

**LILIAN TAÍS DOS SANTOS**

**EFEITO DA COLORAÇÃO DE GRÃOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)  
SOBRE A TOLERÂNCIA À GERMINAÇÃO PRÉ-COLHEITA**

**MARINGÁ  
PARANÁ – BRASIL  
FEVEREIRO - 2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**LILIAN TAÍS DOS SANTOS**

**EFEITO DA COLORAÇÃO DE GRÃOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)  
SOBRE A TOLERÂNCIA À GERMINAÇÃO PRÉ-COLHEITA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de Mestre.

**MARINGÁ  
PARANÁ – BRASIL  
FEVEREIRO - 2009**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, os mais profundos agradecimentos pela oportunidade de evolução, por meio de Sua suprema inspiração. Ele fez de mim sua ferramenta, dando-me a grande oportunidade de realizar este trabalho. Agradeço por ter me proporcionado a bênção da família e dela receber muita força e coragem. Agradeço por não deixar que faltassem amigos para alegrar e deixar mais confortável a tarefa. Agradeço por colocar ao meu lado orientadores que ajudaram a manter firme a direção da caminhada.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), especialmente ao Programa de Genética e Melhoramento de Plantas (PGM), pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec), por estar com as portas sempre abertas para a realização da pesquisa e enobrecimento da mesma.

Ao professor doutor Ronald José Barth Pinto, por acreditar na capacidade de realização deste trabalho, orientando e se dedicando a ele.

Ao professor doutor Ivan Schuster e aos doutores Francisco de Assis Franco e Volmir Sergio Marchioro, pela amizade, orientação e por todos os ensinamentos transmitidos.

Ao amigo Ademar Alves Sobrinho, por todos seus ensinamentos, fazendo de mim uma profissional e uma pessoa melhor.

Aos amigos e colegas que fazem parte da equipe de trabalho do programa de melhoramento genético de trigo da Coodetec, por não medirem esforços para a realização deste trabalho, com qualidade e muita alegria.

À base da minha vida: minha família: meu pai Nilson, minha mãe Carmen e meu irmão João Mário. Sem o amor e carinho dessas pessoas nada seria possível.

A muitas outras pessoas especiais que já passaram a fazer parte dela, meu namorado Márcio, toda a sua família e a grande amiga Izolda. Obrigada por acreditarem, por renovarem com as suas as minhas forças, por darem sentido à vida e a tornarem um grande prazer.

## BIOGRAFIA

LILIAN TAÍS DOS SANTOS, filha de Carmen Maria dos Santos e Nilson Nichele dos Santos, nasceu em 11 de janeiro de 1983, em São Martinho, Rio Grande do Sul.

Os três primeiros anos de sua vida decorreram na localidade de Coxilha Alta, no município de São Martinho. Aos 4 anos, mudou-se com a família para o município de Sorriso, Mato Grosso, onde viveu até os 14 anos de idade, cursando o Ensino Fundamental, na Escola Municipal de Boa Esperança, entre os anos de 1989 a 1996. Para que pudesse realizar o Ensino Médio, regressou ao Rio Grande do Sul, passando a residir no município de Três de Maio, e nesta cidade, na escola Dom Hermeto, concluiu o Ensino Médio no ano de 1999.

Graduou-se em Agronomia, em 16 de julho de 2005, pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, Santa Catarina.

Ainda em 2005, passou a fazer parte do quadro de funcionários da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec), onde trabalhou até 2006 na rede de experimentação e melhoramento genético de soja.

Em março de 2007, iniciou o curso de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, na Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá, Paraná.

Trabalha, desde 2008, na Du Pont do Brasil S.A., Divisão Pioneer Sementes, em Sorriso, Mato Grosso, como pesquisadora na área de melhoramento genético da soja.

## ÍNDICE

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Aspectos gerais da cultura do trigo.....	4
2.1.1. Origem e evolução do trigo.....	4
2.1.2. Chegada do trigo no Brasil.....	6
2.1.3. Início do melhoramento de trigo no Brasil.....	7
2.1.4. Perspectivas para cultura do trigo.....	8
2.2. Germinação pré-colheita.....	9
2.3. Fatores que afetam a ocorrência da germinação pré-colheita em trigo.....	10
2.4. Genes controladores da cor de grão.....	11
2.5. Conseqüências da germinação pré-colheita em trigo e métodos para a sua avaliação.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Obtenção das gerações F <sub>1</sub> e F <sub>2</sub> .....	15
3.2. Simulação de chuva na pré-colheita e teste de germinação.....	17
3.3. Determinação da cor e textura dos grãos.....	20
3.4. Análises dos dados.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÕES.....	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

## RESUMO

SANTOS, Lilian Taís, M. Sc. Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2009. **Efeito da coloração de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) sobre a tolerância à germinação pré-colheita.** Professor orientador: Ronald José Barth Pinto. Professores Conselheiros: Ivan Schuster e Carlos Alberto Scapim.

Foi realizado um estudo de herança dos genes associados à coloração dos grãos de trigo e à germinação pré-colheita, com a identificação dos materiais de maior nível de tolerância à germinação pré-colheita e a avaliação do potencial da seleção indireta de linhagens tolerantes com base na cor de grão. O trabalho foi conduzido nos centros de pesquisa da Coodetec, localizados em Cascavel e Palotina. Para tanto, oito linhagens/variedades de trigo (1-CD 0545, 2-CD 0666, 3-CD 150, 4-Ocepar 18, 5-Ipr 85, 6-Ônix, 7-Frontana, 8- Pfau/Seri.1B//Amad) foram selecionadas para intercruzamento e avanço das respectivas populações até a geração F<sub>2</sub>, na qual realizou-se a avaliação. O procedimento iniciou com a colheita de 200 plantas de cada população. Na colheita, cada planta foi arrancada manualmente e identificada, sendo destacada uma de suas espigas para armazenamento à parte. As plantas foram trilhadas individualmente e as espigas conduzidas ao teste de germinação na espiga. Após a trilha, as sementes foram submetidas à determinação da cor e textura de grão. As espigas identificadas e armazenadas separadamente foram submetidas a um sistema de chuva artificial, sob condições controladas, durante 4 dias. Após esse período, os genótipos foram caracterizados quanto à germinação na espiga, de acordo com uma escala de notas de 1 a 11. Observou-se um padrão oligogênico de herança para a dormência quando as populações foram avaliadas individualmente e um padrão mais complexo na avaliação conjunta das populações. O estudo de herança permitiu caracterizar os genótipos da maioria das linhagens, nos locos que controlam a cor dos grãos. As correlações foram pouco eficientes para identificar uma possível associação entre a cor dos grãos e a tolerância à germinação, mas foram úteis quando a frequência de segregantes com grãos brancos mostrou-se relativamente alta. Das oito populações segregantes avaliadas, apenas duas apresentaram diferença significativa quanto à germinação de grãos entre as

classes branco e vermelho. Os resultados não confirmam a hipótese de que os trigos vermelhos sejam mais tolerantes à germinação na pré-colheita, mas tampouco a contrariam. Logo, durante a seleção, a presença da cor vermelha nas sementes não assegura, necessariamente, um alto nível de tolerância à germinação na espiga.

Palavras-chave: trigo, germinação pré-colheita e cor de grão.



## ABSTRACT

SANTOS, Lilian Taís, M. Sc. Universidade Estadual de Maringá, February 2009. EFFECT of the color grain of wheat (*Triticum aestivum* L.) on pre-harvest sprouting tolerance. Adviser: Ronald José Barth Pinto. Committee Members: Ivan Schuster and Carlos Alberto Scapim.

The objective of this work was to evaluate the inheritance of genes related to grain colour and preharvest sprouting tolerance in wheat, in order to identify the most tolerant plants and to verify the potentiality of indirect selection for tolerance based on grain colour. The experimental work was carried out in two research centers of Coodetec, located in Cascavel and Palotina, state of Paraná, Brazil. Thus, eight wheat lines/varieties (1-CD 0545, 2-CD 0666, 3-CD 150, 4-Ocepar 18, 5-lpr 85, 6-Ônix, 7-Frontana, 8-Pfau/Seri.1B//Amad) were selected to be intercrossed in way to produce their respective F<sub>2</sub> generations, which were analysed. About 200 plants were sampled from each population. During the harvest each plant was manually rooted up and identified, being separated one spike from each one to be stored individually. Plants were individually thrashed and their spikes submitted to the preharvest sprouting test. After thrashing, evaluations of colour and texture of seeds. Those spikes identified and stored separately were subjected to an artificial rainfall system under controlled condition during four days. After that genotypes were classified for preharvest sprouting according to the scale of from 1 to 11. An oligogenic inheritance pattern for dormancy was observed when populations were individually observed, but a more complex pattern seems to be valid when a joint evaluation was done. The study of inheritance allowed to classify most of genotypes in those loci associated to the colour of grains. Correlations were not much efficient to identify a possible association between grain colour and preharvest sprouting tolerance, except when the frequency of white segregants was high. Only two of the eight F<sub>2</sub> populations studied presented significant differences between red and white groups. This results does not confirm the superiority of red wheats on the white ones in relation to preharvest sprouting

tolerance, but they do not contradict it either. It is possible to conclude that the colour of grains must not be considered the only criterion for selection in those wheat breeding programmes turned to getting bigger tolerance to the preharvest sprouting.

**Palavras-chave:** wheat, preharvest sprouting, colour of grains

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o trigo é a cultura que ocupa a maior área cultivada em todo o mundo, com predominância em regiões de clima temperado (FAO, 2008a).

A produção mundial de trigo em 2008 foi de 677 milhões de toneladas (FAO, 2009). Os maiores produtores são a China, a Comunidade Européia, a Índia e a Rússia, países que representam 64% do total mundial. Na América do Sul, a Argentina é o maior produtor de trigo e está em 5º lugar na lista dos maiores exportadores mundiais. No Brasil, a maior área semeada e a maior produção de trigo foram registradas em 1986/87, quando uma área de 3.456 mil ha produziu 6 milhões de toneladas, sendo o Paraná responsável por 50% da produção total (Embrapa, 2009). Para a safra de 2008/2009 ocorreu um aumento em 35% com relação à safra 2007/2008, com uma produção de 6,03 milhões de toneladas (Conab, 2009a).

A importância do trigo está associada ao desenvolvimento da civilização e da agricultura moderna, sendo um alimento sagrado para muitos povos (Silva et al., 1996). Devido à grande variedade de espécies, o trigo pode ser cultivado em quase todas as partes do planeta. A ampla adaptação às diversas condições ambientais, bem como a capacidade de produção e armazenamento de proteínas complexas, como o glúten, justificam a posição do trigo entre as culturas mais importantes do mundo (FAO, 2008(b)).

O trigo está presente na história do Brasil desde a sua colonização, no século XVI (Lagos, 1983). As primeiras estações experimentais de trigo foram criadas em 1919, no período entre as duas grandes guerras mundiais. Naquela época, a alta dos preços no mercado levou o governo federal a tomar medidas para aumentar a produção de trigo no país. Desde então, muito foi feito em relação à pesquisa deste cereal no Brasil (Scheeren, 1986). Os desafios à pesquisa têm se intensificado, ainda mais pelo fato de o trigo não ser uma espécie nativa do Brasil. A pesquisa vem gradualmente superando as limitações de cultivo para adequar as práticas culturais à obtenção de maiores rendimentos (Lagos, 1983). Contudo, apesar dos esforços da pesquisa, a expansão da triticultura brasileira ainda é limitada por vários obstáculos.

