
Erro A	10	1369,59	
Genótipo (Época)	45	23192,33*	
Densidade (Época)	20	29531,34*	
Erro B	90	958,569	
Genótipo x Densidade (Época)	180	1315,023*	
Erro	399	459,2265	
Coeficiente de Variação (%)	-	15,87	
Fontes de variação	GL	QM	
		MGE	NGE
Genótipo	9	0,971*	518,688*
Densidade	4	0,997*	903,023*
Erro A	18	0,0135	23,465
Genótipo x Densidade	36	0,023 ^{ns}	11,519 ^{ns}
Erro B	80	0,028	20,155
Coeficiente de Variação (%)	-	10,07	10,12

*Significativo a 5% de probabilidade e ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade.

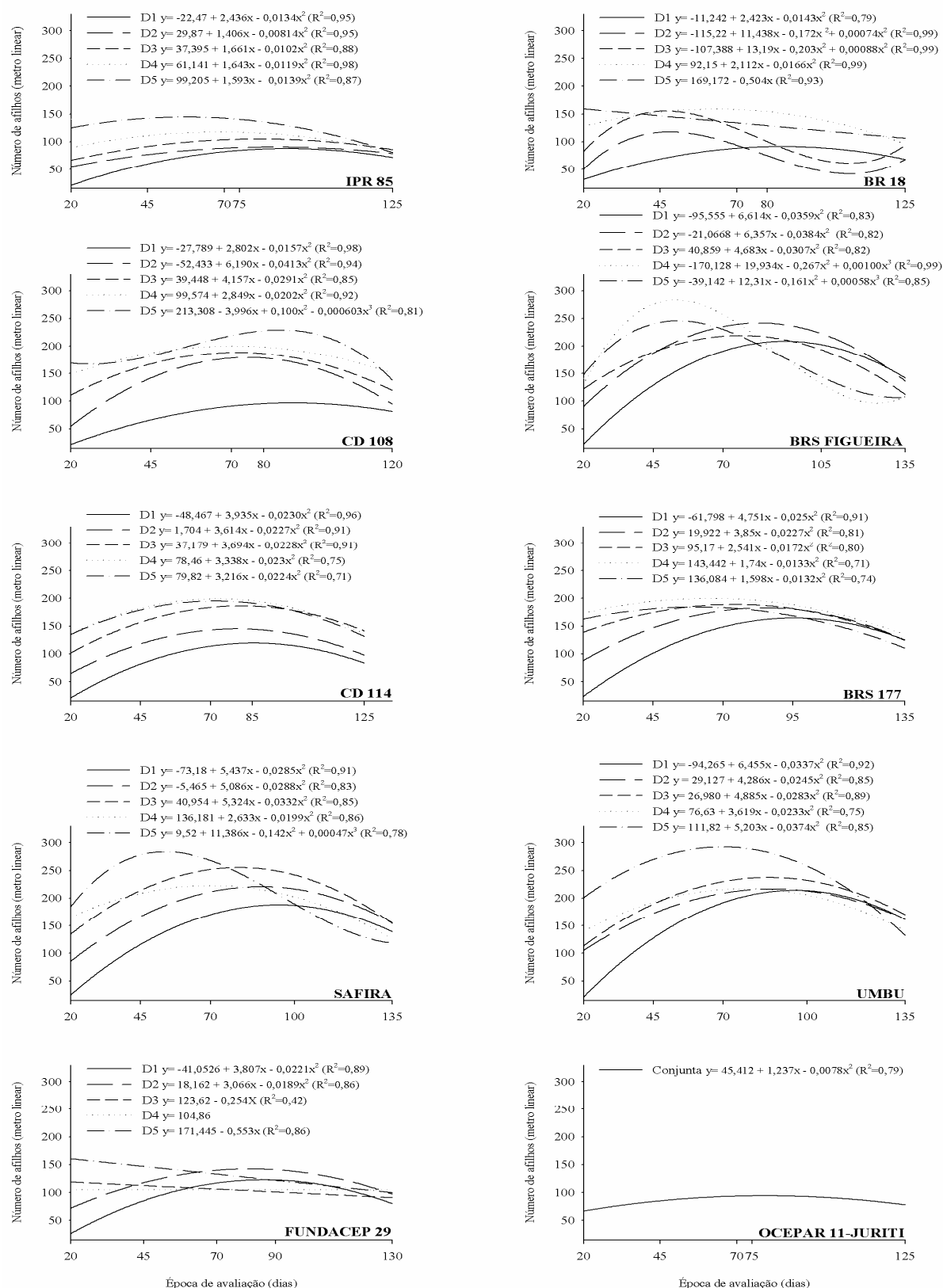


Figura 1. Número de afilhos de genótipos de trigo, testados em diferentes densidades de semeadura (D1 = 50, D2 = 200, D3 = 350, D4 = 500 e D5 = 650 sementes aptas por metro quadrado), em cinco épocas de avaliação. FAEM/UFPel, 2008.

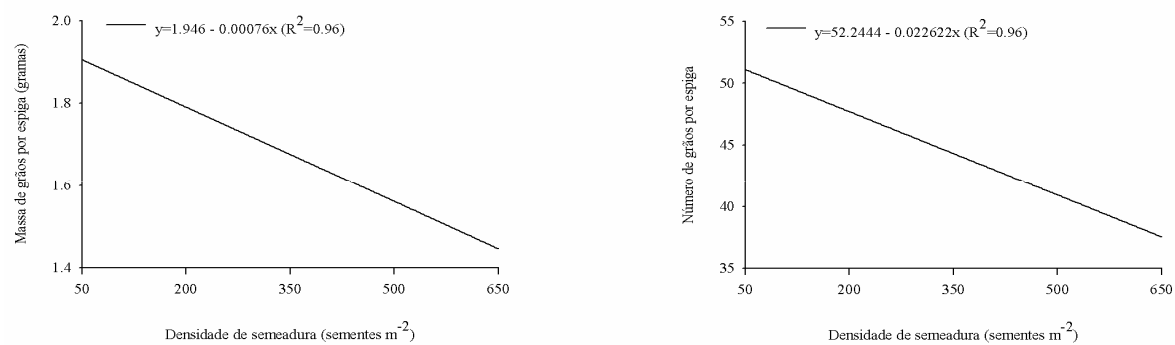


Figura 2. Média da massa de grãos por espiga e número de grãos por espiga, dos genótipos de trigo IPR 85, BRS FIGUEIRA, CD 108, UMBU, CD 114, BRS 177, OCEPAR 11-JURITI, SAFIRA, FUNDACEP 29 e BR 18, testados em diferentes densidades de semeadura. FAEM/UFPel, 2008.

Tabela 2. Resultados oriundos de valores calculados por equações de regressão e médias de caracteres, de genótipos de trigo em diferentes densidades⁽¹⁾. FAEM/UFPeI, 2008.

Genótipo	Densidade ⁽²⁾ (sementes m ⁻²)	EMPA (dias)	MPA (n ^o)	NAF (n ^o)	Perda (n ^o)	MGE (g)	NGE (n ^o)
IPR 85	D1	90	87	71	16	2.34	52
	D2	86	95	78	17	2.12	45
	D3	81	105	85	20	2.11	44
	D4	69	118	80	38	1.97	40
	D5	57	145	80	65	1.73	38
BRS FIGUEIRA	D1	92	208	142	66	1.46	43
	D2	83	242	126	106	1.4	41
	D3	76	219	112	107	1.36	37
	D4	- ⁽³⁾	-	-	-	1.30	31
	D5	-	-	-	-	1.11	30
CD 108	D1	89	96	81	15	1.79	51
	D2	75	179	94	85	1.26	38
	D3	71	188	119	69	1.22	37
	D4	70	200	150	50	1.20	33
	D5	-	-	-	-	1.16	36
UMBU	D1	96	240	161	79	1.82	58
	D2	87	216	160	56	1.75	50
	D3	86	237	170	67	1.55	45
	D4	78	217	140	77	1.48	44
	D5	69	292	132	160	1.42	41
CD 114	D1	85	119	83	36	2.13	55
	D2	80	145	98	47	1.97	49
	D3	80	186	141	45	1.64	43
	D4	72	199	136	63	1.64	43
	D5	72	195	131	64	1.53	41
BRS 177	D1	95	164	125	39	2.00	58
	D2	84	183	125	58	1.80	53
	D3	74	189	124	65	1.53	46
	D4	65	200	134	66	1.52	46
	D5	60	184	110	74	1.41	43
OCEPAR 11-JURITI	Conjunta	79	94	77	17	1.71	42
SAFIRA	D1	95	185	140	45	1.53	53
	D2	88	219	156	63	1.51	44
	D3	80	254	154	100	1.43	40
	D4	66	223	128	95	1.43	40
	D5	-	-	-	-	1.42	39
FUNDACEP 29	D1	86	123	80	43	2.17	60
	D2	81	142	97	45	2.07	58
	D3	-	-	-	-	1.98	56
	D4	-	-	-	-	1.81	55
	D5	-	-	-	-	1.73	49
BR 18	D1	85	91	68	23	2.15	42
	D2	-	-	-	-	1.98	40
	D3	-	-	-	-	1.93	39
	D4	63	159	96	63	1.78	34
	D5	-	-	-	-	1.72	29

⁽¹⁾EMPA: época de máxima produção de afilhos; MPA: máxima produção de afilhos, NFA: número de afilhos férteis; Perda: perda na produção de afilhos ao longo do desenvolvimento da planta; MGE: média da massa de grãos por espiga; e NGE: média do número de grãos por espiga. ⁽²⁾D1=50, D2=200, D3=350, D4=500 e D5=650 sementes aptas por metro quadrado. ⁽³⁾Dados que não apresentaram comportamento quadrático

Capítulo IV

5. SELEÇÃO EFETIVA PARA O CARÁTER NÚMERO DE AFILHOS EM POPULAÇÕES SEGREGANTES DE TRIGO

(Revista Bragantia – ISSN: 0006-8705)

SELEÇÃO EFETIVA PARA O CARÁTER NÚMERO DE AFILHOS EM POPULAÇÕES SEGREGANTES DE TRIGO

5.1 RESUMO: O ganho genético obtido com a seleção em gerações segregantes é dependente do cruzamento, das condições experimentais e do caráter alvo de seleção. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi determinar o ganho com a seleção em planta espaçada, na geração F_2 para número de afilhos, utilizando diferentes critérios de seleção, além de verificar a efetividade destas seleções na geração subsequente, nos métodos de semeadura planta espaçada e linha cheia. As gerações segregantes foram conduzidas nos anos 2006 (F_2) e 2007 (F_2 e F_3), sendo a geração F_3 avaliada em planta espaçada e linha cheia. Foram empregados três critérios de seleção: i) elevado número de afilhos e alta produção de grãos; ii) reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e iii) *bulk* da população; 15 combinações envolvendo genitores com diferente potencial de afilhamento foram testadas. Os resultados apontaram que mesmo em reduzida magnitude, as estimativas de herdabilidade para estimar a média da próxima geração, revelaram eficiência, porém, somente quando as gerações utilizadas foram conduzidas em iguais condições de ambiente e manejo. A seleção para elevado ou reduzido número de afilhos e em *bulk*, foram dependentes do sistema de manejo em que a população segregante tenha sido submetida. A seleção para elevado número de afilhos revelou o maior ganho genético para produção de grãos, porém, a efetividade da seleção em planta espaçada não apresentou o mesmo comportamento em competição. O melhor desempenho em rendimento de grãos foi detectado na seleção para reduzido número de afilhos, com média elevada para massa de grãos em competição.

