JUAREZ CAMPOLINA MACHADO

MELHORAMENTO DE TRIGO PARA TOLERÂNCIA AO CALOR E QUALIDADE DE GRÃOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae.*

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

JUAREZ CAMPOLINA MACHADO

MELHORAMENTO DE TRIGO PARA TOLERÂNCIA AO CALOR E QUALIDADE DE GRÃOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 10 de outubro de 2008.

Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro

Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro

Prof. Valterley Soares Rocha

Prof. João Cândido de Souza

Prof. Moacil Alves de Souza
(Orientador)

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da UFV

T
M149m
2008

Machado, Juarez Campolina, 1980-
Melhoramento de trigo para tolerância ao calor e qualidade de grãos / Juarez Campolina Machado. – Viçosa, MG, 2008.
vii, 72f. : il. ; 29cm.

Orientador: Moacil Alves de Souza.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Trigo - Melhoramento genético. 2. Trigo - Efeito da temperatura. 3. Trigo - Qualidade. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 633.1123

A todos que me incitam na busca pelo conhecimento

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade concedida.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro e pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, Quélvia e Machado, pelo apoio constante, em todos os momentos de minha vida.

Ao professor, amigo e orientador Moacil, pela prazerosa convivência, ensinamentos transmitidos, ajuda e confiança em todos os momentos da pós-graduação e pelo incentivo à pesquisa na graduação. Serei eternamente grato por tudo!

Ao professor Valterley pelo carinho, confiança, incentivo e pelo acolhimento paternal em vários momentos.

Ao professor João Cândido, pela amizade, orientação durante o mestrado e pelo incentivo sempre.

Aos amigos Davi e Adeliano que sem os auxílios, este trabalho não poderia ser concretizado.

Ao Zé Angelo pelo companheirismo fraterno.

Ao professor Pedro pelos ensinamentos, incentivo, motivação e prazerosa convivência.

Aos conselheiros professor Cosme e professora Mônica pelos ensinamentos, por toda ajuda e pela compreensão nos momentos de redação da tese.

Aos professores José Eustáquio, Glauco, Adair, Derly e Cecon pelos ensinamentos.

A minha namorada Camila pelo carinho, companheirismo, compreensão e por fazer parte da minha vida nesse momento especial.

Aos demais colegas do Programa de Melhoramento de Trigo e da pós-graduação, pela possibilidade de aprendermos juntos, em especial aos amigos Leandro Vagno, Vanessa, Josi, Adérico, Gustavinho, Rogério, Ahmed, Marcelo Curitiba, Rodrigo, Luís Fernando, Renata, Lisandra e Guilherme.

As funcionárias da Pós-graduação em genética, Rose e Dona Rita, pela ajuda.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, estiveram envolvidos na realização deste trabalho, meu MUITO OBRIGADO!!!

BIOGRAFIA

JUAREZ CAMPOLINA MACHADO filho de Geraldo T. Carvalho Machado e Quélvia Maria T. Campolina Machado, nasceu em Brasília, Distrito Federal, em 22 de Novembro de 1980.

Em Fevereiro de 2000, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, onde se graduou em 28 de Janeiro de 2005, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo.

Em seguida ingressou no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais, onde no dia 28 de Fevereiro de 2007 obteve o Título de Mestre em Ciência.

No dia 22 de Março de 2007, ingressou no Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, onde no dia 10 de Outubro de 2008 obteve o Título de Doctor Scientiae.