A germinação na pré-colheita (germinação na espiga) constitui um dos maiores problemas da triticultura, principalmente por afetar a qualidade tecnológica do produto. O problema atinge áreas tritícolas de várias partes do mundo. No Brasil, o problema é mais freqüente na região sul, onde as temperaturas elevadas diminuem a dormência de grãos e facilitam a germinação no período de colheita. Para que o problema se manifeste, é necessária a superação de dormência durante o período de enchimento de grão e a ocorrência de chuvas na época da colheita (Cunha et al., 2004).

A coloração vermelha do grão em trigo pode estar associada à dormência. O pigmento vermelho dos grãos de trigos hexaplóides é determinado pelos alelos *R* dominantes de três genes controladores da cor do grão. Tais genes estão localizados em locos homólogos nos cromossomos 3A, 3B e 3D (Basso, 2004).

No Brasil, o trigo é semeado no outono, sendo todas as cultivares classificadas como trigo de primavera. Hoje em dia, as cultivares brasileiras geralmente são pouco resistentes à germinação pré-colheita, com pouca ou nenhuma dormência (Basso e Flintham, 2005).

Os estados do sul do país (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) foram responsáveis por 92,8% da produção nacional de trigo na safra 08/09, sendo que somente o estado do Paraná contribuiu com 53,2% da produção nacional de trigo (Conab, 2009b). Nas regiões norte e nordeste do Paraná, a colheita do trigo é realizada nos meses de setembro e outubro. No sul do Paraná e nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a colheita é realizada no mês de novembro. Em todas essas regiões existem condições que proporcionam a germinação pré-colheita, com altas temperaturas e chuvas periódicas. Em 1988, as perdas devido à chuva na pré-colheita, no Brasil, chegaram a US\$ 95 milhões (Basso e Flintham, 2005).

A germinação pré-colheita em trigo é um problema tanto para os produtores quanto para a indústria, reduzindo o potencial de rendimento das lavouras, afetando negativamente o peso hectolítrico e causando danos à qualidade da farinha, pelo desencadeamento das reações enzimáticas iniciais do processo de germinação. Na indústria, os problemas ocasionados por farinhas produzidas a partir de trigo germinado são desastrosos: pães de volume reduzido, interior compacto e casca muito escura, macarrão de coloração escurecida e

bolos de estrutura deformada, entre outros. Desta forma, a germinação pré-colheita reduz o valor comercial do grão e dependendo do nível de germinação, a utilização dos grãos estará limitada ao consumo animal (Cunha et al., 2004).

Dada à importância do trigo na alimentação humana, as instituições de pesquisa direcionaram os programas de melhoramento para um maior potencial de produtividade, qualidade industrial e resistência às doenças, desenvolvendo tecnologias que possibilitam grandes avanços na triticultura. Entretanto, muitos trabalhos ainda são necessários para contornar as limitações que dificultam a auto-suficiência em trigo. A auto-suficiência evitaria a continuidade das despesas de importação (mais de um milhão de dólares ao ano) e abriria caminho para que o Brasil pudesse posteriormente participar, inclusive, do grupo de exportadores do cereal (Perosa e Paulillo, 2007).

O presente trabalho objetiva aportar informações sobre a herança da cor de grão, da germinação pré-colheita, bem como identificar materiais com resistência à germinação pré-colheita e avaliar o potencial da seleção indireta para tal característica. Para tanto, testes de qui-quadrado serão utilizados para verificar hipóteses de segregação dos genes de cor de grão e de germinação pré-colheita em populações segregantes. Por outro lado, a detecção de correlações entre tais características pode avaliar a potencialidade do emprego da seleção indireta como estratégia de programas destinados ao aumento da tolerância à germinação pré-colheita em trigos brasileiros de primavera.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos gerais da cultura do trigo

#### 2.1.1. Origem e evolução do trigo

Acredita-se que o trigo tenha surgido há mais de 10.000 anos, na região da Mesopotâmia, no chamado Crescente Fértil, que se estende desde o norte do vale do Nilo até a Mesopotâmia, hoje Iraque e Kuwait, passando pelo Líbano, Israel, Síria e Jordânia (Carvalho e Nakagawa, 1988).

O trigo foi a cultura chave para o desenvolvimento da civilização. Seu cultivo contribuiu para que a espécie humana finalmente abandonasse a caça e coleta. Graças à reserva de sementes armazenadas, o homem pôde fixar-se em povoados e construir cidades, desenvolvendo as profissões, as artes e as ciências (Moraes-Fernandes, 2000).

As espécies de trigo evoluíram através de raros cruzamentos naturais que foram ocorrendo na natureza, entre espécies ancestrais e ervas daninhas. À medida que o trigo foi se modificando geneticamente, tornando-se mais produtivo e adaptado, também as populações humanas cresciam e ocupavam novos espaços (Moraes-Fernandes, 2000).

O trigo integra a família *Poaceae*, tribo *Triticeae* e subtribo *Triticinae* (Federizzi et al., 1999). A subtribo *Triticinae* é formada pelos gêneros *Triticum*, *Aegilops*, *Agropyron*, *Secale* e *Haynaldia*. O gênero é de origem relativamente recente, sendo possível a hibridação entre seus integrantes. As hibridações permitiram introgressão gênica e constituem valioso recurso genético para a prospecção de genes e posterior uso no melhoramento do trigo cultivado (Brammer, 2007).

As espécies de *Triticum* têm um número básico de cromossomos igual a sete ( $x=7$ ). O gênero apresenta diversos níveis de ploidia, incluindo espécies diplóides ( $2n=2x=14$  cromossomos, configuração genômica AA), tetraplóides ( $2n=4x=28$  cromossomos, configuração genômica AABB) e hexaplóides ( $2n=6x=42$  cromossomos, configuração genômica AABBDD). As principais espécies de cada grupo de ploidia estão listadas no Quadro 1 (Federizzi et al., 1999).

Quadro 1 – Níveis de ploidia, genomas e número cromossômico das espécies de trigo

Espécie	Genoma	Número de cromossomos
1. Diplóides		
<i>T. monococcum</i>	AA	14
<i>T. speltoides</i>	SS	14
<i>T. tauchii</i>	DD	14
2. Tetraplóides		
<i>T. durum</i>	AABB	28
<i>T. dicoccum</i>	AABB	28
<i>T. turgidum</i>	AABB	28
<i>T. timophevii</i>	AAGG	28
3. Hexaplóides		
<i>T. aestivum</i>	AABBDD	42
<i>T. spelta</i>	AABBDD	42
<i>T. compactum</i>	AABBDD	42
<i>T. sphaerococum</i>	AABBDD	42

FONTE: Federizzi et al., 1999.

As espécies hexaplóides de trigo contêm três conjuntos distintos de cromossomos, dos quais dois são derivados de um trigo tetraplóide (provavelmente *T. turgidum*) e um derivado de um trigo diplóide (*T. tauchii*). Essas espécies tiveram evolução convergente, de modo que os cruzamentos realizados entre elas resultam em híbridos completamente férteis. Assim, muitos genes apresentam herança polissômica, sendo que parte dos genes presentes no genoma A podem estar repetidos no genoma B e D, tornando complexos os padrões de segregação mendeliana, dificultando as análises genéticas (Breiman e Graur, 1995).

Atualmente, duas espécies de trigo são cultivadas em grande escala: o trigo duro tetraplóide (*Triticum turgidum* L.) e o trigo comum hexaplóide (*Triticum aestivum* L.). Ambas apresentam ciclo anual, hermafroditismo e reprodução por autogamia. O trigo comum é uma das culturas de maior expansão mundial, possuindo milhares de cultivares disponíveis em todo o mundo (Brammer et al., 2008).

### **2.1.2. Chegada do trigo no Brasil**

Em 1530, uma expedição comandada por Martin Affonso de Souza partiu de Portugal com destino ao Brasil. A expedição tinha cerca de 500 homens, entre marinheiros, guerreiros e futuros colonos.

Martin Affonso esteve em vários pontos da costa brasileira. Em agosto de 1531, chegou a São Vicente e por lá se estabeleceu. Com o fracasso das expedições organizadas em busca de minerais preciosos, teve fim a idéia da fácil obtenção de riquezas. Assim, em 1533, Martin Affonso regressou a Portugal, restando aos colonos a opção pela agricultura. Em 1534, ocorreu a distribuição das capitanias hereditárias. A Martin Affonso coube a posse da capitania de São Vicente. No mesmo ano, Martin Affonso foi nomeado capitão-mor da Índia. Enquanto não partia para seu novo destino, aproveitou para cuidar de sua capitania, enviando a ela casais de colonos, mudas de plantas e sementes. Na ocasião, acredita-se que tenha incluído sementes de trigo, por ser um alimento tradicional dos povos que viriam para cá (Cunha, 1999).

Registros posteriores indicaram a tentativa de cultivar trigo em Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo. No entanto, mesmo com estímulo do governo português, a cultura não obteve grande sucesso, provavelmente em virtude de as condições climáticas não serem favoráveis (Copstein, 1999). Em 1627, o padre Roque Gonzales relatou ter encontrado índios que já cultivavam o trigo no Rio Grande do Sul. (Lagos, 1983).

Devido às condições climáticas favoráveis encontradas no sul do país, o Rio Grande do Sul havia se tornado um exportador de trigo, por volta de 1790, mantendo-se nesta situação até 1810 (Silva et al., 1996). Em 1811, a produção entrou em declínio devido ao aparecimento da ferrugem. A crise atingiu tal magnitude que em 1823, já não se plantava mais trigo no Rio Grande do Sul, tornando-se então necessária a importação do cereal (Copstein, 1999). O Brasil voltou a produzir trigo somente em meados do século XIX, em grande parte devido à imigração italiana, que trouxe consigo variedades melhor adaptadas às nossas condições, devido à relativa semelhança climática entre o sul da Europa e o sul do Brasil (Lagos, 1983).



### **2.1.3. Início do melhoramento de trigo no Brasil**

No Brasil, o melhoramento efetivo do trigo iniciou com a seleção de linhagens realizada por Carlos Gayer, em 1918, quando foi inaugurada a estação experimental de Alfredo Chaves, no Rio Grande do Sul. No ano seguinte, foi inaugurada a estação experimental de Ponta Grossa, no Paraná (Cunha, 2000). No período entre as duas grandes guerras mundiais, a alta dos preços no mercado levou o governo federal a tomar medidas para aumentar a produção de trigo no país (Scheeren, 1986).

O pesquisador Iwar Beckman, primeiro assistente de Herrman Nilson-Ehle, da Suécia, veio para o Brasil em 1924. Os trabalhos de Beckman tiveram início na estação experimental de Alfredo Chaves, sendo realizada, em 1925, a primeira hibridação de trigo no Brasil (linhagem Alfredo Chaves 6 x Polysu). Esse cruzamento constituiu a base genética para o surgimento de muitas variedades no Brasil e no mundo, entre elas, Frontana, a mais conhecida de todas, por ser uma fonte de resistência durável à ferrugem da folha e à germinação na espiga (Del Duca, 1999).

Entre os primeiros melhoristas em atividade no país, Beckman foi o precursor na busca de variedades precoces. Obteve também variedades com resistência à ferrugem da folha e do colmo, tolerantes ou resistentes ao crestamento, preocupou-se com a qualidade do trigo e, desde 1950, foi o pioneiro no cultivo de gerações de verão, a fim de obter duas gerações por ano. Beckman foi convidado a participar da elaboração de um plano de produção e distribuição de sementes, do qual resultou a criação da Comissão Técnica do Trigo (Del Duca, 1999).