5.2 Palavras Chave: *Triticum aestivum* L., método de semeadura, herdabilidade e ganho genético.

SELECTION EFFICIENCY FOR THE TRAIT TILLER NUMBER IN SEGREGATING WHEAT POPULATIONS

5.3 ABSTRACT: The genetic gain obtained with the selection in segregating generations depends on the cross, experimental conditions and the target trait selected. In this sense, the objective of this work was to determine the genetic gain with selection in spaced plants, in the F_2 generation for the character number of tillers, using different selection criteria. Also, to verify the effectivity of these selections by looking at next generations of plants selected by the spaced plant and full row methods. The segregating generations were conducted in the years 2006 (F_2) and 2007 (F_2 and F_3), being the F_3 generation evaluated as spaced plant and full row. Three selection criteria were used: i) high tiller number and grain production; ii) low tiller number with high grain production e iii) a bulk of 15 parental genotypes with different tillering potential. The results appointed that heritability estimates were efficient for the prediction of next generation means when the generations used were under the same environmental and management conditions. The efficiency of the selection for high or low tillering ability and the bulk selection were dependent of the crop management system used. The selection for high tiller number was associated to a higher genetic gain for grain production. However, the efficiency of the selection was different when spaced and competing plants are compared. The best performance for grain yield was achieved when selecting for high tiller number in spaced plants, selecting for low tiller number in competing plants results in high grain weight and high grain yield.

5.4 Keywords: *Triticum aestivum* L., seeding scheme, heritability and genetic gain

5.5 INTRODUÇÃO

A eficiência da seleção em caracteres quantitativos é determinada por vários fatores, sendo que dentre os de maior importância estão o elevado número de genes, maior presença dos efeitos gênicos não aditivos e a participação direta do ambiente na manifestação fenotípica, oferecendo dificuldades na identificação dos indivíduos superiores (Carvalho et al., 2001). Tais caracteres apresentam variação contínua nas populações segregantes, indicando maior frequência de recombinantes, fato que pode oportunizar maior possibilidade de seleção. Neste processo, diferentes

estratégias são testadas e empregadas com intuito de aumentar cada vez mais a eficiência de seleção.

A seleção de planta no trigo em gerações segregantes, revela resultados satisfatórios pelo uso de correlações e do ganho na seleção de caracteres de importância agrônômica, quando conduzida em planta espaçada. Neste sentido, pode ser destacado o efeito indireto positivo no rendimento de grãos em trigo, com a seleção para tamanho do grão, número de grãos, massa de espiga, número de espiguetas por espiga e número de afilhos (Mc Neal et al., 1978; Ferreira Filho e Carvalho, 1986; Saadalla, 1994; Hartwig et al., 2007). Por outro lado, a forte correlação negativa observada entre afilhos produtivos e o número de grãos por espiga, e entre o número total de afilhos emitidos e férteis, o aumento do rendimento de grãos através do incremento do número de afilhos tem sido dificultado nos trabalhos que envolvem o melhoramento de plantas (Thiry et al., 2002).

A resposta observada no rendimento de grãos, quanto à seleção para número de afilhos, está diretamente relacionada com a reduzida herdabilidade deste caráter (Camargo et al., 1998). Além disto, o efeito no rendimento de grãos pode estar sendo determinado pelo uso de constituições genéticas com diferente potencial de afilhamento, visto que proporcionam diferenças extremas nos demais componentes do rendimento (Motzo et al., 2004; Scheeren et al., 1995). Da mesma forma, revela ser o componente do rendimento com maior capacidade de compensação, sendo determinante na resposta dos genótipos às variações de ambiente em que são submetidos (Meroto Junior, 1995).

A variabilidade dos genótipos de trigo para o caráter número de afilhos poderá favorecer a identificação de constituições genéticas com a maior relação de afilhos sobreviventes com o rendimento de grãos, com efeito direto no aumento da produção de grãos em planta espaçada. Desta forma, a possibilidade de utilizar em blocos de cruzamentos, genótipos com diferente potencial de afilhamento determina, em gerações segregantes, maior amplitude de classes de seleção, além de oportunizar diferentes estratégias de seleção para o melhorista, visto que as alterações provocadas

com os demais caracteres são determinadas pelo maior número de locos segregantes entre os caracteres (Carvalho et al. 2001).

Diante deste propósito, a possibilidade de prever o desempenho da progênie de um cruzamento é de grande valia para os programas de melhoramento, o que permitiria aos melhoristas focar naquelas combinações com maior potencial de rendimento (Souza e Sorrels, 1991). Neste sentido, o ganho genético estimado com a seleção poderá prever progressos com a seleção antes de ser realizada. Por outro lado, na seleção para número de afilhos, deve ser considerada também, a sensibilidade dos genótipos a densidade de semeadura, o que possibilita verificar o real potencial genético de diferentes constituições genéticas, quando submetidas em competição (Yan e Wallace, 1995).

O objetivo do trabalho foi determinar, por meio de populações segregantes para o afilhamento, o ganho com a seleção praticada em planta espaçada na geração F₂ para número de afilhos, além de verificar a efetividade com a seleção na geração posterior, nos métodos de semeadura de planta espaçada e linha cheia.

5.6 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícola de 2006 e 2007, em campo experimental pertencente ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município de Capão do Leão-RS. O município está situado a 31° 52' 00" de latitude sul e 52° 21' 24" de longitude oeste, a uma altitude de 13,24 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1280,2 mm (Moreno 1961). O solo é do tipo Argissolo distrófico de textura argilosa e relevo ondulado, com presença marcante do lençol freático próximo à superfície.

Foram utilizados seis genótipos de trigo de origem brasileira, contrastantes quanto ao potencial de afilhamento: FUNDACEP 29 (cedido pela FUNDACEP); IPR 85 (fornecido pelo

IAPAR); OCEPAR 11-JURITI (fornecido pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola – COODETEC); SAFIRA (concedido pela OR Melhoramento de Sementes Ltda), BRS FIGUEIRA e BRS 177 (disponibilizados pela Embrapa Trigo). Os genótipos foram submetidos a cruzamentos artificiais (CR) conforme modelo dialélico completo sem os recíprocos, resultando, conseqüentemente, em quinze combinações híbridas. Os genótipos IPR 85, OCEPAR 11-JURITI, FUNDACEP 29 foram escolhidos com base no reduzido potencial de afilhamento e, BRS 177, SAFIRA e BRS FIGUEIRA, com base no elevado potencial.

As sementes F_2 de cada combinação foram obtidas em casa-de-vegetação no período de estação quente no ano de 2006, pela multiplicação das sementes F_1 , as quais foram obtidas na estação fria de 2005. Na estação fria de 2006 foi instalado um experimento a campo com a geração F_2 . O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados com três repetições, sendo a planta individual considerada uma unidade de observação. A parcela experimental de cada tratamento foi composta de 100 plantas, cultivadas em dez linhas de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,3 m entre plantas e entre linhas. No mesmo período, uma amostra das sementes F_1 de cada tratamento foi semeada em casa-de-vegetação visando o avanço de geração para avaliação no ano de 2007. Na população F_2 conduzida no ano de 2006 foram realizados três tipos de seleção: i) elevado número de afilhos e produção de grãos por planta; ii) reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e iii) seleção em *bulk* da população (amostra de todas as plantas colhidas individualmente, sem haver seleção artificial). Em cada população avaliada, para seleção de elevado e reduzido número de afilhos, foram selecionadas nove plantas individuais.

Na estação fria de 2007 foram instalados três experimentos a campo com as gerações F_2 e F_3 . No primeiro experimento, a geração F_2 foi conduzida da mesma forma que no ano de 2006, com o mesmo delineamento e com igual número de plantas por parcela experimental. A geração F_3 , originada por três critérios de seleção, foi conduzida no ano de 2007, em dois experimentos: planta espaçada e linha cheia. No experimento de planta espaçada, a parcela experimental de cada

tratamento, para cada critério de seleção, foi composta de 30 plantas, cultivadas em três linhas de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,3 m entre plantas e entre linhas. O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados com três repetições, sendo a planta individual considerada uma unidade de observação. Nas avaliações em linha cheia, a parcela experimental de cada tratamento, para cada critério de seleção, foi composta por três linhas de 1,5 m de comprimento, com espaçamento de 0,2 m entre linhas, com densidade de 70 sementes aptas por metro linear. O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados com três repetições, sendo a linha individual considerada uma unidade de observação.

Para todos os experimentos considerados, foram avaliados os seguintes caracteres: i) número de afilhos férteis por planta (NAF), por meio da contagem do número de afilhos férteis de cada planta individualmente; e, em linha cheia por meio da contagem em 1 metro linear de cada unidade de observação; ii) massa de grãos por planta (MG), obtido mediante o peso dos grãos da espiga principal; e, em linha cheia obtido mediante o peso de grãos de 5 espigas colhidas aleatoriamente em cada unidade de observação, em gramas e iii) produção de grãos por planta (PG), por meio de trilha individual de cada planta; e, rendimento de grãos (RG), em linha cheia por meio da trilha individual de cada unidade de observação, em gramas.

Os dados foram submetidos à análise de variância individual para cada experimento: i) Populações F_2 avaliadas em 2006 x 2007; ii) Populações F_3 avaliadas em planta espaçada x Critérios de seleção e iii) Populações F_3 avaliadas em linha cheia x Critérios de seleção. Com base nos resultados obtidos nos experimentos de planta espaçada, F_2 (2006) e F_3 (2007); e F_2 (2007) e F_3 (2007), foi estimado o diferencial de seleção (D_s), nos três critérios de seleção, para os quinze cruzamentos avaliados e para cada caráter, por meio da diferença entre a média das plantas selecionadas e da média da população original. Os valores de herdabilidade (h^2_r) foram estimados através do método da regressão genitor - progênie, desenvolvido por Lush (1940) e adaptado por Carvalho et al. (2001), seguindo o modelo: $Y_i = bX_i + e_i$, Y_i = média da progênie para o caráter; bX_i = observação referente ao caráter no genitor e e_i = erro experimental.

O diferencial de seleção (D_s) e o ganho genético predito (Δ_g) para os caracteres avaliados nas gerações F_2 de 2006 e F_2 em 2007, foram estimados segundo o modelo estatístico descrito por Falconer (1981), onde: $\Delta_g = h^2 x D_s$. A média predita para a geração F_3 foi obtida pela soma do ganho genético predito com a média original de cada caráter, em cada critério de seleção da geração F_2 . Foi empregado o teste de significância entre a média predita para a geração F_3 e a média original de F_3 , conforme modelo descrito por Steel e Torrie (1960), onde o valor t é igual à subtração entre estas médias divididas pelo desvio padrão da média original de F_3 , para cada caráter, em cada cruzamento e tipo de seleção. Os dados médios da geração F_3 foram submetidos à correlação de *Spearman*, para identificar a possível associação entre os ambientes avaliados (planta espaçada e linha cheia), considerando para isso cada critério de seleção individualmente,

5.7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância da geração F_2 , conduzida em dois anos de avaliação, revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) para a interação dos efeitos de tratamento (cruzamentos avaliados) com o ano de avaliação, em todos os caracteres avaliados (Tabela 1). Desta forma, as estimativas de ganho genético poderão ser realizadas considerando os dois anos de avaliação individualmente. Além disto, o efeito de ano foi determinante nas médias obtidas em conjunto para os tratamentos avaliados com a geração F_2 , com grande superioridade para os resultados avaliados no ano de 2006.