SUMÁRIO

RESUMO.....vi
ABSTRACT..... vii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....8
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....10
CAPÍTULO 1.....12
AVALIAÇÃO DE DOIS CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE PARA TOLERÂNCIA AO CALOR EM TRIGO
RESUMO.....13
ABSTRACT.....14
1. Introdução 15
2. Revisão de Literatura 16
2.1. Influência da temperatura na cultura do trigo 16
2.2. Seleção Recorrente..... 18
2.3. Efeitos do aquecimento global 20
3. Material e Métodos 21
4. Resultados e Discussão 27
4.1. Avaliação dos experimentos do ciclo I 27
4.2. Avaliação dos experimentos do ciclo II 30
4.3. Caracterização dos ambientes de condução dos experimentos em relação à temperatura..... 34
4.4. Estimação de parâmetros genéticos 37
4.5. Relação entre características 43
5. Conclusões 45
6. Referências Bibliográficas 46
CAPÍTULO 2.....52
ANÁLISE DIALÉLICA DO TEOR DE PROTEÍNAS EM TRIGO
RESUMO.....53
ABSTRACT.....54
1. Introdução 55
2. Revisão de Literatura 56
2.1. As proteínas e a qualidade tecnológica do trigo..... 56
2.2. Genética das proteínas do trigo 57
2.3. Análise dialélica 60
3. Material e Métodos 62
3.1. Material experimental 62
3.2. Condução do experimento..... 62
3.3. Análises estatísticas..... 63
4. Resultados e discussão..... 65
5. Conclusões 69
6. Referências Bibliográficas 70

RESUMO

MACHADO, Juarez Campolina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2008. **Melhoramento de trigo para tolerância ao calor e qualidade de grãos.** Orientador: Moacil Alves de Souza. Co-orientadores: Cosme Damião Cruz e Mônica Ribeiro Pirozi.

A grande extensão da região dos cerrados do Brasil-Central é uma área estratégica para o desenvolvimento da cultura do trigo. Contudo, nessa região o excesso de calor constitui o principal fator de redução no potencial produtivo. Além da tolerância ao estresse provocado pelo calor, a qualidade tecnológica dos grãos é de extrema importância no melhoramento do trigo, e está intrinsecamente relacionada à composição protéica dos grãos. No presente trabalho estabeleceram os objetivos de estimar parâmetros genéticos em dois ciclos de seleção recorrente para tolerância ao calor e estimar os efeitos da heterose e da capacidade geral e específica de combinação para o teor de proteínas em trigo. Foram conduzidos dois ciclos de seleção recorrente visando à tolerância ao estresse provocado por altas temperaturas e um experimento em esquema de cruzamento dialélico parcial em que foi avaliado o teor de proteínas nos grãos. Constatou-se redução sob altas temperaturas para todas as características avaliadas e que há variabilidade entre famílias e populações segregantes para a tolerância ao calor. A existência de variabilidade genética entre as famílias no segundo ciclo seletivo evidencia a possibilidade de se obter sucesso com a seleção recorrente nos ciclos seguintes. Em relação à análise dialélica para o teor de proteínas constatou-se que a manifestação da heterose foi no sentido de aumentar o conteúdo protéico dos grãos e identificaram-se genitores e combinações híbridas com alta freqüência de alelos favoráveis para a característica em questão.

ABSTRACT

MACHADO, Juarez Campolina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2008. **Wheat breeding for heat tolerance and grain quality.** Adviser: Moacil Alves de Souza. Co-Advisers: Cosme Damião Cruz and Mônica Ribeiro Pirozi.

The large extension of Central Brazil is a strategic area for wheat crop development. However, in that area the heat stress constitutes the main reduction factor in the yield potential. Besides the tolerance to the stress caused by the heat, the technological quality of the grains is very important in wheat breeding, and it is related to the protein content of the grains. In the present work were established the objectives of estimate genetic parameters in two cycles of recurrent selection for heat-tolerance and the effects of the heterosis and of the general and specific combining ability for the protein content in wheat. Two cycles of recurrent selection to the tolerance to the stress caused by high temperatures were carried out and an experiment in partial diallel cross for protein content in the grains was evaluated. Reduction was verified under high temperatures for all traits and there is variability between families and populations for the heat-tolerance. The existence of genetic variability among the families in the second cycle is evidences of the possibility to obtain success with the recurrent selection in the next cycles. In relation to partial diallel analysis for the protein content it was verified that the manifestation of the heterosis was in the sense of increasing the protein content of the grains. Parents and hybrid combinations were identify with high frequency of favorable allels for the trait in question.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O trigo é considerado um cereal básico para a civilização, seu cultivo segue paralelo à história da humanidade e da modernidade. É uma das culturas mais plantadas no mundo (FAO, 2008) e representa cerca de 20% do total de calorias consumidas pela população mundial (Singh e Chaudhary, 2006).