Em 1967, as cooperativas filiadas à Fecotrigo criaram um fundo de recursos oriundos de uma taxa cobrada sobre a comercialização do trigo. Dessa forma, em 1969, surgiu o Programa Acelerado de Melhoramento de Trigo, em convênio com a Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. Criou-se, então, a Estação Experimental de Julio de Castilhos. Pouco depois, em 1972, foi criado o Centro de Experimentação e Pesquisa da Fecotrigo em Cruz Alta (Svoboda e Tonon, 2001).

O Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) surgiu em 1973, época de criação do Programa Trigo, atual Programa de Cereais de Inverno (Riede, 2001).

No ano seguinte, as cooperativas do Paraná também iniciaram o desenvolvimento de pesquisas em trigo, através da criação de um departamento de pesquisa dentro da Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (Ocepar). Em 1995, esse departamento desmembrou-se da Ocepar, sendo então criada em Cascavel, Paraná, a Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec) (Franco, 2001).

O melhoramento de trigo na Embrapa teve início em 1975 com a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, atual Embrapa Trigo, localizado em Passo Fundo, Rio Grande do Sul (Scheeren, 2001).

O desenvolvimento dos vários programas de melhoramento no Brasil permitiu grandes avanços na cultura do trigo. Embora o Brasil tenha praticamente chegado à auto-suficiência desta cultura em 1987, o setor produtivo sofreu uma desestruturação gradual quando em 1990, o governo parou de adquirir as safras de trigo. Com o mercado livre e sem as salvaguardas necessárias, o Brasil tornou-se novamente dependente de importações de trigo, as quais representaram cerca de 80% do consumo nacional. Com a redução na produção do país, recursos de 1,3 bilhões de dólares deixaram de circular na cadeia produtiva, com gasto similar em importação e perda de 280.000 empregos diretos e indiretos (Del Duca et al., 2007).

#### **2.1.4. Perspectivas para cultura do trigo**

O consumo mundial de trigo até 2020 deve chegar a um bilhão de toneladas. Para o atendimento dessa demanda, sem aumento de área cultivada, o rendimento do trigo deve ser incrementado em 2,5% ao ano, chegando-se, em 2020, a uma produção de 4,5 toneladas por hectare (Cunha, 2000).

Existem razões suficientes para justificar a preocupação das autoridades com o atual nível de rendimento de trigo no mundo. O aumento potencial da população e conseqüentemente do consumo a curto e médio prazo, não estará acompanhado por um crescimento simultâneo da área cultivada. De fato, há estimativas que indicam hoje um total de aproximadamente 840 milhões de pessoas sofrendo de fome crônica no mundo (FAO 2008(c)).

O consumo total de trigo para a elaboração de farinha no Brasil, entre 1994 e 1999, foi de 8,22 milhões de toneladas anuais. Desse total, apenas 22,5% foram

produzidos no país. A maior parte das importações brasileiras de trigo teve como origem o Mercosul. Na época, a Argentina fornecia 65,1% do cereal importado, o Uruguai 4,3% e o Paraguai, 1,8%. O Canadá era o segundo maior fornecedor de trigo para o Brasil, suprimindo 18,2% do total importado (Jacobsen, 2000).

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento (MAPA, 2008), havia uma estimativa de produção mundial de trigo equivalente a 624,8 milhões de toneladas para a safra passada (2006/07). Para 2015/16, está previsto um incremento de 7,5%, totalizando 672 milhões de toneladas, das quais 559 milhões serão destinados ao consumo humano e 113 milhões ao consumo animal. A estimativa para o Brasil é de uma produção crescente de trigo até 2016/17, devendo o consumo interno crescer em média 2,2% ao ano, chegando a 13,9 milhões de toneladas.

Apesar das perspectivas favoráveis à produção mundial de trigo, não se espera uma queda significativa nos preços, isso porque os estoques mundiais do produto chegaram aos níveis mais baixos dos últimos 25 anos (FAO 2008(c)).

## **2.2. Germinação pré-colheita**

A germinação pré-colheita é popularmente denominada *germinação na espiga*. Os pesquisadores comumente a mencionam pela sigla PHS, derivada da expressão inglesa *pre-harvest sprouting*, termo empregado para designar o processo no qual ocorre a germinação de sementes fisiologicamente maduras ainda presentes na espiga, ou seja, antes da colheita (Basso, 2004).

A chuva na pré-colheita pode causar a germinação em trigo, centeio, cevada, aveia, triticale e até mesmo em arroz. A germinação pré-colheita causa perdas no rendimento e na qualidade do produto, sendo comum perdas de até 10% em algumas dessas culturas (Derera, 1980).

A germinação pré-colheita tem sido um dos principais fatores associados à redução da qualidade do trigo brasileiro. Paralelamente o problema atinge áreas tritícolas de várias regiões do mundo, como norte e oeste da Europa, noroeste dos Estados Unidos da América, norte da Austrália, oeste da Nova Zelândia, Canadá, África do Sul, Chile e Argentina (Cunha et al., 2004).

Nas regiões norte e oeste do Paraná, a colheita ocorre entre os meses de setembro e outubro. Já no sul do Paraná e nos estados de Santa Catarina e Rio

Grande do Sul, a colheita ocorre em novembro. Em todas essas regiões ocorrem condições de altas temperaturas e umidade relativa do ar, com chuvas periódicas que levam à germinação pré-colheita (Bassoi e Flintham, 2005).

O processo de germinação tem início com a embebição da semente, disparando uma seqüência de processos fisiológicos, os quais, entre outros, incluem a liberação de hormônios e enzimas hidrolíticas. O ativador hormonal é o ácido giberélico (GA), que induzirá a síntese e a secreção de amilases. Com o aumento da atividade das amilases as reservas de carboidratos serão hidrolisadas e translocadas para o embrião, sendo usadas no seu próprio desenvolvimento (Bassoi, 2004).

### **2.3. Fatores que afetam a ocorrência da germinação pré-colheita em trigo**

O nível de dano atribuído à germinação pré-colheita depende de muitos fatores e da interação entre os mesmos, merecendo destaque: a temperatura, duração e intensidade das chuvas, taxa de secagem do grão, estrutura da cariopse, morfologia da espiga, presença ou ausência de genes de resistência à germinação pré-colheita e estágio de maturação da cultura na lavoura (Bassoi, 2004).

Entre os fatores climáticos, a ocorrência de chuva é indispensável, pois é necessária a hidratação do grão por certo período para que o processo de germinação possa ter início e tornar-se visualmente perceptível. Esse período de tempo varia em função da temperatura e das condições fisiológicas do grão. O progresso da germinação depende ainda da duração e da quantidade das chuvas, tendo cada uma delas um efeito aditivo em relação aos fatores anteriormente mencionados (Lush e Groves, 1981).

A estrutura da planta de trigo parece ter influência na resistência ou suscetibilidade à germinação pré-colheita. O posicionamento pendente das espigas facilita o escoamento da água. Além disso, as glumas extremamente aderentes reduzem a infiltração de água, diminuindo ou retardando conseqüentemente a ocorrência da germinação pré-colheita (Derera, 1989).

Segundo Taiz e Zeiger (2000), o grupo de hormônios das giberelinas desempenha importante papel nos fenômenos fisiológicos da germinação, como a indução da síntese de enzimas  $\alpha$ -amilase, ativadoras da germinação.

A dormência das sementes é um fator fisiológico associado à resistência à germinação pré-colheita. A dormência ocorre quando uma semente saudável e morfológicamente madura não germina quando mantida sob ótimas condições de umidade e temperatura. É causada por fatores internos na cariopse, sendo necessário um período de pós-maturação antes que a dormência seja superada (Derera et al., 1977).

#### **2.4. Genes controladores da cor de grão**

Metzer e Silbough (1970), com o uso de análises citogenéticas, verificaram que cada um dos cromossomos 3A, 3B e 3D do trigo hexaplóide apresentava um simples loco R responsável pela cor vermelha do grão de trigo, postulando ainda que a cor vermelha seja determinada pela presença de um ou mais alelos.

Utilizando testes de chuva artificial e germinação, McCaig e DePauw (1992) compararam em 1987 e 1988 dois grupos de progênies de genótipos brancos com 20 genótipos já caracterizados e diferentes quanto à coloração da semente e tolerância à germinação pré-colheita. Em todos os testes de chuva artificial e em três, dos quatro testes para germinação, foi observada uma diferença altamente significativa entre os materiais, com maior tolerância associada à coloração. No entanto, a cor vermelha das sementes não representou um fato suficiente para designá-las como tolerantes.

Flintham e Gale (1996) foram pioneiros no estudo do efeito de genes com herança mendeliana para a dormência, associado à coloração vermelha dos grãos. Os autores ressaltaram a importância de um gene R, triplicado, localizado no braço longo dos cromossomos homeólogos do grupo 3.

Um estudo realizado por Flintham (2000) com linhas isogênicas vermelhas e linhas isogênicas brancas investigou a relação entre a variação genotípica para dormência e o polimorfismo para alelos R, bem como a relação entre a variação genética para a dormência entre as diferentes cultivares de grão vermelho e a influência das doses de genes R na intensidade de cor dos grãos. Os resultados indicaram que alelos R dominantes têm efeitos funcionais equivalentes sobre a dormência, sendo expressos na pigmentação vermelha da

testa como um efeito pleiotrópico, bastando a presença de um único alelo dominante para aumentar substancialmente a resistência. Os dados obtidos neste estudo evidenciaram que a resistência à germinação pré-colheita não está unicamente sob controle da cor da testa do grão, mas, sim, sob a influência de muitos outros fatores, caracterizando uma herança complexa.

Estudos realizados por Bassoi e Flintham (2005) com a utilização de espigas maduras obtidas sob condições artificiais, com um simulador de chuva durante três anos, evidenciaram que o efeito da cor de grão guardou uma relação significativa com a expressão da tolerância à germinação pré-colheita. Ocorrendo, também, embora com menor relevância, um efeito decorrente da dose dos alelos dominantes. Os estudos de variação fenotípica permitiram ainda postular que a germinação pré-colheita fosse também controlada por outros genes.

Bassoi et al. (2006) concluíram que a germinação pré-colheita está associada à dormência inadequada da sementes e que a cor vermelha das sementes representa um marcador morfológico tradicionalmente considerado como útil na busca da resistência à germinação, em programas de melhoramento de trigo. No entanto, os autores advertem que, embora as sementes de cor branca geralmente sejam consideradas mais suscetíveis à germinação do que as sementes de cor vermelha, ambas apresentam algumas variações a este respeito. Dada a tendência apontada pela literatura, é natural, portanto, que a pesquisa seja também direcionada à identificação de marcadores moleculares úteis à seleção dessas características.

Usando linhagens endogâmicas recombinantes (RILs) e uma população  $F_2$  entre Langdon (LDN) / (LDN-DIC3A), Kuraparthi et al. (2008) identificaram um marcador STS e um marcador EST flanqueando o gene R-A1 em um intervalo de 4.4 cM. O mapeamento do gene R-A1 indicou que os genes de sementes de cor vermelha estão localizados na região distal do braço longo do cromossomo 3.