Na geração F_3 avaliada em planta espaçada, a análise de variância para interação entre os tratamentos com as estratégias de seleção, revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) em todos os caracteres (Tabela 2). Da mesma forma, o experimento de F_3 em linha cheia, apontou diferenças significativas ($p < 0,05$) para interação tratamento x estratégia de seleção (Tabela 3). Isto indica que os efeitos da seleção realizados na geração F_2 foram determinantes nos resultados da geração F_3 , podendo, portanto, ser analisados individualmente, para cada critério de seleção e método de condução (espaçada e linha cheia).

Conforme observado nas Tabelas 4, 5 e 6, as estimativas de herdabilidade no sentido restrito (h^2_r) foram de reduzida magnitude, com 0.14, 0.10 e 0.04, respectivamente, na média dos cruzamentos, para número de afilhos férteis, massa de grãos e produção de grãos no ano de 2006. No ano de 2007, os valores de herdabilidade foram de maior magnitude, porém, ainda considerados reduzidos, com 0.26, 0.23 e 0.26, na média dos tratamentos avaliados, respectivamente, para número de afilhos férteis, massa de grãos e produção de grãos. Isto indica que, ao considerar o ano de 2006, 14% (número de afilhos férteis), 10% (massa de grãos) e 4% (produção de grãos) das variações fenotípicas destes caracteres foram devido à variabilidade genética aditiva. Por outro lado, estas estimativas somente são válidas para estas populações e nas condições experimentais em que foram avaliadas (Carvalho et al., 2001). Neste sentido, as estimativas de herdabilidade genitor-progênie, considerando as gerações F_2 e F_3 conduzidas no mesmo ano, é a que mais se aproxima do valor fidedigno para estas estimativas.

Ao considerar as avaliações do ano de 2007, há um incremento de aditividade na herança dos caracteres avaliados, considerando as populações em conjunto, com 26, 23 e 26% de efeito aditivo na variação fenotípica, para número de afilhos férteis, massa de grãos e produção de grãos, respectivamente (Tabelas 4, 5 e 6). Por outro lado, estas estimativas, ainda de reduzida magnitude, são justificadas na literatura para estes caracteres em trigo (Camargo et al., 1998). Além disto, podem ser explicadas pela herança complexa (quantitativa) envolvida no controle fenotípico dos mesmos, com elevada influência do ambiente (Ramalho et al., 1993). Desta forma, é importante considerar nas estimativas de ganho genético, a herdabilidade do caráter e a real relação com o caráter em seleção, já que coeficientes de herdabilidade restrita mais elevados podem ser associados com maior variância aditiva, menor variação de ambiente e menor interação genótipo x ambiente (Fehr, 1987).

O sucesso das médias estimadas para geração F_3 , com base na geração anterior (F_2), é determinado principalmente pelas condições experimentais em que as gerações genitoras e progenitoras são conduzidas. Isto determina que o ganho estimado com a seleção, em gerações com

elevada frequência de heterozigotos, seja dependente dos efeitos de ambiente, seja este, considerado como ano ou local de avaliação. Desta forma, de acordo com os resultados verificados para as estimativas de herdabilidade, o efeito do ano de avaliação considerado para geração F₂ foi determinante nos resultados de ganho genético, para os três caracteres avaliados no presente trabalho (Tabelas 4, 5 e 6).

O ganho genético estimado com a seleção é determinado por dois fatores: herdabilidade e diferencial de seleção. O diferencial de seleção está relacionado diretamente com o índice de seleção utilizado pelo melhorista, ou seja, maior ou menor pressão de seleção. Neste sentido, o elevado índice de seleção adotado no presente trabalho (3,5%), possibilitou encontrar valores com elevado diferencial de seleção para os caracteres, seja de efeito positivo ou negativo. O uso da máxima pressão de seleção é questionado, visto que, quando verificado uma reduzida herdabilidade, o fenótipo superior pode não representar o genótipo superior, e, sim, ser devido ao forte efeito do ambiente (Carvalho et al., 2001). Por outro lado, a forte pressão de seleção utilizada no presente trabalho pode ser justificada pelo fato da seleção ser realizada em sentidos opostos, o que facilita a identificação de constituições genéticas com variabilidade extrema para os caracteres.

Ao considerar o ganho genético estimado para os diferentes critérios de seleção, na grande maioria dos cruzamentos avaliados, os maiores ganhos foram obtidos quando considerada a geração F₂ conduzida no ano de 2006 conforme destacado pelo CR 8 (FUNDACEP 29 x SAFIRA), com ganho genético de 2,08 e 0,49 gramas para produção de grãos, respectivamente considerando os anos de 2006 e 2007 (Tabela 6), na seleção para elevado número de afilhos (Seleção-1). Isto é decorrente de médias elevadas obtidas no ano de 2006, proporcionando o maior diferencial de seleção. Contudo, estes resultados de 2006, não se traduziram em desempenho elevado na geração F₃, visto que foram estimados em ambientes distintos (anos), com efeito, da menor estimativa de herdabilidade genitor-progênie, com valores de 0,10 e 0,22; respectivamente em 2006 e 2007 para o CR 8 (Tabela 9).

Portanto, os resultados devem ser interpretados com ênfase para as gerações conduzidas no mesmo ano de avaliação, visto que proporcionam o valor mais próximo do verdadeiro efeito do ganho genético predito, com as avaliações conduzidas em iguais condições de ambiente. Neste sentido, para os caracteres número de afilhos férteis e produção de grãos, a Seleção-1 (elevado número de afilhos e produção de grãos), sempre originou ganhos estimados de seleção positivos, já para a Seleção-2 (reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos), os ganhos estimados foram todos negativos, ou seja, decréscimo na produção do caráter (Tabela 4 e 6). Por outro lado, na Seleção-3 (*bulk* da população), foram obtidos valores positivos e negativos com o ganho de seleção. Esta diferença nos resultados de seleção com o número de afilhos férteis e produção de grãos, revela uma expectativa esperada, uma vez que, este tipo de seleção (Seleção-3) visava exclusivamente o avanço de geração, com o aumento da frequência dos homozigotos, sem a perda da variabilidade genética (Carvalho et al., 2003).

Para o caráter massa de grãos, o ganho genético estimado para as três estratégias de seleção teve grande variação, com valores positivos e negativos, com grande diferença entre os cruzamentos avaliados (Tabela 5). Estes resultados corroboram a idéia principal de que em cereais de que o caráter número de afilhos férteis seja o responsável direto no aumento do rendimento de grãos (Petr e Frey, 1966). Por outro lado, a seleção para o caráter número de afilhos férteis, deve ser conduzida com cautela, visto que a maior emissão de afilhos pode não ter suporte em rendimento de grãos superior (Thiry et al., 2002).

Conforme os dados observados nas Tabelas 5 e 6, a seleção de genótipos com reduzido número de afilhos (Seleção-2), teve um efeito direto na massa de grãos e na produção de grãos, com valores positivos e negativos respectivamente, entretanto, com magnitude diferenciada entre os cruzamentos avaliados. Este resultado pode ser atribuído à elevada massa de grãos em detrimento ao menor número de afilhos em constituições genéticas com reduzido potencial de afilhamento (Scheeren et al., 1995). Neste sentido, o CR 10 (IPR 85 x BRS 177) envolvendo genótipos com reduzido (IPR 85) e elevado (BRS 177) potencial de afilhamento, o efeito compensatório pode ser

destacado, com ganho negativo para número de afilhos férteis ($\Delta_g = -1,4$) e positivo para massa de grãos ($\Delta_g = 0,07$ gramas) (Tabelas 4 e 5). Este resultado pode ser atribuído a maior frequência de distintos alelos dominantes para estes caracteres, proporcionando efeito direto no incremento da produção dos mesmos. Por outro lado, este efeito não foi suficiente para obter um ganho positivo para produção de grãos na Seleção-2 ($\Delta_g = -0,65$ gramas).

Há uma grande necessidade de obter ganho genético elevado em populações de médias altas, sendo determinante no sucesso em programas de melhoramento. Isto pode ser verificado pelos cruzamentos (CR) 9 (FUNDACEP 29 x BRS FIGUEIRA) e 15 (SAFIRA x BRS FIGUEIRA), no caráter produção de grãos para a seleção com elevado número de afilhos (Seleção-1) (Tabela 6). No primeiro, o ganho genético estimado com a seleção foi muito reduzido ($\Delta_g = 0,64$ gramas), já no segundo, o ganho foi bastante elevado ($\Delta_g = 1,92$ gramas), porém, o menor ganho foi obtido na população de média mais elevada (CR 9). Isto foi determinante no desempenho de média superior para a geração F_3 deste cruzamento, já o CR15, mesmo com elevado ganho genético, não obteve desempenho superior na geração seguinte (Tabela 9).

Conforme observado na Tabela 9, com o caráter produção de grãos, a eficiência no uso da geração F_2 em prever a média de F_3 , somente obteve êxito quando as gerações foram conduzidas no mesmo ambiente (ano), com as médias não diferindo significativamente entre si pelo teste t, exceto para o CR 8 (FUNDACEP 29 x SAFIRA). Isto determina que o uso da herdabilidade para prever o ganho com a seleção e, conseqüentemente, a média estimada para próxima geração, somente será eficiente quando realizada em condições experimentais muito similares, ou seja, com igual manifestação do ambiente sobre as populações avaliadas. Os efeitos da interação genótipo x ambiente, devem ser considerados na seleção e no ajuste de diferentes constituições genéticas, visto ter efeito direto no ganho de seleção em gerações segregantes (Cargnin et al., 2006).

Para o caráter número de afilhos férteis, o efeito do ano de avaliação não foi determinante para estimar a média da próxima geração (Tabela 7). Neste sentido, para as três estratégias de

seleção, somente nos CR 13 (BRS 177 x SAFIRA), 14 (BRS 177 x BRS FIGUEIRA) e 15 (SAFIRA x BRS FIGUEIRA), as médias estimadas diferiram das médias observadas da geração F₃. Isto destaca a menor variação do caráter entre os anos de avaliação, quando comparado a produção de grãos. Por outro lado, o caráter número de afilhos férteis evidencia forte alteração conforme o cruzamento avaliado. Além disto, para a geração F₃, os cruzamentos com média superior para número de afilhos férteis não determinam as maiores produção de grãos. Genótipos com maior produção de afilhos apresentam maior senescência de afilhos, em virtude da menor capacidade de competição de afilhos emitidos tardiamente (Valério et al., 2008).

O ajuste de plantas com elevado número de afilhos férteis associado à elevada massa de grãos poderá ser de grande eficiência ao melhorista, conforme observado no presente trabalho pelo cruzamento CR 4 (JURITI x SAFIRA), com melhor desempenho na seleção para maior número de afilhos férteis (Seleção-1). Este cruzamento não obteve média superior para número de afilhos férteis entre os cruzamentos avaliados, porém, revela a maior massa de grãos, resultando em média elevada e superior de produção de grãos, para este critério de seleção (Tabelas 7, 8 e 9). A seleção para reduzido número de afilhos férteis (Seleção-2), apresentou a menor produção de grãos em planta espaçada, entretanto, as maiores produção de grãos na seleção para reduzido afilhamento, somente são alcançados quando revelam elevada massa de grãos em detrimento do menor número de afilhos férteis, com destaque nos CR 10 (IPR 85 x BRS 177) e 11 (IPR 85 x SAFIRA) (Tabelas 8 e 9).