No ano agrícola de 2007/08 foram produzidas no Brasil 3,8 milhões de toneladas de trigo, entretanto, o consumo foi de 10,3 milhões de toneladas, gerando um déficit na produção brasileira de 6,5 milhões de toneladas (CONAB, 2008). Este déficit faz do Brasil um país altamente dependente da importação deste cereal.

A produção de trigo no Brasil concentra-se na região Sul, e em curto período, dificultando a logística de distribuição e armazenamento. Isto constitui um dos maiores problemas na cadeia produtiva do trigo, uma vez que o consumo se dá ao longo do ano em todo o território nacional (Bragagnolo et al., 2007). O aumento da produtividade e da área plantada não apenas nas tradicionais regiões de cultivo, mas também em novas fronteiras agrícolas, são algumas alternativas para aumentar a produção nacional de trigo e garantir a auto-suficiência.

A grande região dos cerrados do Brasil-Central surge como uma área estratégica para o desenvolvimento da cultura do trigo o que possibilitaria a descentralização do cultivo e promoveria melhorias na logística de distribuição e armazenamento deste cereal. As condições dessa região têm assegurado estabilidade da produção, principalmente na cultura irrigada, na qual podem ser alcançadas produtividades superiores a 7000 kg ha^{-1} em condições de cultivo comercial (Souza, 1999). Entretanto nessas áreas, o excesso de calor é o principal fator de redução no potencial produtivo (Souza e Ramalho, 2001; Cargnin et al., 2006).

Um fator agravante, com conseqüências diretas sobre a produção agrícola, é o aquecimento global. Relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2001) relatam que poderá ocorrer aumento da temperatura média do Planeta de 0,3 °C por década nos próximos anos, o que poderia inviabilizar a agricultura em muitas áreas (Schiermeier, 2006) e, sobretudo a cultura do trigo em condições brasileiras (Siqueira et al., 2000). Dessa forma, o melhoramento de plantas surge como alternativa para amenizar os danos causados por esse fenômeno (Assad et al., 2004).

Qualquer programa de melhoramento necessita de métodos de seleção eficientes, dentre os quais se destaca o método da seleção recorrente, que consiste em um processo dinâmico e contínuo de obtenção, avaliação e seleção de progênies seguido do intercruzamento das melhores (Ramalho et al., 2001).

O ponto fundamental para a eficácia do processo é a existência de variabilidade. Esta reflete em maior herdabilidade, maior ganho genético e, conseqüentemente, maior facilidade de identificar indivíduos com maior número de alelos favoráveis. Assim sendo, a estimação periódica de parâmetros genéticos nos diferentes ciclos seletivos e as implicações dos efeitos ambientais sobre estas estimativas é fundamental para orientar os melhoristas a respeito das estratégias seletivas utilizadas e das alternativas que poderiam ser adotadas para ampliar sua eficiência.

Além da tolerância ao calor, a qualidade tecnológica dos grãos é de extrema importância no melhoramento do trigo, e está intrinsecamente relacionada à composição protéica dos grãos (MacRitchie e Lafiandra, 1997). Uma farinha de alta qualidade deve possuir proteínas em quantidade e qualidade adequadas. Dessa forma, a identificação de genitores com alta freqüência de alelos favoráveis para o teor de proteínas poderia tornar mais eficiente o programa de melhoramento de trigo, adicionando em cruzamentos, genótipos com alta expressão para o caráter em questão.

O presente trabalho foi desenvolvido com os objetivos de estimar parâmetros genéticos em dois ciclos de seleção recorrente para tolerância ao calor e estimar os efeitos da heterose e da capacidade geral e específica de combinação para o teor de proteínas em trigo.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, nov., 2004.

BRAGAGNOLO, C.; SBRISSIA, G.F.; MAFIOLETTI, R.L. Triticultura brasileira - desafios e perspectivas. In:____AGRIANUAL – **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: Agra FNP – Instituto FNP, 2007.

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.; ROCHA, V.S.; MACHADO, J.C.; PICCINI, E. Tolerância ao estresse térmico em genótipos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.8, p.1269-1276, ago., 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra agrícola 2007/2008: grãos – Quinto levantamento, Fevereiro de 2008**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5_levantamento_fev2008.pdf. Acesso em: 5 de Setembro de 2008. 26p.