Sherman et al. (2008) identificaram marcadores microssatélites ligados aos três locos que controlam a cor do grão em trigo. Em um estudo de validação, em uma população de 1786 plantas  $F_2$ , a seleção com base nestes marcadores coincidiu plenamente com o fenótipo da cor dos grão de trigo. Segundo os autores, estes marcadores podem ser úteis nos programas de retrocruzamento para converter sementes vermelhas de trigo em sementes brancas.

## **2.5. Conseqüências da germinação pré-colheita em trigo e métodos para a sua avaliação**

Entre as perdas ocasionadas pela germinação pré-colheita, encontram-se as perdas quantitativas na colheita, a redução na viabilidade das sementes e a redução na qualidade da farinha de trigo, as quais são resultantes da ação de enzimas, como a  $\alpha$ -amilase, proteases e lipases (Derera, 1980). Há também, a redução do valor de comercialização dos grãos de trigo, em função do seu enquadramento em tipo, segundo a legislação vigente. Deve ser mencionada também a redução na qualidade dos produtos finais, que resulta em pães com textura interna pegajosa e úmida e crosta de cor escura. As massas, por sua vez, apresentam-se pegajosas após a cocção, apresentando excesso de resíduos na água de cozimento. Já os bolos apresentam baixo volume e miolo compacto (Guarienti e Miranda, 2004).

Segundo Franco (2008), são várias as metodologias desenvolvidas para caracterizar geneticamente a germinação na espiga, como, por exemplo, câmaras de germinação com alta umidade relativa, simuladores de chuva com posterior permanência em câmaras e também a imersão das espigas envoltas em papel toalha em câmaras de germinação com temperatura definida. Além disso, também existem equipamentos como o amilógrafo Brabender, o Falling Number e o RVA (Rapid Visco Analyser) que auxiliam na determinação da qualidade da farinha (Guarienti e Miranda, 2004).

Segundo a American Association of Cereal Chemists (Pomeranz, 1988), o amilógrafo mede a qualidade de gelatinização da farinha de trigo, reflexo de seu conteúdo de amilase, a qual tem grande influência no comportamento da massa durante o processo de panificação, estruturação da miga, grau de firmeza e tempo de armazenamento do produto.

O teste do Número de Queda, mais conhecido como Falling Number, é utilizado para determinar o nível de atividade enzimática que se desenvolve no interior do grão de trigo. O teste determina o tempo (em segundos) que um batedor de viscosímetro demora para cair desde uma altura padrão até um leito de farinha liquidificada, em conseqüência da atividade amilásica. Naturalmente, farinhas com maior atividade amilásica produzem soluções menos viscosas que

oferecem menor resistência à precipitação do batedor, resultando em maior rapidez da queda e, obviamente, menor falling number (Pomeranz, 1988).

Na execução do teste RVA (Rapid Visco Analyser), a suspensão de amido é cozida a uma temperatura estipulada pelo protocolo, sendo sua viscosidade continuamente registrada pelo aparelho RVA, de modo a ser obtida uma curva de viscosidade. O processo avaliativo é relativamente rápido, durante aproximadamente 13 minutos para cada amostra. Cumpre ressaltar que o método RVA não se limita ao amido cozido, podendo ser aplicado também à análise da viscosidade de outros produtos, inclusive laticínios como queijo e manteiga (Metzger, 2009).

As análises mencionadas acima não pretendem avaliar as propriedades decorrentes da qualidade genética de cada variedade de trigo, pois existem testes mais apropriados para tal finalidade. No caso, a quantificação da viscosidade das suspensões de amido mede as alterações que este sofreu por obra de condições ambientais que oportunizam um excesso de concentração de alfa-amilase nos grãos (Pinto, 1999).

A redução da qualidade da farinha pode ser melhorada com a incorporação de aditivos. No entanto, quando as reações químicas no interior do grão já foram desencadeadas, tais alterações tornam-se impossíveis de corrigir. Embora a utilização de cultivares geneticamente tolerantes à germinação na espiga seja sempre desejável, ela será mais importante ainda quando as precipitações durante a maturação forem intensas e persistentes, situação na qual seria altamente provável a ocorrência de perdas irreversíveis em materiais susceptíveis.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Obtenção das gerações $F_1$ e $F_2$

As fases iniciais da pesquisa foram conduzidas no Centro de Pesquisa Eloy Gomes da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec), localizado às margens da BR 467, km 98, no município de Cascavel, região oeste de estado do Paraná (latitude 24° 53' 10"; longitude 53° 32' 53"; altitude de 677 metros).

A atividade experimental foi programada a partir de 8 variedades/linhagens de trigo (1-CD 0545, 2-CD 0666, 3-CD 150, 4-Ocepar 18, 5-Ipr 85, 6-Ônix, 7-Frontana, 8-Pfau\*). Esses materiais apresentam variação para a cor de grão e germinação pré-colheita, características estudadas neste trabalho. O material identificado como Pfau\* é oriundo do cruzamento entre Pfau/Seri.1B//Amad, utilizado tal abreviação para facilitar sua identificação, é o único genitor de grãos brancos.

As 8 variedades/linhagens foram semeadas em casa de vegetação em 7 épocas (12/04/07, 17/04/07, 22/04/07, 27/04/07, 02/05/07, 07/05/07, 12/05/07, 17/05/07) e no campo em 4 épocas (10/04/07, 18/04/07, 26/04/07, 04/05/07). Essas épocas foram escalonadas para garantir a simultaneidade da floração visando à realização dos cruzamentos. A semeadura ocorreu em dois vasos para cada época, com 7 a 10 plantas por vaso. Cada cruzamento dialélico foi identificado com um número de controle.

As sementes  $F_1$  oriundas dos cruzamentos foram colhidas nos meses de agosto e setembro de 2007. Dos 28 materiais que deveriam ser esperados do cruzamento dialélico entre os 8 genitores, 3 cruzamentos foram eliminados por não apresentarem resultados suficientes para os testes.

A semeadura das 25 populações  $F_1$  para o avanço de geração ocorreu sob um telado em novembro de 2007 (Figura 1). O número de controle de cada cruzamento foi substituído por um número de parcela. Os materiais foram colhidos em fevereiro e março de 2008.

Durante o período de desenvolvimento da cultura, foi realizado o controle fitossanitário de doenças, pragas e ervas daninhas, para assegurar um melhor desenvolvimento das plantas. Por ocasião de períodos de estiagem,

principalmente no início do desenvolvimento das plantas, foi necessária a realização de irrigação. A colheita foi realizada quando as plantas atingiram a maturação fisiológica, segundo critério adotado por Hanft e Wych (1982).



Figura 1 – Estrutura do telado.

As 25 parcelas correspondentes às populações segregantes em  $F_2$  foram semeadas a campo em 11/04/2008, sobre latossolo roxo eutrófico (Embrapa, 1999), no Centro de Pesquisa da Coodetec, localizado na PR 364, município de Palotina/PR (latitude  $24^\circ 21' 16''$ ; longitude  $53^\circ 45' 26''$ ; altitude de 320 metros). Cada parcela foi composta por 6 linhas de 11 m de comprimento, mantendo-se 20 cm de espaçamento entre as linhas, resultando em uma área útil de  $13,2 \text{ m}^2$  (Figura 2).



Figura 2 – Localização e formato das parcelas.

Foram colhidas em média 200 plantas de cada sulco. No momento da colheita, cada planta foi arrancada manualmente e identificada, sendo destacada uma de suas espigas para armazenamento a parte (Figura 3). As plantas e as espigas foram secas sob temperatura ambiente por um período de aproximadamente 20 dias, até que os grãos atingissem umidade média de 13%. A seguir, as plantas foram trilhadas individualmente e as espigas conduzidas ao teste de germinação na espiga.

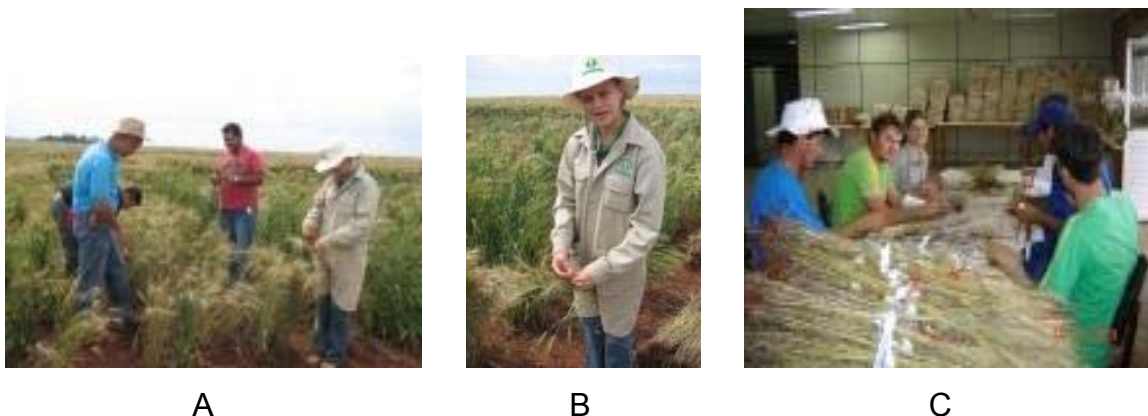


Figura 3 – Colheita das plantas (A e B) e separação de uma espiga por planta (C).

### 3.2. Simulação de chuva na pré-colheita e teste de germinação

A simulação da condição de chuva na pré-colheita do trigo foi realizada através de um simulador de chuva instalado em uma casa de vegetação, desenvolvido por Franco (2008). Esse modelo correspondeu a uma versão do simulador usado por Okuyama et al. (2003), idealizado para possibilitar a avaliação simultânea de um grande número de genótipos. O suporte para a base do modelo foi obtido segundo McMaster e Derera (1976).

O simulador foi programado para promover uma condição ideal à ocorrência de germinação na espiga de trigo. A casa de vegetação tinha dimensionamento de 99,28m<sup>2</sup>, sendo o simulador constituído por 24 bicos de micro-aspersão do tipo micronaan-dan, de bocal verde e rotor de médio alcance, utilizados a uma altura de 1,80m acima da mesa preparada para alocar as espigas, promovendo um alcance de 4,40m de diâmetro sob pressão de 2,00 bar. Os bicos foram distribuídos homoganeamente na casa de vegetação, distanciados 2,20m um do outro, provocando uma sobreposição similar de aspersão e promovendo chuva de 19 mm em 15 minutos. A pressão do equipamento foi exercida com o auxílio de uma moto-bomba Schineider BC-92, com potência de 1 CV, e a regulação realizada por meio do manômetro. Para manter constante a pressão de água, foi utilizado um reservatório, tipo caixa, com capacidade de 1000 L.

Para distribuir as espigas nas mesas, simulando a condição de campo, foram colocadas chapas de isopor com 6 cm de espessura, dotadas de

perfurações eqüidistantes a cada 5 cm, nos dois sentidos (horizontal e vertical). O corte dos pedúnculos a 4 cm da base permitiu que as espigas de trigo fossem inseridas a uma profundidade de 2 cm, no isopor, de forma a se manterem em pé, deixando-se 2 cm acima das chapas para evitar o contato direto das espigas com a umidade do isopor. O sistema de chuva artificial, na estufa, a partir da precipitação de gotículas pequenas, era ligado durante 15 minutos, com interrupções de 45 minutos, ao longo de um período de quatro dias. Durante esses 4 dias, a quantidade de chuva programada foi de aproximadamente 1824 mm (Figura 4).