A maior variabilidade na seleção em *bulk* da população F₂ (Seleção-3), possibilita um comportamento diferenciado nos cruzamentos com média superior para produção de grãos, CR 4 e CR 9. Nestes cruzamentos, a superioridade para produção de grãos, foi obtida com média inferior e superior para número de afilhos férteis, respectivamente para os CR 4 (6,66) e CR 9 (16,25) (Tabelas 7 e 9). As vantagens teóricas da ausência de seleção artificial nas primeiras gerações podem não se concretizar, pois os heterozigotos tendem a deixar um maior número de progênie (efeito da heterose), ou haver o favorecimento de alguma classe genotípica com o incremento da

homozigose (Carvalho et al., 2003). Além disto, os resultados da seleção em *bulk* podem não ser efetivos quando comparados em diferentes sistemas de condução, conforme verificado no CR 9, o qual não obteve o mesmo desempenho de média superior quando avaliado em competição (linha cheia) e planta espaçada (Tabelas 9 e 10).

No presente trabalho, a avaliação de distintos cruzamentos em trigo, com diferença no potencial de afilhamento, para diferentes estratégias de seleção, não revelam efeito significativo na correlação entre os sistemas de condução (planta espaçada e linha cheia), nos três caracteres avaliados (Tabela 11). Conforme relataram Ozturk et al. (2006), o efeito da competição (densidade de semeadura) é determinante na produção de afilhos, com implicações diretas no rendimento de grãos e nos demais componentes. Desta forma, há necessidade destes cruzamentos serem analisados de forma conjunta (planta espaçada e linha cheia). Portanto, pode ser destacado na seleção para elevado número de afilhos (Seleção-1), o comportamento similar de dois cruzamentos (CR 4 e 12) de média superior para produção de grãos em planta espaçada e rendimento de grãos em linha cheia, porém, com reduzida massa de grãos em competição.

A seleção para elevado número de afilhos (Seleção-1) é a que mais se aproxima do comportamento dos genótipos da seleção em *bulk* (Seleção-3). Isto pode ser verificado pelos CR 4 (JURITI x SAFIRA) e 12 (IPR 85 x FIGUEIRA), com os melhores desempenhos nos dois critérios de seleção, em planta espaçada e linha cheia. Isto pode ser determinado pela maior frequência de alelos dominantes para o caráter nestes cruzamentos, possibilitando, manter o comportamento de elevado rendimento de grãos mesmo não havendo seleção artificial para incremento do caráter. Este acréscimo em alelos dominantes é proporcionado pela combinação de genitores com distinto comportamento para o caráter, conforme verificado por estes cruzamentos, envolvendo genótipos de elevado (SAFIRA e BRS FIGUEIRA) e reduzido (JURITI e IPR 85) potencial de afilhamento.

A eficiência da Seleção-2 em planta espaçada não foi verificada na presença de competição, visto que os cruzamentos com melhor desempenho de produção de grãos em planta espaçada (CR 10 e 11), não foram os mesmos que evidenciaram média superior para rendimento de grãos na

presença de competição (CR 7, 8 e 12) (Tabelas 9 e 10). Por outro lado, neste critério de seleção, foi obtido, na média dos cruzamentos avaliados, o maior rendimento de grãos em linha cheia (1.460,60 kg ha⁻¹); além disto, também foi obtido com o CR 7 (FUNDACEP 29 x BRS 177), a maior produtividade dos três critérios de seleção utilizados (2.234,61 kg ha⁻¹), revelando ainda, média superior para número de afilhos férteis e massa de grãos (Tabela 9).

Consequentemente pode ser destacado no presente trabalho que todas as constituições genéticas nas quais foram obtidas médias superiores para produção de grãos e rendimento de grãos, sempre foram originadas de cruzamentos envolvendo genitores de elevado com reduzido potencial de afilhamento (Tabelas 8 e 9). Isto pode estar diretamente relacionado à dissimilaridade genética entre os genitores e a forte capacidade de combinação entre os mesmos, atuando fortemente no incremento de alelos favoráveis para aumentar o rendimento de grãos e seus componentes, conforme relata Benin et al. (2005).

5.8 CONCLUSÕES

A eficiência no uso dos coeficientes de herdabilidade na estimativa da média da próxima geração é significativa somente quando as gerações utilizadas são conduzidas em iguais condições de ambiente e manejo. A seleção para elevado ou reduzido número de afilhos e a seleção em *bulk*, são dependentes do sistema de manejo em que a população segregante for submetida.

A seleção para elevado número de afilhos revela o maior ganho genético para produção de grãos, porém, não é traduzido em competição. O melhor desempenho em produtividade é alcançado na seleção para reduzido número de afilhos, desde que, em presença de elevada média para massa de grãos.

5.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENIN, G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; LORENCETTI, C.; VALÉRIO, I.P.; SCHMIDT, D.A.M.; HARTWIG, I.; RIBEIRO, G.; VIEIRA, E.A.; SILVA, J.A.G. Early generation

selection strategy for yield and yield components in white oat. **Scientia Agricola**, v.62, n.4, p.357-365, 2005.

CAMARGO; C.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FELÍCIO, J.C. Herdabilidade e correlações entre características agronômicas em populações híbridas de trigo. **Bragantia**, v.57, n.1, p.95-104, 1998.

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.; CARNEIRO, P.C.S.; SOFIATTI, V. Interação entre genótipos e ambientes e implicações com ganho de seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.987-993, 2006.

CARVALHO, F.I.F., SILVA, S.A., KUREK, A.J., MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel. Ed. Universitária, 2001. 99p.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; MARCHIORO, V.S.; SILVA, S.A. **Condução de população no melhoramento genético de plantas**. Pelotas: Editora da UFPel, 2003. 225p.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. 2 ed. Longman, London. 1981.

FEHR, W.R. **Principles of cultivars development**. New York: Macmillan, 1987, 536p.

FERREIRA FILHO, A.W.P.; CARVALHO, F.I.F. Seleção massal para tamanho do grão em populações segregantes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.11, p.1173-1183, 1986.

HARTWIG, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; SILVA, J.A.G.; BERTAN, I.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; DOS REIS, C.E.S.; BUSATO, C.C. Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. **Bragantia**, v.66, n.2, p.203-208, 2007.

LUSH, J.L. Intra-sire correlations on regressions of offspring on dam as a method of estimating heritability of characteristics. **Proceedings of the American Society of Animal Production**, v.33, p.293-301, 1940.

McNEAL, F.H.; QUALSET, C.O.; BALDRIGE, D.E.; STEWART E.R. Selection for yield and yield components in wheat. **Crop Science**, v. 18, p. 795-799, 1978.

- MORENO, A.J. **Clima do Rio Grande do Sul**. Editora Secretaria da agricultura/RS, Porto Alegre, 1961, 41p.
- MEROTTO JUNIOR, A. **Processo de afilhamento e crescimento de raízes de trigo afetado pela resistência do solo**. Porto Alegre, 1995. 114p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFRGS, 1995.
- MOTZO, R.; GIUNTA, F.; DEIDDA, M. Expression of a tiller inhibitor gene in the progenies of interspecific crosses *Triticum aestivum* L.×*T. turgidum* subsp. *durum*. **Field Crops Research**, v.85, p.15-20, 2004.
- OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Agronomy Crop Science**, v.192, p.10-16, 2006.
- PETR, F.C.; FREY, K.J. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. **Crop Science**, v.6, p.259-262, 1966.
- RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B. dos, ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas alógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia : UFG, 1993. 271p.
- RONZELLI JÚNIOR, P. **Melhoramento genético de plantas**. Graffice Ed. Graf. Ltda. Curitiba, 1996. 219p.
- SAADALLA, M.M. Response to early-generation for yield and yield components in wheat. **Cereal Research Communications**, v.22, 187-193, 1994.
- SCHEEREN, P.L. ; CARVALHO, F.I.F. ; FEDERIZZI, L.C. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo. Parte II – Teste no Campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.605-619, 1995.
- SOUZA, E.; SORRELLS, M.E. Prediction of progeny variation in oat from parental genetic relationships. **Theoretical and Applied Genetics**, v.82, n.2, p.233-241, 1991.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and Procedures of Statistics**. Mc Graw – Hill Book Company, inc. New York, Toronto, London, 1960.

THIRY, D.E.; SEARS, R.G.; SHROYER, J.P. Relationship between tillering and grain yield of Kansas wheat varieties. Keeping up with research 134. **Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service**. 2002.

YAN, W.; WALLACE, D.H. Breeding for negatively associated traits. **Plant Breeding Reviews**, v.13, n.1, p.141-177, 1995.

VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MACHADO, A.A.; BENIN, G.; SCHEEREN, P.L.; SOUZA, V.Q.; HARTWIG, I. Desenvolvimento de afixos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.319-326, 2008.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância da geração F₂ conduzida em dois anos de avaliação, médias e coeficiente de variação na análise de quinze cruzamentos. FAEM/UFPeL, 2008.

Fontes de Variação	G.L.	Caracteres ⁽¹⁾ / Quadrado Médio		
		NAF	MG	PG
Tratamento (Cruzamentos)	14	79.59*	0.15*	97.65*
Geração F ₂ (Anos)	1	387.34*	17.36*	5303.96*
Tratamento x F ₂ (Anos)	14	15.95*	0.088*	56.07*
Resíduo	56	4.53	0.032	3.46
Média e Coeficiente de Variação				
F ₂ (2006)	Média	14.74	1.84	22.87
	C.V. (%)	11.74	9.26	9.98
F ₂ (2007)	Média	10.59	0.96	7.52
	C.V. (%)	13.74	12.65	17.35

⁽¹⁾ NAF - número de afilhos férteis, MG - massa de grãos por planta, PG - produção de grãos por planta e C.V. (%) – coeficiente de variação, em porcentagem. (*) valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância da geração F₃ conduzida em planta espaçada, com três estratégias de seleção, na análise de quinze cruzamentos. FAEM/UFPeL, 2008.

Fontes de Variação	G.L.	Caracteres ⁽¹⁾ / Quadrado Médio		
		NAF	MG	PG
Tratamento (Cruzamentos)	14	106.34*	0.13*	33.62*
Estratégia de Seleção	2	103.18*	0.65*	51.64*
Tratamento x Estratégia de Seleção	28	12.01*	0.14*	18.04*
Resíduo	84	2.31	0.04	1.9

⁽¹⁾ NAF - número de afilhos férteis, MG - massa de grãos por planta, PG - produção de grãos por planta.

(*) Valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância da geração F₃ conduzida em linha cheia, com três estratégias de seleção, na análise de quinze cruzamentos. FAEM/UFPeL, 2008.

Fontes de Variação	G.L.	Caracteres ⁽¹⁾ / Quadrado Médio		
		NAF	MG	RG
Tratamento (Cruzamentos)	14	1131.86*	0.062*	675154.8*
Estratégia de Seleção	2	1232.95*	0.58*	855857.7*
Tratamento x Estratégia de Seleção	28	201.08*	0.05*	296064.3*
Resíduo	84	98.29	0.017	23579.8

⁽¹⁾ NAF - número de afilhos férteis, MG - massa de grãos, RG - rendimento de grãos.

(*) Valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 – Resumo da análise de ganho genético* predito em dois anos de avaliação para o caráter número de afilhos, em três critérios de seleção⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPel, 2008.