FAO **Food and agriculture organization of the United Nations**, 2008. Disponível em: http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor. Acesso em: 10 de Setembro de 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability**. MACCARTHY, J.J.; CANZIANI, O.F.; LEARY, N.A.; DOKKEN, D.J.; WHITE, K.S. [Eds.]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 1032p.

MACRITCHIE, F.; LAFIANDRA, D. **Structure-function relationship of wheat proteins**. In: DAMORADAN, S.; PARAF, A. [Eds.] Food Proteins and Their Applications; Marcel Dekker inc., p. 293-324, 1997.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; SANTOS, J.B. dos. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S. de; VALADARES-INGLIS, M.C. [Eds.]. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

SCHIERMEIER, Q. The costs of global warming. **Nature**, v.439, p.374-375, 2006.

SINGH, G.P.; CHAUDHARY, H.B. Selection parameters and yield enhancement of wheat (*Triticum aestivum* L.) under different moisture stress conditions. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.5, n.5, p.894-898, 2006.

SIQUEIRA, O.J.W.; STEINMETZ, S.; FERREIRA, M.F.; COSTA, A.C.; WOZNIAK, M.A. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.311-320, 2000.

SOUZA, M.A. **Controle genético e resposta ao estresse de calor de cultivares de trigo**. 1999. 152p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

SOUZA, M.A.; RAMALHO, M.A.P. Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1245-1253, 2001.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DE DOIS CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE PARA TOLERÂNCIA AO CALOR EM TRIGO

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

RESUMO

MACHADO, Juarez Campolina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2008. **Avaliação de dois ciclos de seleção recorrente para tolerância ao calor em trigo.** Orientador: Moacil Alves de Souza. Co-orientadores: Cosme Damião Cruz e Mônica Ribeiro Pirozi.

O desenvolvimento de cultivares tolerantes ao calor é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de trigo, especialmente para as condições do Brasil-Central, necessitando de métodos eficientes de seleção. Nesse contexto, destaca-se o método da seleção recorrente, que consiste em um processo dinâmico e contínuo que envolve a obtenção, avaliação, e seleção de famílias, seguido do intercruzamento das melhores. O presente trabalho foi desenvolvido com os objetivos de avaliar o efeito da temperatura na cultura do trigo, identificar populações promissoras para tolerância ao calor e avaliar a utilização da seleção recorrente como estratégia de melhoramento para tolerância ao estresse térmico. Foram conduzidos experimentos em áreas experimentais pertecentes à Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra-MG (ciclo I) e em Viçosa-MG (ciclo II). As 240 famílias, sendo 30 famílias de cada população segregante e os oito genitores foram avaliadas utilizando-se o delineamento em látice 16x16 com duas repetições. Foram utilizados oito genótipos de trigo a fim de completar o látice. Os experimentos foram conduzidos em 2004 (ciclo I) e em 2007 (ciclo II), em duas épocas (verão e inverno). Avaliaram-se as características floração, altura de planta e produtividade de grãos. Todas as características apresentaram redução sob altas temperaturas. As populações segregantes Aliança/EP93541 e EP93541/CPAC9662, foram as mais tolerantes ao calor no ciclo I, enquanto BH1146/BR24//Aliança/EP93541 e BR24/Aliança//EP93541/CPAC9662 foram as mais promissoras no ciclo II. A existência de variabilidade entre as populações e entre as famílias no segundo ciclo evidencia a possibilidade de se obter sucesso com a seleção recorrente nos ciclos seguintes.

Termos de indexação: ganhos por seleção, temperatura, *Triticum aestivum* L.

ABSTRACT

MACHADO, Juarez Campolina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2008. **Evaluation of two cycles of recurrent selection for heat tolerance in wheat.** Adviser: Moacil Alves de Souza Co-Advisers: Cosme Damião Cruz and Mônica Ribeiro Pirozi.