Figura 4 – Casa de vegetação com sistema de simulação de chuva e mesas para disposição das bandejas de isopor (A), bicos de micro-aspersão que compõem o sistema (B) e disposição das espigas na bandeja (C).

Após o período de irrigação, foram realizadas leituras pela escala de notas de 1 a 11 de McMaster e Derera (1976) (Quadro 2). As espigas que apresentaram nota igual a 1 foram consideradas resistentes à germinação pré-colheita e as espigas que apresentaram as demais notas foram consideradas suscetíveis. Foram retiradas amostras das sementes que não germinaram, as quais foram submetidas a um teste de tetrazólio para confirmar a existência de dormência. Nessa avaliação, as sementes foram colocadas entre folhas de papel toalha, contendo duas vezes seu peso em água, durante a noite, sendo seccionadas longitudinalmente no dia seguinte. Uma das partes de cada semente seccionada foi colocada em uma solução de tetrazólio (2,3,5- trifenil cloreto de tetrazólio), sob concentração de 0,1%, por um período de duas horas no escuro, em câmara de germinação do tipo B.O.D., em uma temperatura de 35°C (Brasil, 1976). Após o tratamento, as sementes seccionadas foram lavadas para determinar as viáveis e as não viáveis (Figura 5).

Quadro 2 - Escala de notas de 1 a 11 de McMaster e Derera (1976)

Escala	Classificação
1	Grãos sem germinação
2	Emergência de radículas em 1 a 2 grãos por espiga
3	Radículas com 1 a 2 mm em 3 a 4 grãos por espiga
4	Radículas com 3 a 4 mm em 65 a 70% dos grãos por espiga
5	Radículas com 3 a 6 mm em todos os grãos da espiga
6	Todos os grãos com radícula de 6 a 10 mm e 1 a 2 grãos por espiga com emergência de coleóptiles
7	Todos os grãos com radícula de 1 a 2 cm e mais de 2 grãos por espiga com emergência de coleóptiles
8	Todos os grãos com radícula de 2 a 4 cm e emergência de coleóptiles em todos os grãos da espiga com comprimento de 0 a 0,5 cm
9	Todos os grãos com radícula maiores que 4 cm e coleóptiles em todos os grãos da espiga com comprimento de 1 a 2,0 cm
10	Todos os grãos com radícula maiores que 4 cm e coleóptiles em todos os grãos da espiga com comprimento de 3 a 4,0 cm
11	Todos os grãos com radícula maior que 4,0 cm e todos os grãos com folha



Figura 5 - Sementes seccionadas submetidas ao teste de tetrazólio.

### 3.3. Determinação da cor e textura dos grãos

No momento da colheita, cada planta e sua respectiva espiga receberam uma etiqueta contendo a mesma identificação. Posteriormente, a planta foi trilhada para que as sementes originadas fossem submetidas à determinação da cor e textura de grão. Nessa determinação, foram utilizados os critérios estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para a identificação dos descritores mínimos de trigo (Quadro 3) (Mapa, 2008).

As determinações de cor e textura foram realizadas simultaneamente. Todas as amostras de sementes de um único sulco foram colocadas uma a uma, dentro de placas de petri sobre uma bancada, sendo então realizada sistematicamente a avaliação visual das mesmas (Figura 6).

Quadro 3 – Critérios estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para identificação dos descritores mínimos de trigo

Cor de Grão		Textura do grão	
Nota	Descrição	Nota	Descrição
1	Branco	1	Mole
2	Vermelho Claro	3	Semiduro
3	Vermelho	5	Duro
4	Outros		



A



B



C

Figura 6 – Determinação da cor e textura das sementes (A), diferença de cor nas sementes entre vermelho e branco (B e C).

### **3.4. Análises dos dados**

Os resultados obtidos com o teste de germinação pré-colheita e os dados de cor de grão foram submetidos ao teste de qui-quadrado para verificar a validade das hipóteses de segregação dos genes que controlam estas características, em cada uma das 25 populações  $F_{2:3}$  avaliadas.

Realizou-se também um estudo de correlação simples, por meio de um teste de Pearson aplicado às características de germinação pré-colheita, cor de grão e textura de grão.

A comparação de médias foi realizada através de um t-teste, destinado a comparar, dentro da mesma população, as médias de germinação pré-colheita das sementes de coloração branca com as médias análogas referentes às sementes de coloração vermelha.

Todos os testes foram realizados com auxílio do programa GENES (Cruz, 2001).



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Franco (2008) testou duas maneiras de determinar a germinação pré-colheita: teste de grãos germinados em câmara de germinação e teste de germinação de espigas em casa de vegetação. Ambos os procedimentos apresentaram os mesmos resultados, indicando ser possível a utilização de qualquer um deles no estudo de genes envolvidos com essa característica. No entanto, é importante ressaltar que o teste de grãos germinados é mais demorado, pois o mesmo requer a avaliação individual dos grãos que já não se encontram nas estruturas da espiga.

Por este motivo, foi utilizada no presente trabalho a metodologia de avaliação da germinação nas espigas em casa de vegetação. Tal metodologia permitiu desenvolver avaliações em um grande número de plantas por população utilizando a nota mínima (Nota 1) como critério de caracterização da resistência à germinação.

As espigas utilizadas nas avaliações foram colhidas na maturação fisiológica, para a preservação das sementes e dos valores máximos de dormência e disponibilidade de reservas para o desenvolvimento das futuras plântulas.

Apesar da chuva artificial ter propiciado condições ambientais favoráveis à germinação, os resultados de germinação na espiga comprovaram a manifestação do controle genético na expressão do caráter (Quadro 4), pois os valores gerados pelo teste de germinação permitiram distinguir diferentes níveis de germinação entre as populações. A nota 1 para o material tolerante significa que nenhum dos grãos expressou germinação na espiga, apesar do fornecimento das condições favoráveis de chuva artificial e temperatura. Entretanto, para o material suscetível, praticamente todos os grãos expressaram a germinação (Figura 7).

Em 2002, Bassoi constatou que a herdabilidade do caráter pode possibilitar o melhoramento da característica de resistência à germinação pré-colheita, por ter detectado valores altos, que corresponderam a 69, 74 e 75%, respectivamente, para as populações derivadas de três cruzamentos entre



cultivares de trigos nacionais, PG9337/Ocepar 18, Frontana/Ocepar 18 e Ipar 53/Ocepar 18, envolvendo a base genética do Frontana.

Quadro 4 – Notas mínimas, máximas e médias, de germinação pré-colheita em sementes de populações F<sub>2:3</sub> de trigo e seus genitores

População	Nota de Germinação		Média de Germinação	Média de Germinação	
	Mínima	Máxima		Genitor 1	Genitor 2
CD 0545 / CD 0666	1	8	5,247	2,571	3,400
CD 0545 / Pfau*	1	8	5,819	2,571	5,400
CD 0545 / OC 18	1	9	5,485	2,571	3,066
CD 0545 / Ipr 85	1	9	6,385	2,571	1,466
CD 0545 / Onix	1	8	5,088	2,571	1,333
CD 0545 / Frontana	1	9	5,379	2,571	1,200
CD 150 / CD 0545	1	9	7,204	2,733	2,571
CD 150 / Pfau*	1	8	5,762	2,733	5,400
CD 150 / OC 18	1	8	5,037	2,733	3,066
CD 150 / Ipr 85	1	8	5,444	2,733	1,466
CD 150 / CD 0666	1	9	6,360	2,733	3,400
CD 150 / Frontana	1	9	6,041	2,733	1,200
CD 150 / Onix	1	8	5,686	2,733	1,333
CD 0666 / Pfau*	1	8	6,061	3,400	5,400
CD 0666 / Frontana	1	7	3,013	3,400	1,200
CD 0666 / OC 18	1	7	3,755	3,400	3,066
CD 0666 / Onix	1	8	5,144	3,400	1,333
Frontana / Ipr 85	1	9	6,559	1,200	1,466
Frontana / Pfau*	1	9	5,589	1,200	5,400
OC 18 / Pfau*	1	9	6,009	3,066	5,400
IPR 85 / Pfau*	1	9	6,549	1,466	5,400
ONIX / Pfau*	1	9	5,368	1,333	5,400
Ipr 85 / Onix	1	9	6,219	1,466	1,333
Ipr 85 / OC 18	1	9	6,736	1,466	3,066
OC 18 / Onix	1	9	5,754	3,066	1,333

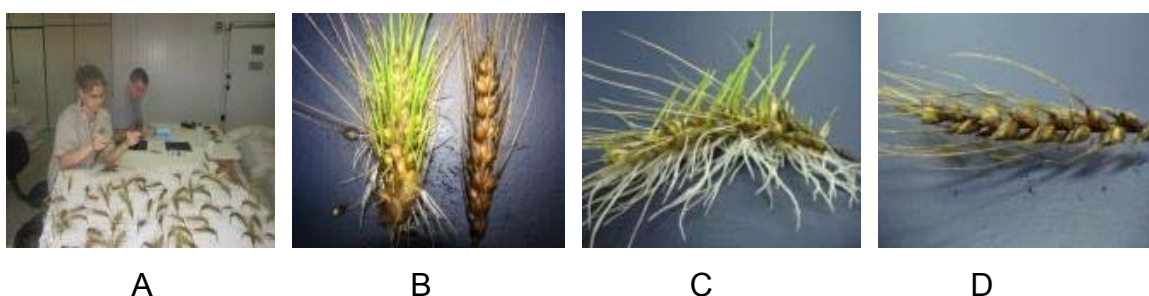


Figura 7 – Avaliação do teste de germinação pré-colheita (A), espiga germinada e não germinada (B), espiga germinada (C) e espiga não germinada (D).

Entre os genitores utilizados, houve destaque para a cultivar Frontana, Ipr 85 e Ônix. Entre estes o Frontana é considerado um material de referência quanto a resistência à germinação pré-colheita, por apresentar os menores valores de grãos germinados, mesmo quando submetido a condições extremamente favoráveis à germinação (Basso, 2004; Franco, 2008).

Entre as populações segregantes avaliadas, dois cruzamentos mereceram destaque por sua menor média de germinação pré-colheita, CD 0666/Frontana e CD 0666/Ocepar 18, o primeiro com uma média de germinação equivalente a 3,013 e o segundo, equivalente a 3,755. No outro extremo, as populações de pior desempenho foram as derivadas dos cruzamentos CD 150/CD 0545 (7,204) e IPR 85/Ocepar 18 (6,736) (Quadro 4).

O estudo de herança da germinação pré-colheita em populações segregantes  $F_{2:3}$  demandou a realização de um teste de hipóteses (Quadro 5). Nesse teste, apenas as famílias com nota 1 foram consideradas tolerantes à germinação pré-colheita. Assim, a característica avaliada foi a dormência das sementes.

O resultado do teste de hipótese permitiu a estimativa do número de genes segregantes para a expressão da dormência em cada uma das populações avaliadas. Embora na avaliação de cada população individual a herança da dormência apresentasse um padrão oligogênico de herança, verificou-se na avaliação conjunta das várias populações um padrão mais complexo.

Quando cruzado com Pfau\*, Ipr 85, Ônix e CD 150, o genitor CD 0545 manifestou segregação independente para três genes recessivos e complementares, de modo que três genes em homozigose foram necessários para que a semente apresentasse dormência. No entanto, quando CD 0545 foi cruzado com CD 0666 e Ocepar 18, ocorreu a segregação de dois genes recessivos, independentes e complementares. O cruzamento de CD 0545 com Frontana revelou a presença de três genes recessivos, sendo dois deles duplicados e um complementar. Assim, foi necessária a presença de um dos genes duplicados acrescida de um terceiro gene, ambos em homozigose, para a expressão da dormência.