CR. ⁽¹⁾	Geração/Ano	M.O. - F ₂	h^2_r F ₂ /F ₃	Estratégia de Seleção								
				Seleção 1			Seleção 2			Seleção 3		
				M.S.	D_s	Δ_g	M.S.	D_s	Δ_g	M.S.	D_s	Δ_g
Cr 1	F ₂ /2006	7.26	0.11	18.50	11.24	1.236	4.90	-2.36	-0.260	9.32	0.827	0.091
	F ₂ /2007	7.09	0.12	12.11	5.02	0.603	3.67	-3.42	-0.411	6.06	-1.635	-0.196
Cr 2	F ₂ /2006	8.72	0.12	21.90	13.18	1.582	5.00	-3.72	-0.446	11.85	1.550	0.186
	F ₂ /2007	7.51	0.31	12.00	4.49	1.392	3.78	-3.73	-1.157	7.57	-1.337	-0.414
Cr 3	F ₂ /2006	9.93	0.09	30.40	20.47	1.842	5.60	-4.33	-0.390	14.88	3.108	0.280
	F ₂ /2007	8.94	0.35	13.50	4.56	1.596	5.00	-3.94	-1.379	8.71	-1.824	-0.638
Cr 4	F ₂ /2006	14.85	0.08	32.60	17.75	1.420	4.40	-10.45	-0.836	21.50	5.230	0.418
	F ₂ /2007	9.57	0.22	16.56	6.99	1.537	5.18	-4.39	-0.965	8.67	-2.437	-0.536
Cr 5	F ₂ /2006	14.92	0.11	29.00	14.08	1.549	5.40	-9.52	-1.047	22.64	6.176	0.679
	F ₂ /2007	10.88	0.19	13.80	2.92	0.555	8.69	-2.19	-0.415	11.40	-0.035	-0.007
Cr 6	F ₂ /2006	11.03	0.13	23.40	12.37	1.608	4.20	-6.83	-0.888	13.90	1.258	0.164
	F ₂ /2007	6.79	0.29	10.16	3.37	0.977	4.09	-2.70	-0.783	5.57	-2.196	-0.637
Cr 7	F ₂ /2006	14.87	0.15	27.40	12.53	1.880	4.60	-10.27	-1.541	19.28	2.526	0.379
	F ₂ /2007	9.46	0.41	15.69	6.23	2.555	4.92	-4.54	-1.860	7.31	-4.703	-1.928
Cr 8	F ₂ /2006	10.7	0.44	24.30	13.60	5.984	4.10	-6.60	-2.904	13.64	-3.044	-1.339
	F ₂ /2007	8.4	0.34	15.71	7.31	2.485	7.08	-1.32	-0.448	8.00	-2.885	-0.981
Cr 9	F ₂ /2006	19.16	0.12	33.30	14.14	1.697	5.90	-13.26	-1.591	20.00	-0.857	-0.103
	F ₂ /2007	13.79	0.17	18.75	4.96	0.843	9.01	-4.78	-0.813	13.31	-1.326	-0.225
Cr 10	F ₂ /2006	13.27	0.19	26.50	13.23	2.514	4.70	-8.57	-1.628	18.95	3.166	0.602
	F ₂ /2007	9.85	0.38	14.33	4.48	1.704	6.15	-3.70	-1.405	10.19	-1.366	-0.519
Cr 11	F ₂ /2006	16.46	0.02	24.20	7.74	0.155	4.20	-12.26	-0.245	13.92	-2.695	-0.054
	F ₂ /2007	10.24	0.09	13.59	3.35	0.301	7.17	-3.07	-0.276	11.00	0.459	0.041
Cr 12	F ₂ /2006	15.36	0.13	26.40	11.04	1.435	4.20	-11.16	-1.451	18.32	1.523	0.198
	F ₂ /2007	13.47	0.14	20.50	7.03	0.984	7.50	-5.97	-0.836	13.26	-1.197	-0.168
Cr 13	F ₂ /2006	20.64	0.14	36.10	15.46	2.164	5.70	-14.94	-2.092	22.57	-0.239	-0.033
	F ₂ /2007	13.93	0.25	20.69	6.76	1.691	8.43	-5.50	-1.375	14.58	-1.042	-0.260
Cr 14	F ₂ /2006	22.32	0.11	34.00	11.68	1.285	7.00	-15.32	-1.685	26.16	2.556	0.281
	F ₂ /2007	11.83	0.39	16.50	4.67	1.821	7.77	-4.06	-1.584	13.00	-0.651	-0.254
Cr 15	F ₂ /2006	23.39	0.15	37.80	14.41	2.162	7.30	-16.09	-2.414	23.14	-2.409	-0.361
	F ₂ /2007	14.88	0.35	20.00	5.12	1.792	10.17	-4.71	-1.650	15.91	-0.763	-0.267

* M.S. = média da população selecionada; D_s = diferencial de seleção e Δ_g = ganho genético.

⁽¹⁾ CR 1 = Juriti x Fundacep 29; CR 2 = Juriti x IPR 85; CR 3 = Juriti x BRS 177; CR 4 = Juriti x Safira; CR 5 = Juriti x BRS Figueira; CR 6 = Fundacep 29 x IPR 85; CR 7 = Fundacep 29 x BRS 177; CR 8 = Fundacep 29 x Safira; CR 9 = Fundacep 29 x BRS Figueira; CR 10 = IPR 85 x BRS 177; CR 11 = IPR 85 x Safira; CR 12 = IPR 85 x Figueira; CR 13 = BRS 177 x Safira; CR 14 = BRS 177 x BRS Figueira e CR 15 = Safira x BRS Figueira.

⁽⁻⁾ Seleção 1 = elevado número de afilhos e produção de grãos, Seleção 2 = reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e Seleção 3 = *bulk* da população.

Tabela 5 – Resumo da análise de ganho genético* predito em dois anos de avaliação para o caráter massa de grãos, em três critérios de seleção⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPel, 2008.

CR. ⁽¹⁾	Geração/Ano	M.O. - F ₂	h^2_r	Estratégia de Seleção								
				Seleção 1			Seleção 2			Seleção 3		
			F ₂ /F ₃	M.S.	D_s	Δ_g	M.S.	D_s	Δ_g	M.S.	D_s	Δ_g
Cr 1	F ₂ /2006	1.82	0.04	1.85	0.03	0.001	1.98	0.16	0.006	1.79	-0.030	-0.001
	F ₂ /2007	0.8	0.13	0.96	0.16	0.021	0.91	0.11	0.014	0.89	0.089	0.012
Cr 2	F ₂ /2006	1.65	0.02	1.57	-0.08	-0.002	1.48	-0.17	-0.003	1.50	-0.153	-0.003
	F ₂ /2007	0.64	0.11	0.44	-0.20	-0.022	0.63	-0.01	-0.001	0.74	0.100	0.011
Cr 3	F ₂ /2006	1.73	0.04	1.32	-0.41	-0.017	1.77	0.04	0.001	1.64	-0.090	-0.004
	F ₂ /2007	1.2	0.07	1.30	0.10	0.007	1.45	0.25	0.018	0.83	-0.375	-0.026
Cr 4	F ₂ /2006	2.03	0.06	1.68	-0.35	-0.021	2.12	0.09	0.005	1.59	-0.440	-0.026
	F ₂ /2007	0.99	0.21	1.35	0.36	0.075	1.46	0.47	0.099	0.84	-0.146	-0.031
Cr 5	F ₂ /2006	1.62	0.13	1.44	-0.18	-0.023	1.36	-0.26	-0.034	1.40	-0.221	-0.029
	F ₂ /2007	1.03	0.19	1.08	0.05	0.009	1.01	-0.02	-0.004	0.99	-0.040	-0.008
Cr 6	F ₂ /2006	2.13	0.03	2.00	-0.13	-0.004	2.18	0.05	0.002	1.96	-0.172	-0.005
	F ₂ /2007	0.98	0.34	1.95	0.97	0.330	2.00	1.02	0.347	0.84	-0.141	-0.048
Cr 7	F ₂ /2006	1.98	0.11	1.74	-0.25	-0.027	1.77	-0.21	-0.023	1.67	-0.314	-0.035
	F ₂ /2007	0.86	0.39	0.97	0.11	0.043	0.93	0.07	0.026	0.79	-0.071	-0.028
Cr 8	F ₂ /2006	1.97	0.09	1.96	-0.01	-0.001	1.76	-0.21	-0.019	1.70	-0.270	-0.024
	F ₂ /2007	1.05	0.15	0.85	-0.20	-0.030	1.31	0.26	0.039	1.16	0.110	0.017
Cr 9	F ₂ /2006	2.07	0.07	1.52	-0.55	-0.038	1.79	-0.28	-0.020	1.49	-0.580	-0.041
	F ₂ /2007	1.03	0.15	1.06	0.03	0.005	1.24	0.21	0.032	0.92	-0.109	-0.016
Cr 10	F ₂ /2006	2.29	0.09	1.10	-1.19	-0.107	1.40	-0.89	-0.080	1.12	-1.170	-0.105
	F ₂ /2007	1.03	0.48	1.16	0.13	0.064	1.19	0.16	0.077	1.02	-0.006	-0.003
Cr 11	F ₂ /2006	1.96	0.09	1.24	-0.72	-0.065	1.77	-0.19	-0.017	1.88	-0.079	-0.007
	F ₂ /2007	1.23	0.13	1.07	-0.16	-0.021	1.44	0.21	0.027	1.30	0.070	0.009
Cr 12	F ₂ /2006	1.67	0.19	1.24	-0.43	-0.082	1.94	0.27	0.051	1.71	0.043	0.008
	F ₂ /2007	0.74	0.28	1.08	0.34	0.095	0.99	0.25	0.069	1.00	0.260	0.073
Cr 13	F ₂ /2006	1.61	0.15	1.23	-0.38	-0.057	1.71	0.10	0.015	1.60	-0.009	-0.001
	F ₂ /2007	0.92	0.25	0.81	-0.11	-0.028	0.82	-0.10	-0.026	0.82	-0.097	-0.024
Cr 14	F ₂ /2006	1.58	0.22	1.20	-0.38	-0.084	1.32	-0.26	-0.057	1.11	-0.470	-0.103
	F ₂ /2007	0.91	0.43	0.96	0.05	0.020	0.97	0.06	0.027	0.80	-0.110	-0.047
Cr 15	F ₂ /2006	1.52	0.19	1.12	-0.40	-0.076	1.25	-0.27	-0.051	1.25	-0.270	-0.051
	F ₂ /2007	1.03	0.21	1.13	0.10	0.020	1.14	0.11	0.023	0.98	-0.050	-0.011

M.S. = média da população selecionada; D_s = diferencial de seleção e Δ_g = ganho genético.

⁽¹⁾ CR 1= Juriti x Fundacep 29; CR 2= Juriti x IPR 85; CR3 = Juriti x BRS 177; CR 4 = Juriti x Safira; CR 5 = Juriti x BRS Figueira; CR 6 = Fundacep 29 x IPR 85; CR 7 = Fundacep 29 x BRS 177; CR 8 = Fundacep 29 x Safira; CR 9 = Fundacep 29 x BRS Figueira; CR 10 = IPR 85 x BRS 177; CR 11 = IPR 85 x Safira; CR 12 = IPR 85 x Figueira; CR 13 =BRS 177 x Safira; CR 14 = BRS 177 x BRS Figueira e CR 15 = Safira x BRS Figueira.

⁽⁻⁾ Seleção 1 = elevado número de afilhos e produção de grãos, Seleção 2 = reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e Seleção 3 = *bulk* da população.

Tabela 6 – Resumo da análise de ganho genético* predito em dois anos de avaliação para o caráter produção de grãos, em três critérios de seleção⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPel, 2008.