The development of heat-tolerant varieties is one of the main objectives of the wheat breeding programs, especially for the conditions of the Central Brazil, needing efficient methods of selection. In that context, recurrent selection method stands out. It consists in a dynamic and continuous process that involves the obtaining, evaluation, and selection of families, following by the intercrossing of the best families. The present work was carried out with the objectives of evaluating the effect of the temperature in the wheat crop, to identify promising populations for tolerance to the heat and to evaluate the use of the recurrent selection as breeding strategy for heat-tolerance. Experiments were carried out in experimental areas at Universidade Federal de Viçosa, at Coimbra-MG (cycle I) and at Viçosa-MG (cycle II). The 240 families (30 families of each population) and the eight parents were evaluated in lattice design 16x16 with two replications. Eight wheat genotypes were used in order to complete the lattice. The experiments were carried out in 2004 (cycle I) and in 2007 (cycle II), during two seasons (summer and winter). The traits: flowering, plant height and grain yield were evaluated. All traits presented reduction under high temperatures. The populations Aliança/EP93541 and EP93541/CPAC9662 were the most tolerant to the heat in the cycle I, while BH1146/BR24//Aliança/EP93541 and BR24/Aliança//EP93541/CPAC9662 were the most promising in the cycle II. The existence of variability among the populations and among the families in the second cycle, is evidence that the possibility to obtain success with the recurrent selection in the next cycles.

Indexation terms: selection gains, temperature, *Triticum aestivum* L.

1. Introdução

No final da década de 1980, quando o governo brasileiro retirou os subsídios aos produtores de trigo e liberou a comercialização (Rossi e Neves, 2004); a triticultura sofreu uma redução da área plantada, produzindo menos de quatro milhões de toneladas de grãos, insuficientes para suprir a demanda nacional de, aproximadamente, 10 milhões de toneladas (CONAB, 2008). Esse cenário levou várias instituições públicas e agentes da cadeia produtiva a proporem alternativas para aumentar e dar estabilidade à produção de trigo no Brasil.

A grande extensão da região dos cerrados do Brasil-Central surge como uma área estratégica para o desenvolvimento da cultura do trigo. Contudo, nessa região o excesso de calor constitui o principal fator de redução no potencial de produtividade (Souza e Ramalho, 2001; Cargnin et al., 2006a).

O desenvolvimento de cultivares tolerantes ao estresse provocado por altas temperaturas é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de trigo (Castro et al., 2007; Reynolds et al., 2007), especialmente para as condições do Brasil-Central, necessitando de métodos de seleção eficientes. Nesse contexto, destaca-se o método da seleção recorrente, que consiste em um processo dinâmico e contínuo que envolve a obtenção, avaliação, e seleção de progênies seguido do intercruzamento das melhores. O intuito principal de um programa de seleção recorrente é aumentar a freqüência de alelos favoráveis para os caracteres de interesse, sem esgotar a variabilidade existente (Ramalho et al., 2001).

A estimação periódica de parâmetros genéticos no programa de seleção recorrente é fundamental para orientar os melhoristas a respeito das estratégias seletivas utilizadas e quais as alternativas poderiam ser adotadas para ampliar sua eficiência. Assim sendo, o conhecimento da magnitude dessas estimativas e as implicações dos efeitos ambientais são de fundamental importância para condução de um programa de melhoramento e a tomada de decisão das estratégias a serem utilizadas.

Com os objetivos de avaliar o efeito da temperatura na cultura do trigo, identificar populações promissoras para tolerância ao calor e avaliar a utilização da seleção recorrente como estratégia de melhoramento para tolerância ao estresse térmico foi desenvolvido o presente trabalho.

2. Revisão de Literatura

2.1. Influência da temperatura na cultura do trigo

A ocorrência de altas temperaturas afeta negativamente vários caracteres e, como conseqüência, reduz a produtividade de grãos de trigo (Souza e Ramalho, 2001; Cargnin, 2005). Desde o início da pesquisa com a cultura na região do cerrado, uma das maiores preocupações dos melhoristas tem sido o desenvolvimento de cultivares que possuam tolerância ao calor (Souza, 1999), principalmente em cultivos de sequeiro, cujas semeaduras ocorrem no final do verão (Souza e Ramalho, 2001).

Da mesma maneira, no cultivo de inverno com irrigação, o estresse de calor constitui fator limitante em regiões com altitudes inferiores a 800m, com redução de até 50% no potencial produtivo (Souza, 1999).