Diferentes padrões de segregação estiveram associados aos cruzamentos envolvendo o parental CD 0666. Assim, cruzamentos de CD 0666 com CD 150 e Pfau\* resultaram na segregação de três genes recessivos independentes e complementares. Quando CD 0666 foi cruzado com Frontana, ocorreu segregação de um gene recessivo e, no cruzamento com Ocepar 18, foi verificada a segregação para dois genes complementares, sendo um dominante e outro recessivo. Já no caso do cruzamento com Ônix, a segregação observada

indicou a ação de três genes recessivos complementares, sendo dois deles de efeito duplicado.

Quadro 5 – Proporções observadas e esperadas, e teste de hipótese para a herança da germinação pré-colheita em sementes de populações F<sub>2:3</sub> em trigo

População	Nota	Plantas F 2:3		χ <sup>2</sup>	(% Probab.	
		Observadas	Segregação			
CD 0545 / Pfau*	Nota > 1 (S)	197	63	195,89	0,402	52,6
	Nota 1 (R)	2	1	3,109		
CD 0545 / lpr 85	Nota > 1 (S)	197	63	196,87	0,005	94,31
	Nota 1 (R)	3	1	3,125		
CD 0545 / Onix	Nota > 1 (S)	200	63	200,81	2103	64,64
	Nota 1 (R)	4	1	3,18		
CD 150 / CD 0545	Nota > 1 (S)	208	63	206,71	0,508	47,59
	Nota 1 (R)	2	1	3,28		
CD 0545 / CD 0666	Nota > 1 (S)	203	15	200,62	0,449	50,24
	Nota 1 (R)	11	1	13,37		
CD 0545 / OC 18	Nota > 1 (S)	191	15	187,5	1,045	30,65
	Nota 1 (R)	9	1	12,5		
CD 0545 / Frontana	Nota > 1 (S)	176	57	180,79	1,163	28,07
	Nota 1 (R)	27	7	22,20		
CD 150 / CD 0666	Nota > 1 (S)	197	63	196,87	0,005	94,31
	Nota 1 (R)	3	1	3,125		
CD 0666 / Pfau*	Nota > 1 (S)	207	63	206,71	0,024	87,56
	Nota 1 (R)	3	1	3,28		
CD 0666 / Frontana	Nota > 1 (S)	112	3	108	0,592	44,14
	Nota 1 (R)	32	1	36		
CD 0666 / OC 18	Nota > 1 (S)	179	13	173,06	1,086	29,72
	Nota 1 (R)	34	3	39,93		
CD 0666 / Onix	Nota > 1 (S)	191	57	190,59	0,007	92,90
	Nota 1 (R)	23	7	23,40		
CD 150 / Pfau*	Nota > 1 (S)	202	63	202,78	0,192	66,07
	Nota 1 (R)	4	1	3,21		
CD 150 / Onix	Nota > 1 (S)	202	63	200,81	0,449	50,26
	Nota 1 (R)	2	1	3,18		
CD 150 / OC 18	Nota > 1 (S)	191	57	188,81	0,231	63,02
	Nota 1 (R)	21	7	23,18		
CD 150 / IPR 85	Nota > 1 (S)	193	15	194,06	0,093	76,03
	Nota 1 (R)	14	1	12,93		
CD 150 / Frontana	Nota > 1 (S)	207	61	204,92	0,449	50,25
	Nota 1 (R)	8	3	10,07		
lpr 85 / OC 18	Nota > 1 (S)	197	63	197,85	0,238	62,50
	Nota 1 (R)	4	1	3,14		
lpr 85 / Pfau*	Nota > 1 (S)	179	63	179,15	0,008	92,55
	Nota 1 (R)	3	1	2,84		
lpr 85 / Onix	Nota > 1 (S)	199	15	196,87	0,366	54,46
	Nota 1 (R)	11	1	13,12		
Frontana / lpr 85	Nota > 1 (S)	202	61	199,20	0,827	36,00
	Nota 1 (R)	7	3	9,76		
OC 18 / Onix	Nota > 1 (S)	186	57	181,68	0,935	33,33
	Nota 1 (R)	18	7	22,31		
OC 18 / Pfau*	Nota > 1 (S)	202	15	200,625	0,150	69,77
	Nota 1 (R)	12	1	13,375		
Frontana / Pfau*	Nota > 1 (S)	157	57	158,53	0,135	71,30
	Nota 1 (R)	21	7	19,46		
Onix / Pfau*	Nota > 1 (S)	187	57	183,46	0,621	43,05
	Nota 1 (R)	19	7	22,53		

O genitor CD 150 quando cruzado com Pfau\* e Ônix apresentou uma segregação para três genes recessivos independentes e complementares. Quando cruzado com lpr 85, segregou para dois genes recessivos complementares e, no cruzamento com Ocepar 18, segregou para três genes recessivos, sendo dois deles de efeito duplicado e um complementar. Por último, no cruzamento com Frontana, a segregação foi de três genes complementares, sendo dois recessivos e um dominante.

O parental lpr 85, quando cruzado com Ocepar 18 e Pfau\*, apresentou segregação de três genes recessivos independentes e complementares. Quando cruzado com Frontana a segregação foi de três genes complementares, sendo dois recessivos e um dominante. E no cruzamento com Ônix ocorreu a segregação de dois genes independentes e complementares.

O genitor Ocepar 18 quando cruzado com Ônix segregou para três genes recessivos, sendo dois deles de efeito duplicado e o outro complementar. No cruzamento com Pfau\*, a segregação foi de dois genes recessivos independentes e complementares.

Frontana e Ônix, quando cruzados com Pfau\*, apresentaram a mesma segregação de três genes recessivos, em que dois deles teriam efeito duplicado e o terceiro complementar aos primeiros.

Quando as diferentes populações são avaliadas de forma cruzada, ocorrem algumas inconsistências nos resultados. Por exemplo, na população derivada do cruzamento entre CD 0545 x Pfau\*, foram obtidos duas plantas F<sub>2:3</sub> resistentes à germinação na espiga, e 197 famílias suscetíveis, compatível com a segregação de três genes recessivos complementares. No entanto, tanto no cruzamento de CD 0545 x Frontana quanto no cruzamento de Pfau\* x Frontana, os resultados obtidos são compatíveis com a segregação de 3 genes recessivos, sendo dois duplicados e um complementar (proporção de 57:7), indicando que CD 0545 e Pfau\* possuem o mesmo genótipo em relação aos alelos dos genes de dormência presentes em Frontana.

A germinação das sementes depende não só do genótipo das plantas, mas também das condições ambientais. Assim, é possível que as duas plantas tidas como resistentes na população derivada de CD 0545 x Pfau\* sejam “escapes”. Admitindo tal possibilidade, esta população não segrega para a dormência, toda a descendência é suscetível e as duas cultivares não possuem

os genes de dormência. De fato, os tamanhos populacionais utilizados são insuficientes para a plena aceitação da hipótese de segregação de três genes recessivos complementares (proporção 63:1). Sendo assim, todas as segregações observadas que se ajustam à proporção de 63:1 devem ser avaliadas com cautela, pois estas populações possivelmente não segregam geneticamente para a dormência, ou seja, nenhum dos genitores possui a combinação necessária de alelos para dormência.

Os resultados de menor número de grãos germinados, maior número de grãos não germinados e menores notas de germinação na espiga possibilitaram identificar Frontana, Ipr 85 e Ônix como as cultivares de melhor nível de tolerância a germinação pré-colheita (Franco, 2008). Considerando-se as médias de germinação obtidas nos genitores neste estudo, pode-se inferir que apenas estes três genitores, Frontana, Ipr 85 e Ônix, possuem dormência. Para os cruzamentos envolvendo somente os outros genitores, excluídos os parentais acima, a segregação genética para a dormência poderia ser esperada apenas se houvesse complementariedade de genes. Também pode-se observar, pelo Quadro 5, que o genitor mais sensível é Pfau\*, provavelmente destituído de genes de dormência. Avaliando-se as populações derivadas dos cruzamentos de Frontana, Ipr 85 e Ônix, com Pfau\*, observa-se que tanto a população derivada de Frontana quanto a população derivada de Ônix segregam na proporção de 57:7, indicando a presença de três genes recessivos, sendo dois duplicados e o terceiro complementar aos primeiros. Já a população derivada de Ipr 85 x Pfau\* segregou na proporção de 63:1, o que indicaria a segregação de três genes recessivos complementares. Embora esta segregação de 63:1 deva ser avaliada com precaução para este tamanho de população, é de se esperar que haja segregação genética nesta população, uma vez que se trata de um genitor com dormência e um genitor sem dormência.

Avaliando-se a segregação observada nas famílias derivadas dos cruzamentos entre genitores com dormência, observa-se que Ipr 85 possui genes diferentes de Frontana e de Ônix para a dormência, uma vez que ambas as populações segregaram para a característica. A população derivada de Ônix X Ipr 85 segregou na proporção de 15:1, indicando a existência de dois genes recessivos complementares diferindo em Ipr 85 e Ônix. A população derivada de Frontana x Ipr 85 segregou na proporção de 61:3, indicando a presença de três

genes diferindo entre os dois genitores, sendo dois recessivos e um dominante, e todos epistáticos (complementares). Cumpre salientar que a população derivada de Frontana x Ônix foi perdida, não sendo possível, desta forma, inferir sobre a composição genética dessas duas cultivares.

Observando-se a segregação obtida nas populações derivadas dos cruzamentos dos genitores dormentes com os suscetíveis, pode-se inferir que o controle genético da dormência em cada um dos três genitores dormentes é diferente. Exemplificando, a segregação observada no cruzamento entre Frontana com CD 0666 foi de 3:1, sendo de 57:7 a segregação observada no cruzamento entre Ônix e CD 0666. É possível que haja genes diferentes controlando a dormência, em cada uma destas fontes de resistência à germinação na espiga de trigo, ou ainda que, nos genes de dormência haja uma série alélica, na qual a relação de dominância seja variável em função de cada combinação alélica. Essas relações genéticas devem ser melhor exploradas em trabalhos de mapeamento genético destes locos. A avaliação em nível de DNA, livre de influência ambiental, pode auxiliar no entendimento deste controle genético.

Andreoli et al. (2006) verificaram que, na população  $F_2$  derivada do cruzamento entre Frontana x OR 1 e seu recíproco OR 1 x Frontana, a dormência em sementes de trigo pareceu estar associada a dois genes, A, a e B, b, sendo dormentes apenas as sementes sob dupla homozigose recessiva (aabb).

Outro estudo realizado por Franco (2008) com populações segregantes revelou a existência de três genes controlando a dormência. Na população derivada de CD 105 x OC 18, um dos genes era recessivo e dois eram dominantes, estes últimos possuindo um efeito duplicado. Já o gene recessivo manifestou um efeito epistático em relação aos genes dominantes. No mesmo estudo, a população derivada de Frontana x OC 18 também segregou para três genes, sendo dois duplicados e um epistático. No entanto, em função da estrutura da população utilizada, não foi possível identificar a dominância dos genes envolvidos.

Os resultados do presente trabalho permitem formular a hipótese de que Frontana e Ônix apresentam três genes para a determinação da resistência à germinação pré-colheita, e que tal resistência se expressa apenas quando todos os alelos encontram-se em homozigose recessiva (aa bb cc), sendo ainda dois

destes genes duplicados. No entanto, não é possível definir se as duas fontes de dormência possuem os mesmos genes, ou os mesmos alelos de dormência.