CR. ⁽¹⁾	Geração/Ano	M.O. - F ₂	h^2_r	Estratégia de Seleção								
				Seleção 1			Seleção 2			Seleção 3		
			F ₂ /F ₃	M.S.	D _s	Δ_g	M.S.	D _s	Δ_g	M.S.	D _s	Δ_g
Cr 1	F ₂ /2006	13.34	0.04	22.50	9.16	0.366	8.30	-5.04	-0.202	13.35	0.013	0.001
	F ₂ /2007	5.2	0.14	7.67	2.47	0.346	3.84	-1.36	-0.191	5.10	-0.098	-0.014
Cr 2	F ₂ /2006	16	0.03	29.60	13.60	0.408	9.15	-6.85	-0.206	20.59	4.593	0.138
	F ₂ /2007	5.01	0.19	7.24	2.23	0.423	3.62	-1.39	-0.263	5.78	0.771	0.147
Cr 3	F ₂ /2006	16.63	0.02	34.80	18.17	0.363	7.30	-9.33	-0.187	19.54	2.912	0.058
	F ₂ /2007	6.36	0.28	8.48	2.12	0.593	5.82	-0.54	-0.151	6.11	-0.248	-0.069
Cr 4	F ₂ /2006	25.93	0.02	45.51	19.58	0.392	14.00	-11.93	-0.239	35.00	9.070	0.181
	F ₂ /2007	6.75	0.39	12.70	5.95	2.319	5.10	-1.65	-0.642	8.55	1.800	0.702
Cr 5	F ₂ /2006	24.19	0.04	36.22	12.03	0.481	11.80	-12.39	-0.496	29.00	4.810	0.192
	F ₂ /2007	7.61	0.19	9.58	1.97	0.375	6.10	-1.51	-0.287	8.21	0.604	0.115
Cr 6	F ₂ /2006	19.12	0.03	34.80	15.68	0.470	6.80	-12.32	-0.370	20.38	1.259	0.038
	F ₂ /2007	6.54	0.19	9.31	2.77	0.526	4.51	-2.03	-0.386	5.20	-1.337	-0.254
Cr 7	F ₂ /2006	17.58	0.11	27.00	9.42	1.036	7.50	-10.08	-1.109	21.10	3.523	0.388
	F ₂ /2007	6.02	0.31	8.40	2.38	0.738	4.09	-1.93	-0.598	5.57	-0.454	-0.141
Cr 8	F ₂ /2006	12.36	0.1	33.20	20.84	2.084	18.40	6.04	0.604	21.84	9.480	0.948
	F ₂ /2007	8.35	0.22	10.58	2.23	0.491	6.67	-1.68	-0.370	6.80	-1.550	-0.341
Cr 9	F ₂ /2006	26.58	0.02	44.30	17.72	0.354	14.00	-12.58	-0.252	33.79	7.213	0.144
	F ₂ /2007	9.5	0.28	11.79	2.29	0.641	7.84	-1.66	-0.466	8.43	-1.066	-0.299
Cr 10	F ₂ /2006	21.04	0.04	31.00	9.96	0.398	9.40	-11.64	-0.466	26.00	4.960	0.198
	F ₂ /2007	6.86	0.33	9.21	2.35	0.777	4.90	-1.96	-0.647	6.33	-0.531	-0.175
Cr 11	F ₂ /2006	36.45	0.01	43.20	6.75	0.068	18.20	-18.25	-0.183	29.92	-6.530	-0.065
	F ₂ /2007	8.22	0.13	11.34	3.12	0.405	6.05	-2.17	-0.282	8.78	0.560	0.073
Cr 12	F ₂ /2006	28.5	0.05	40.01	11.51	0.576	15.20	-13.30	-0.665	32.00	3.500	0.175
	F ₂ /2007	9.74	0.14	14.55	4.81	0.673	6.82	-2.92	-0.409	9.45	-0.289	-0.041
Cr 13	F ₂ /2006	25.54	0.07	47.80	22.26	1.558	13.60	-11.94	-0.836	34.48	8.938	0.626
	F ₂ /2007	9.87	0.21	14.08	4.21	0.884	6.45	-3.42	-0.719	9.71	-0.161	-0.034
Cr 14	F ₂ /2006	29.03	0.02	39.00	9.97	0.199	14.20	-14.83	-0.297	26.52	-2.514	-0.050
	F ₂ /2007	8.03	0.47	9.00	0.97	0.456	7.06	-0.97	-0.456	7.60	-0.430	-0.202
Cr 15	F ₂ /2006	30.86	0.01	41.30	10.44	0.104	12.20	-18.66	-0.187	30.93	0.069	0.001
	F ₂ /2007	8.77	0.48	12.78	4.01	1.926	7.91	-0.86	-0.415	9.06	0.290	0.139

M.S. = média da população selecionada; D_s = diferencial de seleção e Δ_g = ganho genético.

⁽¹⁾ CR 1= Juriti x Fundacep 29; CR 2= Juriti x IPR 85; CR3 = Juriti x BRS 177; CR 4 = Juriti x Safira; CR 5 = Juriti x BRS Figueira; CR 6 = Fundacep 29 x IPR 85; CR 7 = Fundacep 29 x BRS 177; CR 8 = Fundacep 29 x Safira; CR 9 = Fundacep 29 x BRS Figueira; CR 10 = IPR 85 x BRS 177; CR 11 = IPR 85 x Safira; CR 12 = IPR 85 x Figueira; CR 13 =BRS 177 x Safira; CR 14 = BRS 177 x BRS Figueira e CR 15 = Safira x BRS Figueira.

⁽⁻⁾ Seleção 1 = elevado número de afilhos e produção de grãos, Seleção 2 = reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e Seleção 3 = *bulk* da população.

Tabela 7 – Médias estimadas em dois anos de avaliação e média original da geração F₃ para o caráter número de afilhos férteis, em três critérios de seleção⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPel, 2008.

CR. ⁽⁺⁾	Geração/Ano	Estratégia de Seleção								
		Seleção 1			Seleção 2			Seleção 3		
		M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t	M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t	M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t
Cr 1	F ₂ /2006	8.50	6.43 I	0.82	7.00	5.24 I	0.58	7.35	6.55 I	0.38
	F ₂ /2007	7.69		0.5	6.68		0.48	6.89		0.16
Cr 2	F ₂ /2006	10.30	9.17 I	0.3	8.27	5.08 I	1.06	8.91	8.72	0.07
	F ₂ /2007	8.90		0.07	6.35		0.42	7.10		0.64
Cr 3	F ₂ /2006	11.77	13.18	0.28	9.54	7.47	0.48	10.21	6.66 I	1.07
	F ₂ /2007	10.54		0.52	7.56		0.02	8.30		0.49
Cr 4	F ₂ /2006	16.27	13.04	0.56	14.01	9.22	1.02	15.27	6.66 I	1.95
	F ₂ /2007	11.11		0.33	8.60		0.13	9.03		0.54
Cr 5	F ₂ /2006	16.47	11	0.99	13.87	7.26	1.53	15.60	9.97	1.76*
	F ₂ /2007	11.43		0.07	10.46		0.74	10.87		0.28
Cr 6	F ₂ /2006	12.64	8.54 I	1.2	10.14	5.59 I	1.42	11.19	7.41	1.4
	F ₂ /2007	7.77		0.22	6.01		0.13	6.15		0.46
Cr 7	F ₂ /2006	16.75	14.14	0.55	13.33	9.68	0.76	15.25	12.38	0.68
	F ₂ /2007	12.02		0.45	7.60		0.43	7.53		1.15
Cr 8	F ₂ /2006	16.68	14.59	0.36	7.80	9.08	0.3	9.36	14.94	1.13
	F ₂ /2007	10.89		0.67	7.95		0.26	7.42		1.53
Cr 9	F ₂ /2006	20.86	12.37	1.88	17.57	10.94	1.27	19.06	16.25 S	0.52
	F ₂ /2007	14.63		0.5	12.98		0.39	13.56		0.5
Cr 10	F ₂ /2006	15.78	16.69 S	0.12	11.64	9.91	0.44	13.87	12.55	0.34
	F ₂ /2007	11.55		0.68	8.45		0.37	9.33		0.84
Cr 11	F ₂ /2006	16.61	10.13	1.54	16.21	8.42	1.77	16.41	8.33	1.79*
	F ₂ /2007	10.54		0.09	9.96		0.35	10.28		0.43
Cr 12	F ₂ /2006	16.80	12.39	0.73	13.91	12.62	0.22	15.56	8.69	1.71
	F ₂ /2007	14.45		0.34	12.63		0.001	13.30		1.15
Cr 13	F ₂ /2006	22.80	13.91	2.40*	18.55	15.83 S	1.23	20.61	12.83	2.35*
	F ₂ /2007	15.62		0.46	12.55		1.49	13.67		0.25
Cr 14	F ₂ /2006	23.60	17.88 S	1.47	20.63	15.22 S	2*	22.60	20.31 S	0.81
	F ₂ /2007	13.65		1.05	10.25		1.84	11.58		3.11*
Cr 15	F ₂ /2006	25.55	19.62 S	2.04*	20.98	16.27 S	1.47	23.03	14.71	2.77*
	F ₂ /2007	16.67		1.01	13.23		0.95	14.61		0.03
Médias (F ₃)			12.87			9.85			11.13	
D.P. (F ₃)			3.55			3.70			4.14	

⁽⁺⁾ CR 1= Juriti x Fundacep 29; CR 2= Juriti x IPR 85; CR3 = Juriti x BRS 177; CR 4 = Juriti x Safira; CR 5 = Juriti x BRS Figueira; CR 6 = Fundacep 29 x IPR 85; CR 7 = Fundacep 29 x BRS 177; CR 8 = Fundacep 29 x Safira; CR 9 = Fundacep 29 x BRS Figueira; CR 10 = IPR 85 x BRS 177; CR 11 = IPR 85 x Safira; CR 12 = IPR 85 x Figueira; CR 13 =BRS 177 x Safira; CR 14 = BRS 177 x BRS Figueira e CR 15 = Safira x BRS Figueira.

⁽⁻⁾ Seleção 1 = elevado número de afilhos e produção de grãos, Seleção 2 = reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e Seleção 3 = *bulk* da população.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t e **S** = superior e **I** = inferior a média mais um desvio padrão.

Tabela 8 – Médias estimadas em dois anos de avaliação e média original da geração F₃ para o caráter massa de grãos, em três critérios de seleção⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeL, 2008.