A maioria dos programas de melhoramento de trigo considera o alcance da tolerância ao calor como um dos principais objetivos (Castro et al., 2007; Reynolds et al., 2007), todavia o êxito tem sido limitado devido a inadequação de estratégias de seleção, de técnicas de avaliação e da complexidade dos mecanismos envolvidos na tolerância em todas as fases de desenvolvimento da cultura (Bruckner e Frohberg, 1987; Reynolds et al., 2007).

O excesso de calor causa efeitos diretos sobre a planta de trigo, reduzindo a duração dos estádios de desenvolvimento e altura de plantas. Entre os processos fisiológicos, o fotossintético é o mais prejudicado, uma vez que é inibido sob estresse térmico (Shpiler e Blum, 1990). Em contrapartida, a respiração aumenta acentuadamente com elevação da temperatura (Taiz e Zeiger, 2004). Como conseqüência, ocorre redução na síntese de amido e da sua deposição nos grãos, afetando negativamente a produtividade (Harding et al., 1990).

Os primeiros efeitos do estresse de calor podem ser observados na fase de germinação e emergência das plântulas. Durante o processo de germinação e desenvolvimento da plântula, toda fonte de carbono necessária para as reações fisiológicas, é dependente do estoque deste elemento no endosperma.

Em experimento realizado por Cargnin et al. (2006b), foi constatado que a conversão de endosperma em matéria seca das plântulas foi maior a 25 ^{o}C do que em 35 ^{o}C, e variou entre cultivares e populações segregantes. A maior eficiência no uso do

endosperma, na fase de germinação, provavelmente é o resultado de uma baixa perda de carbono pela respiração e maior eficiência na conversão do carbono disponível. Os autores constataram que tolerância ao calor da planta adulta pode estar associada com tolerância no estádio de plântula.

Após a emergência das plântulas, altas temperaturas do solo têm efeitos prejudiciais sobre o potencial de crescimento, havendo inibição do desenvolvimento de raízes, do número de perfilhos e da área foliar (Fischer, 1985). Acevedo et al. (1991) constataram reduções de 50% na duração da fase vegetativa e drástica redução na área foliar, quando a temperatura do ar foi aumentada de 12,2 ^{o}C para 27,5 ^{o}C. A redução na área foliar é conseqüência do menor tamanho da folha, menor número de folhas por planta e menor perfilhamento (Midmore et al., 1984).

O estádio fenológico da planta de trigo compreendido entre a diferenciação floral e a antese é a mais sensível ao calor. A ocorrência de estresse nesta fase determina a redução no número de flores férteis por espigueta e no número de grãos por espiga (Shah e Paulsen, 2003). A partir da meiose até a antese a ocorrência de calor associado com baixa umidade relativa pode acarretar em esterilidade das flores (Acevedo et al., 1991).

O aumento da temperatura acelera a taxa de crescimento dos grãos e reduz o tempo de enchimento dos mesmos (Blum et al., 1994). De acordo com Harding et al. (1990), o estresse de calor na fase de enchimento de grãos afeta a disponibilidade de fotoassimilados, a translocação de reservas e a síntese de amido.

A senescência precoce da folha tem sido considerada como uma expressão da sensibilidade ao calor. A redução da área foliar ativa implica em diminuição da fotossíntese e, por conseqüência, redução na produção de grãos (Fokar et al., 1998). Estas observações concordam com pesquisa realizada por Khanna-Chopra e Viswanathan (1999), os quais relatam que a redução do rendimento de grãos de trigo cultivado sob estresse de calor pode ser causada pela acelerada fase de desenvolvimento, acelerada senescência e inibição do desenvolvimento do grão.

A existência de variabilidade genética quanto à tolerância ao calor em plantas de trigo tem sido constatada em alguns trabalhos (Ibrahim e Quick, 2001; Yang et al., 2002, Reynolds et al., 2007), contudo, nas condições brasileiras, esse tipo de pesquisa é pouco freqüente. Souza e Ramalho (2001), em trabalho realizado para o caráter produtividade de grãos em nível de campo, constataram a existência de variabilidade genética e comportamento diferenciado de tolerância ao calor entre as principais cultivares e

populações segregantes na região do Brasil-Central. Resultados semelhantes também foram encontrados por Cargnin (2005) e Oliveira (2008), em ambientes contrastantes para o efeito da temperatura.