Sete dos oito genitores utilizados neste estudo de alelismo possuem sementes vermelhas. Apenas a cultivar Pfau\* possui sementes brancas. Os resultados de segregação observados nas populações que manifestaram variabilidade para a cor do grão de trigo estão no Quadro 6.

Quadro 6 – Proporções observadas e esperadas e teste de hipótese para a herança da cor de grão em sementes de populações F<sub>2:3</sub> em trigo

População	Nota	Plantas F <sub>2:3</sub> Observadas	Esperado		$\chi^2$	(%) Probabilidade
			Segregação	Plantas F <sub>2:3</sub>		
CD 150 / Pfau*	Vermelho Branco	199 9	15 1	195 13	1,31	25,19
lpr 85 / Pfau*	Vermelho Branco	172 9	15 1	169,68 11,31	0,504	47,76
Onix / Pfau*	Vermelho Branco	184 17	15 1	188,43 12,56	1,67	19,59
OC 18 / Pfau*	Vermelho Branco	193 20	15 1	199,68 13,31	3,5834	5,83
CD 0666 / OC 18	Vermelho Branco	201 12	15 1	199,68 13,31	0,138	71,02
CD 0545 / Pfau*	Vermelho Branco	200 0	63 1	196,87 3,12	3,17	7,47
CD 0666 / Onix	Vermelho Branco	212 3	63 1	211,64 3,35	0,039	84,33
CD 0666 / Pfau*	Vermelho Branco	155 49	3 1	153 51	0,104	74,64
Frontana / Pfau*	Vermelho Branco	77 98	7 9	76,56 98,43	0,0044	94,68

A cor de grãos em trigo é controlada por três genes independentes e homeólogos, localizados nos cromossomos 3A, 3B e 3D. Os alelos que conferem a cor vermelha aos grãos são denominados *R-A1b*, *R-B1b*, e *R-D1b* e os alelos que conferem cor branca são denominados *R-A1a*, *R-B1a*, e *R-D1a* (Sherman et al., 2008).

Para facilitar a discussão dos dados obtidos, dado o desconhecimento dos alelos de cada linhagem, será utilizada, neste trabalho a denominação de A, B e C para os genes que conferem cor vermelha ao grão de trigo.

As populações derivadas do cruzamento de Pfau\* com OC 18, CD 150, Ipr 85 e Ônix segregaram na proporção de 15:1 (vermelho:branco), indicando que cada uma destas variedades/linhagens contendo grãos vermelhos possui dois genes dominantes que controlam a cor do grão. A população derivada do cruzamento Pfau\* x CD 0666 segregou para um gene dominante, enquanto a população derivada de Pfau\* x CD 0545 não apresentou nenhuma planta com sementes brancas. Uma vez que os genitores diferem em relação à cor do grão, é possível que CD 0545 possua três genes dominantes para a cor vermelha e que, em virtude do tamanho da população, não tenham sido obtidas plantas com sementes brancas. Para ilustrar tal possibilidade, é oportuno lembrar que, se houver 200 indivíduos numa população  $F_2$  derivada do cruzamento entre genitores que diferem em 3 genes para determinada característica, tem-se uma probabilidade de 4,3% de não ser obtida nenhuma planta homocigota recessiva para os três genes em questão.

O cruzamento Frontana / Pfau\* apresentou uma segregação de 7:9 (vermelho:branco), indicando a presença de dois genes recessivos duplicados controlando a cor vermelha. Neste caso, a expressão da cor vermelha parece requerer a presença de um dos dois genes em homocigose.

Nas populações derivadas dos cruzamentos entre genitores que possuem sementes vermelhas, a população derivada de CD 0666 x OC 18 segregou na proporção 15:1 (dois genes dominantes) e a população derivada de CD 0666 x Ônix segregou na proporção 63:1 (três genes dominantes). Assim, CD 0666 possui um gene dominante para a cor vermelha e Ônix possui dois genes dominantes. Como a população segrega para 3 genes, o gene presente em CD 0666 é diferente dos genes presentes em Ônix. Já a população derivada de OC 18 x CD 0666 segregou na proporção de 15:1, indicando que estes dois genitores diferem em dois genes relacionados à cor do grão. Como ambos possuem grãos de cor vermelha, é de se esperar que cada um deles possua um gene dominante para a cor vermelha. No entanto, no cruzamento de OC 18 x Pfau\*, a população segregou também para dois genes, indicando que OC 18 teria dois genes dominantes. A análise com marcadores moleculares deverá esclarecer esta questão.

Os resultados obtidos no teste de alelismo para cor de grão em trigo permitem inferir que as linhagens/cultivares avaliadas possam apresentar os



genótipos listados no Quadro 7. A análise com marcadores moleculares poderá identificar cada um dos genes A, B e C como gene R.

Quadro 7 – Definição dos genótipos das oito variedades/linhagens de trigo utilizadas como genitores para os genes que conferem cor vermelha aos grãos

Genitor	Cor de Grão	Genótipo
Pfau*	Branco	aa bb cc
CD 0545	Vermelho	AA BB CC
Ônix	Vermelho	AA BB cc
CD 0666	Vermelho	aa bb CC
CD 150	Vermelho	AA bb CC ou aa BB CC
IPR 85	Vermelho	AA bb CC ou aa BB CC
Frontana	Vermelho	2 genes recessivos para cor vermelha
OC 18	Vermelho	?

A dormência inadequada das sementes está associada à germinação pré-colheita. Para reprimir a germinação, será necessário incrementar as características que restringem a germinação. Segundo Flintham (2000), a dormência e cor do grão são características herdadas como efeito pleiotrópico dos alelos R dominantes e representam uma série de genes que funcionam de maneira equivalente, localizados em locos homeólogos nos cromossomos 3A, 3B e 3D de trigos hexaplóides. As sementes de cor vermelha são um marcador tradicional para resistência à germinação em programas de melhoramento de trigo. Sementes de cor branca têm sido consideradas, em média, mais suscetíveis à germinação do que as sementes de cor vermelha, embora ambas tenham algumas variações a este respeito (Basso et al., 2006).

Para avaliar a associação entre a cor do grão e a dormência/tolerância à germinação na espiga de trigo, foi avaliada a correlação entre as características de cor de grão, textura do grão e germinação pré-colheita para cada uma das populações que segregaram para estas características (Quadro 8). Os resultados obtidos evidenciaram correlação negativa entre cor de grão e germinação pré-colheita (-0,5784), e também entre cor e textura de grão (-0,1947), mas apenas para o cruzamento Frontana/Pfau\*. A inexistência de correlação entre as características avaliadas para a maioria das populações pode ser explicada pelo

baixo número de plantas com grãos brancos (Quadro 6). A população oriunda do cruzamento Frontana/Pfau\* foi a única na qual o número de indivíduos com sementes brancas foi similar ao de indivíduos com sementes vermelhas (98 brancos e 77 vermelhos).

Quadro 8 – Correlação entre as características de cor de grão, germinação pré-colheita e textura de grão em sementes de populações F<sub>2:3</sub> de trigo

População	Cor / Germinação	Cor / Textura	Germinação / Textura
CD 150 / Pfau*	-0,1316	-0,0269	-0,0138
CD 0666 / Pfau*	-0,0966	0	0
CD 0666 / Ocepar 18	-0,0593	-0,0168	-0,0082
CD 0666 / Onix	-0,0292	0	0
Frontana / Pfau*	-0,5784**	-0,1947**	0,0355
Ocepar 18 / Pfau*	-0,0975	-0,1139	0,0533
lpr 85 / Pfau*	0,1132	0	0
Onix / Pfau*	-0,0915	-0,0217	0,1035

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

A existência de uma ligação entre as características de cor de grão e germinação pré-colheita vem sendo mencionada por diversos autores (Derera et al., 1977; Soper et al., 1989; McCaig e DePauw, 1992; Flintham, 2000; Kuraparthi, 2008). Acredita-se que, além dos genes envolvidos com a cor de grão, a germinação pré-colheita seja controlada por muitos outros genes, (Basso et al., 2006).

Como já ressaltado anteriormente, a constituição hexaplóide do trigo faz com que muitos genes apresentem herança polissômica, de tal modo que parte dos genes presentes no genoma A possam estar repetidos no genoma B e D, tornando complexos os padrões de segregação e dificultando as análises genéticas (Breiman e Graur, 1995). Assim, mesmo nos trabalhos que relatam uma forte tendência de maior tolerância associada à coloração, a simples presença da cor vermelha das sementes não é considerada isoladamente como garantia plena de tolerância absoluta à germinação na espiga.

Para determinar a existência de diferenças significativas entre as médias de germinação na espiga, observadas nas classes branco e vermelho de cada população segregante, foi realizado um teste t de comparação de médias. Das

oito populações segregantes avaliadas, apenas duas (cruzamentos CD 150 / Pfau\* e Frontana/Pfau\*) apresentaram diferença significativa para as médias de germinação de grão entre as classes branco e vermelho (Quadro 9). Cumpre ressaltar que um único alelo dominante R é suficiente para determinar a expressão da cor vermelha nos grãos de trigo. Mas 2 ou 3 genes em homozigose são necessários para determinar a dormência. Desta forma, o aumento da dose dos alelos dominantes R tende a aumentar o nível de resistência à germinação pré-colheita (Basso e Flintham, 2005).

Quadro 9 – Resultados do teste t de comparação de médias de germinação pré-colheita em sementes brancas e vermelhas de populações F<sub>2:3</sub> de trigo

População	Média de Germinação		t	Probabilidade (%)
	Branco	Vermelho		
CD 150 / Pfau*	6,777	5,778	2,396	3,777*
CD 0666 / Pfau*	6,265	5,974	1,264	20,713
CD 0666 / Ocepar 18	4,250	3,726	0,963	64,423
CD 0666 / Ônix	5,666	5,137	0,394	72,507
Frontana / Pfau*	6,857	4,000	8,761	0*
Ocepar 18 / Pfau*	6,650	5,942	1,878	6,780
lpr 85 / Pfau*	5,777	6,584	0,983	64,470
Ônix / Pfau*	6,058	5,311	1,658	10,767

## 5. CONCLUSÕES

Na avaliação individual de cada população, a herança da dormência apresentou um padrão oligogênico de herança. Contudo, na avaliação conjunta das populações, a herança seguiu um padrão mais complexo.

É plausível admitir a hipótese de que Frontana e Ônix apresentam três genes para a determinação da resistência à germinação pré-colheita.

O estudo de herança para os genes de cor de grão permitiu caracterizar os genótipos da maioria das variedades/linhagens, com referência aos locos que controlam a cor dos grãos.

As correlações foram úteis quando a frequência de plantas segregantes com grãos brancos foi relativamente alta.

Das oito populações segregantes avaliadas, apenas duas apresentaram diferença significativa quanto à germinação de grãos entre as classes branco e vermelho.