CR. ⁽⁺⁾	Geração/Ano	Estratégia de Seleção								
		Seleção 1			Seleção 2			Seleção 3		
		M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t	M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t	M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t
Cr 1	F ₂ /2006	1.82	1.07	2.27*	1.83	1.33 S	1.83	1.82	0.46 I	4.11*
	F ₂ /2007	0.82		0.75	0.81		1.92	0.81		1.06
Cr 2	F ₂ /2006	1.65	0.61 I	3.15*	1.65	0.64 I	3.35*	1.65	0.65	3.21*
	F ₂ /2007	0.62		0.03	0.63		0.03	0.64		0.03
Cr 3	F ₂ /2006	1.71	1.08	1.66	1.73	0.9	2.3*	1.73	0.55 I	3.09*
	F ₂ /2007	1.21		0.34	1.22		0.88	1.17		1.63
Cr 4	F ₂ /2006	2.01	1.3 S	2.08*	2.04	1.49 S	1.33	2.00	0.55 I	4.27*
	F ₂ /2007	1.06		0.7	1.09		0.97	0.96		1.2
Cr 5	F ₂ /2006	1.60	1	1.65	1.59	0.93	1.72	1.59	0.85	2.05*
	F ₂ /2007	1.04		0.36	1.03		0.26	1.02		0.47
Cr 6	F ₂ /2006	2.13	1.04	3.7*	2.13	1.01	4.48*	2.12	0.89	4.25*
	F ₂ /2007	1.31		0.93	1.33		1.28	0.93		0.13
Cr 7	F ₂ /2006	1.95	0.81	4.22*	1.96	1.11	1.97*	1.95	1.06 S	3.27*
	F ₂ /2007	0.90		0.33	0.89		0.51	0.83		0.85
Cr 8	F ₂ /2006	1.97	1.02	2.79*	1.95	1.06	1.71	1.95	0.65	3.81*
	F ₂ /2007	1.03		0.03	1.09		0.05	1.07		1.23
Cr 9	F ₂ /2006	2.03	0.83	2.86*	2.05	1.04	2.65*	2.03	0.86	3.07*
	F ₂ /2007	1.03		0.47	1.06		0.05	1.01		0.39
Cr 10	F ₂ /2006	2.18	1.21 S	1.95	2.21	1.56 S	1.58	2.18	0.86	3.23*
	F ₂ /2007	1.09		0.24	1.11		1.09	1.03		0.41
Cr 11	F ₂ /2006	1.90	0.96	2.22*	1.94	1.36 S	2.45*	1.95	0.64	3.12*
	F ₂ /2007	1.21		0.59	1.26		0.55	1.24		1.42
Cr 12	F ₂ /2006	1.59	0.66 I	1.65	1.72	0.72 I	2.94*	1.68	0.68	2.93*
	F ₂ /2007	0.84		0.32	0.81		0.26	0.81		0.38
Cr 13	F ₂ /2006	1.55	1.12	1.6	1.63	1.18	1.53	1.61	0.98	2.16*
	F ₂ /2007	0.89		0.85	0.89		1	0.90		0.27
Cr 14	F ₂ /2006	1.50	1.11	1.24	1.52	1.19	1.15	1.48	1.19 S	0.98
	F ₂ /2007	0.93		0.58	0.94		0.86	0.86		1.13
Cr 15	F ₂ /2006	1.44	0.85	2.37*	1.47	0.92	2.49*	1.47	0.88	2.55
	F ₂ /2007	1.05		0.8	1.05		0.59	1.02		0.6
Médias (F ₃)			0.98			1.07			0.78	
D.P. (F ₃)			0.19			0.25			0.21	

⁽⁺⁾ CR 1= Juriti x Fundacep 29; CR 2= Juriti x IPR 85; CR3 = Juriti x BRS 177; CR 4 = Juriti x Safira; CR 5 = Juriti x BRS Figueira; CR 6 = Fundacep 29 x IPR 85; CR 7 = Fundacep 29 x BRS 177; CR 8 = Fundacep 29 x Safira; CR 9 = Fundacep 29 x BRS Figueira; CR 10 = IPR 85 x BRS 177; CR 11 = IPR 85 x Safira; CR 12 = IPR 85 x Figueira; CR 13 =BRS 177 x Safira; CR 14 = BRS 177 x BRS Figueira e CR 15 = Safira x BRS Figueira.

⁽⁻⁾ Seleção 1 = elevado número de afilhos e produção de grãos, Seleção 2 = reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e Seleção 3 = *bulk* da população.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t e S = superior e I = inferior a média mais um desvio padrão.

Tabela 9 – Médias estimadas em dois anos de avaliação e média original da geração F₃ para o caráter produção de grãos, em três critérios de seleção⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeL, 2008.

CR. ⁽⁺⁾	Geração/Ano	Estratégia de Seleção								
		Seleção 1			Seleção 2			Seleção 3		
		M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t	M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t	M.E. - F ₃	M.O. - F ₃	Valor t
Cr 1	F ₂ /2006	13.71	7.18 I	2.51*	13.14	4.85 I	4.14*	13.34	4.86 I	2.82*
	F ₂ /2007	5.55		0.62	5.01		0.08	5.19		0.11
Cr 2	F ₂ /2006	16.41	6.77 I	4.01*	15.79	4.52 I	5.63*	16.14	6.17 I	3.55*
	F ₂ /2007	5.43		0.55	4.75		0.11	5.16		0.36
Cr 3	F ₂ /2006	16.99	11.29	1.44	16.44	5.31 I	3.71*	16.69	7.36	2.52*
	F ₂ /2007	6.95		1.1	6.21		0.3	6.29		0.29
Cr 4	F ₂ /2006	26.32	14.66 S	2.2*	25.69	7.62	6.45*	26.11	12.48 S	3.89*
	F ₂ /2007	9.07		1.05	6.11		0.54	7.45		1.43
Cr 5	F ₂ /2006	24.67	9.66	4.17*	23.69	5.49	5.2*	24.38	8.16	3.6*
	F ₂ /2007	7.98		0.46	7.32		0.52	7.72		0.09
Cr 6	F ₂ /2006	19.59	7.45	4.04*	18.75	4.91 I	6.9*	19.16	6.9	3.95*
	F ₂ /2007	7.07		0.12	6.15		0.62	6.29		0.19
Cr 7	F ₂ /2006	18.62	10.33	2.23*	16.47	7.44	2.2*	17.97	11.17	2.2*
	F ₂ /2007	6.76		0.96	5.42		0.49	5.88		1.7
Cr 8	F ₂ /2006	14.44	7.46	1.66	12.96	6.7	1.64	13.31	11	0.67
	F ₂ /2007	8.84		0.32	7.98		0.33	8.01		0.88
Cr 9	F ₂ /2006	26.93	12.75 S	2.62*	26.33	9.68	4.16*	26.72	13.25 S	2.86*
	F ₂ /2007	10.14		0.48	9.03		0.16	9.20		0.86
Cr 10	F ₂ /2006	21.44	7.17 I	2.09*	20.57	10.66 S	2.41*	21.24	8.63	2.47*
	F ₂ /2007	7.64		0.07	6.21		1.08	6.68		0.38
Cr 11	F ₂ /2006	36.52	6.86 I	6.74*	36.27	11.33 S	8.59*	36.38	5.71 I	7.66*
	F ₂ /2007	8.63		0.4	7.94		1.16	8.29		0.64
Cr 12	F ₂ /2006	29.08	13 S	4.46*	27.84	7.36	6.2*	28.68	11.88 S	4.19*
	F ₂ /2007	10.41		0.72	9.33		0.59	9.70		0.54
Cr 13	F ₂ /2006	27.10	11.51	5.56*	24.70	9.34	7.6*	26.17	8.68	5.82*
	F ₂ /2007	10.75		0.27	9.15		0.09	9.84		0.38
Cr 14	F ₂ /2006	29.23	11	6.07*	28.73	9.73	7.03*	28.98	9.23	7.05*
	F ₂ /2007	8.49		0.83	7.57		0.8	7.83		0.5
Cr 15	F ₂ /2006	30.96	11	7.12*	30.67	8.72	8.44*	30.86	10.5	7.54*
	F ₂ /2007	10.70		0.1	8.35		0.14	8.91		0.58
Médias (F ₃)			9.87			7.57			9.07	
D.P. (F ₃)			2.58			2.25			2.58	

⁽⁺⁾ CR 1= Juriti x Fundacep 29; CR 2= Juriti x IPR 85; CR3 = Juriti x BRS 177; CR 4 = Juriti x Safira; CR 5 = Juriti x BRS Figueira; CR 6 = Fundacep 29 x IPR 85; CR 7 = Fundacep 29 x BRS 177; CR 8 = Fundacep 29 x Safira; CR 9 = Fundacep 29 x BRS Figueira; CR 10 = IPR 85 x BRS 177; CR 11 = IPR 85 x Safira; CR 12 = IPR 85 x Figueira; CR 13 =BRS 177 x Safira; CR 14 = BRS 177 x BRS Figueira e CR 15 = Safira x BRS Figueira.

⁽⁻⁾ Seleção 1 = elevado número de afilhos e produção de grãos, Seleção 2 = reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e Seleção 3 = *bulk* da população.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t e **S** = superior e **I** = inferior a média mais um desvio padrão.

Tabela 10 – Médias observadas da geração F₃ conduzida em linha cheia para os caracteres número de afilhos férteis, massa de grãos e rendimento de grãos, em três critérios de seleção⁽⁻⁾ para quinze cruzamentos de trigo. FAEM/UFPeL, 2008.

CR. ⁽⁺⁾	NAF			ME			RG		
	Seleção 1	Seleção 2	Seleção 3	Seleção 1	Seleção 2	Seleção 3	Seleção 1	Seleção 2	Seleção 3
Cr 1	42.67 I	62.66	28.66 I	0.97 S	0.76	0.83	1366.27 S	1079.47	1156
Cr 2	42 I	38.5 I	37.66 I	0.72	0.73	0.79 I	850.85	900.28 I	847.33 I
Cr 3	55.58	59.44	33.33 I	0.76	0.7	0.89	997	1777.72	1665.33
Cr 4	66.63 S	45.8 I	57	0.73	0.6 I	1.33 S	1549.77 S	960 I	1920 S
Cr 5	53.55	71.69	64.66	0.69	0.56 I	0.73 I	1114.27	960.22 I	1140
Cr 6	41.55 I	42.47 I	37.66 I	1.12 S	1.00 S	0.94	1083.41	1257.66	858 I
Cr 7	53	83.94 S	55	0.82	0.97 S	1.06	1196.23	2234.61 S	1427.66
Cr 8	39.8 I	73.03	68.66	0.75	0.85	0.99	734.39 I	1896.71 S	1289.83
Cr 9	54.41	69.41	67.33	0.78	0.86	0.95	854	1772.83	1562.33
Cr 10	50.77	54.5	67.33	0.73	0.76	1	950.66	1245.39	1665.33
Cr 11	41.89 I	62.36	63	0.60 I	0.75	1.04	998.94	1609.83	1290.33
Cr 12	71.72 S	77.83 S	69	0.70	0.72	0.98	1619.22 S	1970 S	1933.83 S
Cr 13	62.97	66.66	68	0.87	0.74	0.85	1029	1512.16	1597.83
Cr 14	67.33 S	69.94	37.66 I	0.81	0.66	1.16 S	1034	1521.96	745.16 I
Cr 15	62.97	69.58	47.66	0.63 I	0.84	1	985	1210.11	633.83 I
Média	53.85	63.18	55.3	0.78	0.77	0.97	1090.86	1460.60	1315.60
D.P.	10.69	13.04	14.46	0.13	0.12	0.15	249.75	412.82	415.90

⁽⁺⁾ CR 1= Juriti x Fundacep 29; CR 2= Juriti x IPR 85; CR3 = Juriti x BRS 177; CR 4 = Juriti x Safira; CR 5 = Juriti x BRS Figueira; CR 6 = Fundacep 29 x IPR 85; CR 7 = Fundacep 29 x BRS 177; CR 8 = Fundacep 29 x Safira; CR 9 = Fundacep 29 x BRS Figueira; CR 10 = IPR 85 x BRS 177; CR 11 = IPR 85 x Safira; CR 12 = IPR 85 x Figueira; CR 13 =BRS 177 x Safira; CR 14 = BRS 177 x BRS Figueira e CR 15 = Safira x BRS Figueira.

⁽⁻⁾ Seleção 1 = elevado número de afilhos e produção de grãos, Seleção 2 = reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e Seleção 3 = *bulk* da população.

* **S** = superior e **I** = inferior a média mais um desvio padrão.

Tabela 11 – Coeficientes de correlação de *Spearman* entre planta espaçada e linha cheia de F₃ para os caracteres número de afilhos férteis, massa de grãos e produção de grãos (rendimento de grãos), em três critérios de seleção⁽⁻⁾. FAEM/UFPeL, 2008.

Caráter	Correlação de <i>Spearman</i> (r _s) - Espaçada/Linha Cheia		
	Seleção 1	Seleção 2	Seleção 3
NAF	0,41 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,39 ^{ns}
MG	0,33 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,18 ^{ns}
PG (RG)	0,37 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,38 ^{ns}

⁽⁻⁾ Seleção 1 = elevado número de afilhos e produção de grãos, Seleção 2 = reduzido número de afilhos com elevada produção de grãos e Seleção 3 = *bulk* da população.

^{ns} Não Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento genético tem contribuído de forma expressiva e intensa para o desenvolvimento da cultura do trigo no Sul do Brasil. Como consequência, o rendimento da cultura e o aproveitamento industrial deste cereal têm sido significativamente incrementados, porém, ainda é um dos principais países importadores de trigo no mundo. Com o objetivo de superar este entrave, os programas de melhoramento precisam ser dinâmicos, rápidos e precisos, com ênfase em obter variabilidade genética, eficiência de seleção e disponibilizar constantemente constituições genéticas com elevada produtividade e ajustados as diferentes condições de ambiente.

Diversas estratégias de seleção têm contribuído para o contínuo progresso da cultura nos programas de melhoramento (SAADALLA, 1994). Por outro lado, o principal componente do rendimento (número de afilhos férteis), ainda revela severos questionamentos sobre o seu real aproveitamento em condições de lavoura, principalmente em virtude da sua resposta diferencial as condições edafo-climáticas e sistemas de manejo (KURAPARTHY et al., 2007). Consequentemente, por entender a fundamental importância deste assunto, foi buscado neste trabalho, primeiramente, relatar o estado da arte dos processos envolvidos na produção e desenvolvimento de afilhos, o que permitiu trazer posteriormente, contribuições importantes para o desenvolvimento dos demais trabalhos realizados nesta tese.

Em condições de campo, diversas situações podem ser observadas relacionadas ao afilhamento, estas variações são atribuídas ao genótipo e às condições de ambientes desfavoráveis, onde as adversidades climáticas somadas às variações de manejo e fertilidade do solo estão presentes, com uma intensa variação no padrão de afilhamento. Neste sentido, a densidade de semeadura revela a maior variação na produtividade da cultura, uma vez que está diretamente

relacionada ao potencial do genótipo em produzir afilhos férteis, com efeito direto no número de espigas produzidas por unidade de área (OZTURK et al., 2006). Além disto, o efeito diferencial dos genótipos quanto à emissão e sobrevivência de afilhos proporciona diferentes mecanismos de associação entre os componentes do rendimento, com efeito direto na produtividade final do genótipo (SCHEEREN et al., 1995).

De acordo com os resultados verificados no trabalho, o efeito do genótipo e do ambiente foram determinantes na densidade de semeadura obtida com o máximo rendimento de grãos. Isto destaca a grande participação das diferentes condições de ambiente e do genótipo no estabelecimento da densidade ideal de semeadura a ser utilizada, justificando desta forma a necessidade de implementar, para cada condição de cultivo e genótipo utilizado, uma densidade ideal. O maior potencial de utilização de genótipos com reduzido afilhamento, como IPR 85, CD 108, OCEPAR 11-JURITI, FUNDACEP 29 e BR 18, se deve ao melhor aproveitamento em elevadas densidades de semeadura, em densidade superior a 400 sementes m⁻², com efeito, compensatório pronunciado no aumento da massa de espiga e massa de mil grãos. Por outro lado, a utilização deste grupo de genótipos, não determina modificações no número de grãos por espiga, revelando ser o componente do rendimento com a menor influência no caráter afilhamento.

Os genótipos com elevado potencial de afilhamento, como BRS FIGUEIRA, BRS UMBU, CD 114, BRS 177 e SAFIRA, revelam o melhor comportamento para rendimento de grãos em reduzidas densidades. Por outro lado, a falta de ajuste destes genótipos, principalmente quando submetidos a densidades elevadas, determina a maior senescência de afilhos, com redução drástica no rendimento de grãos. Além disto, apresentam maior período de produção de afilhos, em virtude do longo ciclo de desenvolvimento, o que está de acordo com a maior senescência de afilhos, visto que os afilhos emitidos tardiamente apresentaram menor capacidade de competição e reduzida taxa de sobrevivência (DOFIND e KARLSSON, 1993).

Ao utilizar em blocos de cruzamentos, um genótipo de trigo contrastante para o afilhamento, foi possível verificar grande variabilidade para o caráter e consequentemente para os demais caracteres componentes do rendimento. Isto possibilita a maior amplitude de classes de seleção, além de oportunizar diferentes estratégias de seleção para o melhorista, visto que as alterações provocadas com os demais caracteres são determinadas pelo maior número de locos segregantes entre

os caracteres (CARVALHO et al., 2001). Os resultados determinam que mesmo em reduzida magnitude, a herdabilidade genitor-progênie possibilita eficiência em estimar a média da próxima geração em planta espaçada, porém, sua efetividade se dá quando as gerações utilizadas forem conduzidas em iguais condições de ambiente. Além disto, os ganhos verificados no rendimento de grãos, com a seleção em gerações segregantes para o caráter número de afilhos, são dependentes das condições de manejo (planta espaçada e linha cheia), em que as gerações são submetidas. Conforme destacam CARGNIN et al. (2006), os efeitos da interação genótipo x ambiente, devem ser considerados na seleção e no ajuste de diferentes constituições genéticas, visto ter efeito direto no ganho de seleção em gerações segregantes.

A seleção para elevado número de afilhos possibilita o maior ganho genético para produção de grãos em planta espaçada, porém, a efetividade desta seleção, não apresenta o mesmo comportamento em competição. Desta forma, há necessidade dos cruzamentos serem analisados de forma conjunta (planta espaçada e linha cheia). Portanto, pode ser destacado, na seleção para elevado número de afilhos, o comportamento similar dos cruzamentos CR 4 (JURITI x SAFIRA) e 12 (IPR 85 x FIGUEIRA), com média superior para rendimento de grãos em planta espaçada e em linha cheia. A eficiência da seleção para reduzido número de afilhos somente é verificado no ambiente de competição, com ênfase no CR 7 (FUNDACEP 29 x BRS 177), de elevada massa de grãos. Desta forma, os resultados elevados para produção de grãos e rendimento de grãos, em combinações específicas, revelam a maior possibilidade de obter ganhos na seleção, com a utilização de genótipos contrastantes para o caráter alvo de seleção. Este fato pode estar diretamente relacionado à dissimilaridade genética entre os genitores e à forte capacidade de combinação entre os mesmos, atuando intensamente no incremento de alelos favoráveis para aumentar o rendimento de grãos e seus componentes (BENIN et al., 2005). Além disto, a maior efetividade da seleção para número de afilhos determina a necessidade de efetuar a seleção simultânea em planta espaçada e linha cheia, possibilitando identificar o máximo em potencial genético do genótipo em planta espaçada e sua resposta para os componentes do rendimento quando submetida a competição.

7. REFERÊNCIAS

- BACALTCHUK, B. Desafios enfrentados pela Embrapa Trigo. In: CUNHA, G. R. da; TROMBINI, M. F. **Trigo no Mercosul**: coletânea de artigos. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 163-171.
- BENIN, G.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; LORENCETTI, C.; VALÉRIO, I.P.; SCHMIDT, D.A.M.; HARTWIG, I.; RIBEIRO, G.; VIEIRA, E.A.; SILVA, J.A.G. Early generation selection strategy for yield and yield components in white oat. **Scientia Agricola**, v.62, n.4, p.357-365, 2005.
- CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.; CARNEIRO, P.C.S.; SOFIATTI, V. Interação entre genótipos e ambientes e implicações com ganho de seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.987-993, 2006.
- CARVALHO, F.I.F., SILVA, S.A., KUREK, A.J., MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPel. Ed. Universitária, 2001. 99p.
- CONAB – Acessado em 05/02/2008. <http://www.conab.gov.br/conabweb>
- DOFING, S.M.; KARLSSON, M.G. Growth and development of unculm and conventional-tillering barley lines. **Agronomy Journal**, v.85, p.58-61, 1993.
- FERREIRA FILHO, A.W.P.; CARVALHO, F.I.F. Seleção massal para tamanho do grão em populações segregantes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.11, p.1173-1183, 1986.
- HARTWIG, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; SILVA, J.A.G.; BERTAN, I.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; DOS REIS, C.E.S.; BUSATO, C.C. Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. **Bragantia**, v.66, n.2, p.203-2018, 2007.

- JOSHI, A. K.; KUMARI, M.; SINGH, V. P.; REDDY, C. M.; KUMAR, S.; RANE J.; CHAND, R. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, v.153, p.59-71, 2007.
- McNEAL, F.H.; QUALSET, C.O.; BALDRIGE, D.E.; STEWART E.R. Selection for yield and yield components in wheat. **Crop Science**, v. 18, p. 795-799, 1978.
- MORAES FERNANDES, M.I.B.. Genética, evolução e melhoramento de plantas. **Revista Plantio Direto**, v. 51, p. 29-33, 1999.
- MOTZO, R.; GIUNTA, F.; DEIDDA, M. Expression of a tiller inhibitor gene in the progenies of interspecific crosses *Triticum aestivum* L.×*T. turgidum* subsp. *durum*. **Field Crops Research**, v.85, p.15-20, 2004.
- MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: UFRGS, 1999, 228p.
- OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. **Journal of Agronomy Crop Science**, v.192, p.10-16, 2006.
- PETR, F.C.; FREY, K.J. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. **Crop Science**, v.6, p.259-262, 1966.
- SAADALLA, M.M. Response to early-generation for yield and yield components in wheat. **Cereal Research Communications**, v.22, 187-193, 1994.
- SCHEEREN, P.L. ; CARVALHO, F.I.F. ; FEDERIZZI, L.C. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo. Parte II – Teste no Campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.605-619, 1995.
- SOUZA, E.; SORRELLS, M.E. Prediction of progeny variation in oat from parental genetic relationships. **Theoretical and Applied Genetics**, v.82, n.2, p.233-241, 1991.
- THIRY, D.E.; SEARS, R.G.; SHROYER, J.P. Relationship between tillering and grain yield of Kansas wheat varieties. Keeping up with research 134. **Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service**. 2002.
- USDA – Acessado em 05/02/2008. <http://www.usda.gov/wps/portal/>
- VALÉRIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; MACHADO, A.A.; BENIN, G.; SCHEEREN, P.L.; SOUZA, V.Q.; HARTWIG, I. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.319-326, 2008.

8. VITA

Igor Pirez Valério, nascido em 17/05/1982 em Rio Grande/RS. Ingressou na Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) em março de 2000. Foi bolsista de iniciação científica (CNPq) durante o período de maio de 2001 a fevereiro de 2004, no Centro de Genômica e Fitomelhoramento. Durante este período, participou de vários projetos de pesquisa relacionados ao melhoramento genético de cereais de estação fria e arroz irrigado, além da participação em vários congressos e reuniões técnicas de pesquisa da área. Ao fim do período de graduação ainda realizou o estágio curricular na área de melhoramento genético vegetal em fumo. Em março de 2005 ingressou no mestrado da mesma área, sob orientação do mesmo professor da iniciação científica, Fernando Irajá Félix de Carvalho (Ph.D). Em abril de 2006, por cumprir os requisitos necessários, progrediu ao nível de doutorado. Em dezembro de 2006 obteve o título de mestre em Agronomia. Ao longo deste período, na qualidade de autoria ou co-autoria publicou cerca de 130 resumos e 30 artigos científicos em periódicos, além de ter participado do desenvolvimento, lançamento e registro de duas cultivares de aveia branca (ALBASUL e BARBARASUL).