Durante a seleção, a presença da cor vermelha nas sementes não assegura, necessariamente, um alto nível de tolerância à germinação na espiga.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLI, J.A.; BASSOI, M.C.; BRUNETTA, D. Genetic control of seed dormancy and pre-harvest sprouting in Wheat. **Science Agricultural**, 63:564-566, 2006.
- BASSOI, M.C. Aspectos gerais da germinação pré-colheita e seu controle genético. In: CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F. **Germinação pré-colheita em trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. p. 21-136.
- BASSOI, M.C. **Quantitative trait analysis of grain dormancy in wheat (*Triticum aestivum* L. Thell)**. Norwich: John Inns Centre & University of East Anglia, 2002. 240p. Tese (Ph.D. in Biotechnology Plant Breeding).
- BASSOI, M.C.; FLINTHAM, J. Relationship between grain colour and preharvest sprouting-resistance in wheat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 40:981-988, 2005.
- BASSOI, M.C.; FLINTHAM, J.; RIEDE, C.R. Analysis of preharvest sprouting in three Brazilian wheat population. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:583-590, 2006.
- BRAMMER, S.P. **A citogenética na caracterização genômica do trigo**. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do31.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do31.htm)>. Acesso em: 19, junho, 2007.
- BRAMMER, S.P.; MARTINELLI, P.; FERNANDES, M.I.B.M.; PRESTES, A.M.; ANGRA, D.C. **A potencialidade de Agropyron, espécie afim ao trigo cultivado, como fonte de introgressão de genes agronomicamente importantes**. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_do08.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do08.htm)>. Acesso em: 16, maio, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Manual de teste de tetrazólio em sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 85p.
- BREIMAN, A.; GRAUR, A.D. Wheat evolution. **Israel Journal of Plant Sciences**, 43:85-98, 1995.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.

CONAB. **Produção de trigo será 35% maior na próxima safra, estima Conab.** Disponível em: <http://www.direito2.com.br/abr/2008/jun/9/producao-de-trigo-sera-35-maior-na-proxima-safra-estima-conab> Acesso em: 18, fevereiro, 2009a.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sétimo levantamento.** Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/7graos\\_08.09.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/7graos_08.09.pdf) Acesso em: 18, abril, 2009b.

COPSTEIN, R. Triticultura gaúcha no Brasil colonial. In: CUNHA, G.R. **Trigo, 500 anos no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa, 1999. p. 45-50.

CRUZ, C.M. **Programa Genes.** Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 422 p.

CUNHA, G.R. A expedição de Martin Affonso. In: CUNHA, G.R. **Trigo, 500 anos no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 40-44.

CUNHA, G.R. Assim caminha a ciência de trigo. In: CUNHA, G.R. **Trigo no Brasil rumo ao século XXI.** Passo Fundo: Embrapa, 2000. p. 85-92.

CUNHA, G.R. Carlos Gayer, o pioneiro. In: CUNHA, G.R. **Trigo no Brasil rumo ao século XXI.** Passo Fundo: Embrapa, 2000. p. 61-65.

CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F.; PASINATO, A. Introdução ao problema da germinação pré-colheita em trigo no Brasil. In: CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F. **Germinação pré-colheita em trigo.** Passo Fundo: Embrapa, 2004. p. 13-20.

DEL DUCA, L.J.A. Geneticista Iwar Beckman. In: CUNHA, G.R. **Trigo, 500 anos no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. p. 63-68.

DEL DUCA, L.J.A.; SOUSA, C.N.A.; LINHARES, A.G.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do; BARCELLOS, A.L.; PRESTES, A.M.; ZANATTA, A.C.A.; IORCZESKI, E.J.; GUARIENTI, E.M.; BEVILAQUA, G.A.P.; CUNHA, G.R.; COSTAMILAN, L.M.; SÓ E SILVA, M.; LIMA, M.I.P.M.; MIRANDA, M.Z.; FONTANELI, R.S.; RODRIGUES, O.; SCHEEREN, P.L.; BRAMMER, S.P.; CAETANO, V.R.; ZANOTELLI, V.; DÁVALOS, E.D.; VIEIRA, L.C. **Desenvolvimento de genótipos de trigo para a região tritícola sul-brasileira.** Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_bp10.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp10.htm) Acesso em: 25, novembro, 2007.

DERERA, N.F. The audit of sprouting. **Cereal Research Communications**, 8:15-21, 1980.

DERERA, N.F. The effects of preharvest rain. In: DERERA, N.F. **Preharvest Field sprouting in cereals**. Boca Raton: CRC Press, 1989. p. 1-14.

DERERA, N.F.; BHATT, G.M.; McMASTER, G.J. On the problem of preharvest sprouting of wheat. **Euphytica**, 26:299-308, 1977.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412 p.

EMBRAPA. História do trigo no Brasil. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=91&cod\\_pai=70](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=91&cod_pai=70)> Acesso em: 15, janeiro, 2009.

FAO. **Bread Wheat: Improvement and Production**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e00.htm#Contents>> Acesso em: 19, julho, 2008a.

FAO. **Os preços do trigo alcançam níveis recordes**. Disponível em: <<http://www.fao.org/newsroom/es/news/2007/1000674/index.html>> Acesso em: 23, maio, 2008b.

FAO. **The state of food insecurity in the world**. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5650e/y5650e00.pdf>> Acesso em: 02, novembro, 2008c.

FEDERIZZI, L.C.; SCHEEREN, P.L.; NETO, J.F.B.; MILACH, S.C.K.; PACHECO, M.T. Melhoramento de trigo. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 535-571.

FLINTHAM, J.E. Different genetic components control coat-imposed and embryo-imposed dormancy in wheat. **Seed Science Research**, 10:43-50, 2000.

FLINTHAM, J.E.; GALE, M.D. Dormancy gene maps in homoeologous cereal genomes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 7., 1996, Abashiri-shi. **Proceedings...** Abashiri-shi, Japan. Osaka: Center for Academic Societies, 1996. p. 143-149.

FRANCO, F.A. **Estudo da tolerância à germinação na pré-colheita e identificação de marcadores moleculares associados à dormência em sementes de trigo Melhoramento de trigo (*Triticum aestivum* L.)**. Maringá:

Universidade do Estado de Maringá, 2008. 123p. Tese (Doutorado em Agronomia).

FRANCO, F.A. Melhoramento de trigo na Coodetec. In: CUNHA, G.R. **Trigo no Brasil: história e tecnologia de produção**. Passo Fundo: Embrapa, 2001. p. 73-80.

GUARIENTI, E.M.; MIRANDA, M.Z. Determinação da germinação pré-colheita em trigo. In: CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F. **Germinação pré-colheita em trigo**. Passo Fundo: Embrapa, 2004. p. 13-20.

HANFT, J.M.; WYCH, R.D.; Visual indicators of physiological maturity in hard red spring wheat. **Crop Science**, 22:584-587, 1982.

JACOBSEN, L.A. Consumo e importação de trigo no Brasil. In: CUNHA, G. R. **Trigo no Brasil rumo ao século XXI**. Passo Fundo: Embrapa, 2000. p. 141-146.

KOSLOVSKI, J.P. Alimentos e energia – desafio para o Brasil. **Paraná Cooperativo**, 40:03-03, 2008.

KURAPARTHY, V.; SOOD, S.; GIL, B.S. Targeted Genomic Mapping of a Red Seed Color Gene (R-A1) in Wheat. **The Plant Genome**, 48:37-48, 2008.

LAGOS, M. B. **História do melhoramento de trigo no Brasil**. Porto Alegre: Instituto de pesquisas agronômicas, 1983. 80p.

LUSH, W. M.; GROVES, R.H. Germination, emergence and surface establishment of wheat and ryegrass in response to natural and artificial hydration-dehydration cycles. **Australian Journal of Agricultural Research**, 32:731–739, 1981.

MAPA. **Projeções do agronegócio**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/imagens/MAPA/arquivos\\_portal/proj\\_agro.pdf](http://www.agricultura.gov.br/imagens/MAPA/arquivos_portal/proj_agro.pdf)>. Acesso em: 29, maio, 2008a.

MAPA. **Descritores mínimos de trigo**. Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/page/mapa/servicos/cultivares/protec\\_aof/formularios/trigo%20formulario%2016jul1998%20p.doc](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/page/mapa/servicos/cultivares/protec_aof/formularios/trigo%20formulario%2016jul1998%20p.doc) Acesso em: 23, setembro, 2008b.

McCAIG, T.N.; DePAUW, R.M. Breeding for Preharvest Sprouting Tolerance in White-Seed-Coat Spring Wheat. **Crop Science** 32:19-23, 1992.



McMASTER,G.J.; DERERA,N.F. Methodology and sample preparation when screening for sprouting damage in cereals. **Cereal Research Communications**, 4:251-254, 1976.

METZGER, L.E. **Utilization of a Rapid Visco Analyzer for measurement of the rheological properties of dairy products.** Disponível em: [http://ift.confex.com/ift/2004/techprogram/paper\\_21458.htm](http://ift.confex.com/ift/2004/techprogram/paper_21458.htm). Acesso em: 25, janeiro, 2009.

METZGER, R.J.; SILBAUGH, B.A. Locations of genes for seed coat colour in hexaploid wheat, *Triticum aestivum*, L. **Crop Science**, 10:495-496, 1970.

MORAES-FERNANDES, M.I.B. **Genética e novas biotecnologias no melhoramento de trigo.** Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_do04.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do04.htm). Acesso em: 16, junho, 2007.

OKUYAMA, L.A.; RIEDE, C.R.; CAMPOS, L.A.C.; SCHOLZ, M.B.S. Avaliação de cultivares de trigo quanto à germinação na espiga. In: Reunião da comissão centro sul brasileira de pesquisa de trigo. **Palestras, Resumos e Atas.** Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2003. p. 191-193.

PEROSA, B.B.; PAULILLO, L.F. Abertura econômica e desregulamentação da cadeia do trigo no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, 54:5-20, 2007.

PINTO, R.J.B. **Influencia relativa de las proteínas de reserva del endospermo codificadas en los loci Glu-B1 y Glu-Hch1 sobre la calidad harino-panadera del tritórdeo hexaploide.** Córdoba: Universidad de Córdoba, 1999. 178p. Tese (Doctorado in Ingeniería Genética Agroforestal).

POMERANZ, Y. **Wheat: Chemistry and technology.** Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1988. 514p.

RIEDE, C.R. Iapar, pesquisando trigo para o Paraná. In: CUNHA, G. R. **Trigo no Brasil: história e tecnologia de produção.** Passo Fundo: Embrapa, 2001. p. 81-86.

SCHEEREN, P.L. **Informações sobre o trigo.** Passo Fundo: Embrapa–CNPT,1986. 36 p.

SCHEEREN, P.L. Melhoramento de trigo no Brasil. In: CUNHA, G.R. **Trigo no Brasil: história e tecnologia de produção**. Passo Fundo: Embrapa, 2001. p. 53-62.

SHERMAN, J.D.; SOUZA, E.; SEE, D.; TALBERT, L.E. Microsatellite markers for kernel Color Genes in Wheat. **Crop Science**, 48: 1419-1424, 2008.

SILVA, D.B; GUERRA, A.F; REIN, T.A; ANJOS, J.N. **Trigo para o abastecimento família: do plantio à mesa**. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 176p.

SOPER, J.F.; CANTRELL, R.G.; DICK, J. W. Sprouting damage and kernel color relationships in durum wheat. **Crop Science**, 29: 895-898, 1989.

STEFANELO, E. Subsídios geram desequilíbrio e fome. **Paraná Cooperativo**, 40:10-11, 2008.

SVOBODA, L.H; TONON, V. História da pesquisa em trigo na Fundacep Fecotrigo. In: CUNHA, G.R. **Trigo no Brasil: história e tecnologia de produção**. Passo Fundo: Embrapa, 2001. p. 63-72.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 719p.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)