Dessa forma, a obtenção e manutenção de variabilidade genética da tolerância ao calor em diferentes épocas de semeadura, simulando o efeito da alta temperatura, é um fator importante para tornarem mais eficientes os programas de melhoramento da cultura do trigo.

2.2. Seleção recorrente

A maioria dos programas de melhoramento genético de trigo utiliza métodos convencionais de plantas autógamas, nos quais a população base é conduzida por autofecundações e seleções até a obtenção de linhagens. Esses métodos forneceram nas últimas décadas, grande número de cultivares (Moraes e Rangel, 1997), contudo, os ganhos genéticos para produtividade de grãos tem sido de baixa magnitude (Cargnin et al., 2008). Nesse contexto, os programas de melhoramento de trigo têm buscado alternativas para aumentar o potencial produtivo da cultura, com utilização de novas estratégias de melhoramento, como é o caso da seleção recorrente (Wiersma et al., 2001; Gil et al., 2003).

A seleção recorrente é um processo cíclico de seleção de famílias e ou indivíduos de uma população, seguida da recombinação destes para formar uma nova população. Esta população pode ser utilizada para início de um novo ciclo seletivo, e assim sucessivamente, sendo, portanto, um processo contínuo e dinâmico de incremento nas freqüências dos alelos favoráveis (Geraldi, 1997).

A seleção recorrente foi proposta por Hull (1945), e tem sido extensivamente utilizada no melhoramento de plantas alógamas, especialmente na cultura do milho (Hallauer, 1992; Lima Neto, 1998; Santos et al., 2007). No caso das plantas autógamas, apesar do seu emprego ser mais recente, são vários os relatos de sua utilização e sucesso no melhoramento de espécies de importância como soja (Werner e Wilcox, 1990; Uphoft et al., 1997), arroz (Rangel e Neves, 1997; Solano, 1999; Marassi et al., 1999), aveia (De Koeyer et al., 1999), feijão (Ramalho et al., 2005a; Silva et al., 2008) e trigo (Wiersma et al., 2001; Gil et al., 2003).

Existem na literatura, alguns argumentos que justificam o emprego da seleção recorrente em plantas autógamas (Fouilloux e Bannerot, 1988; Geraldi, 1997). Um argumento convincente foi apresentado por Fouilloux e Bannerot (1988). Segundo esses autores, pode-se estimar o número de alelos favoráveis nas linhagens dos dois primeiros ciclos de seleção, considerando o mesmo número de famílias sendo avaliadas em ambos os casos. Também pode ser estimado o número de famílias a serem avaliadas em um ciclo seletivo para se ter o mesmo resultado de dois ciclos. Considerando 40 locos segregando, quando nos dois ciclos seletivos forem avaliadas 100 famílias por vez, a melhor linhagem deverá conter 32,6 alelos favoráveis. Para se ter essa mesma linhagem com um ciclo de seleção, seria necessário avaliar 18.800 famílias. Concluiu-se então, que dois ciclos de seleção foram mais eficientes que um ciclo para acumular alelos favoráveis e, desta forma, ampliar a chance de sucesso do melhorista.

O processo de seleção recorrente inicia-se com a formação da população base; nessa etapa deve-se dar ênfase na escolha dos genitores. Esses devem apresentar expressões fenotípicas desejáveis para o maior número de caracteres de interesse, além da necessidade de serem divergentes, possibilitando associar desempenho favorável e alto nível de variabilidade genética, que são condições indispensáveis para se obter sucesso com a seleção (Ramalho et al., 2001).

Após a escolha dos genitores e formação da população base, várias estratégias têm sido utilizadas pelos pesquisadores nas demais etapas do programa de seleção recorrente (avaliação de famílias e recombinação das famílias selecionadas para formar o ciclo seguinte). O que se espera com a seleção recorrente é a contínua melhoria na expressão do caráter sob seleção, sem redução na variabilidade genética para continuar obtendo ganhos futuros.

Em trigo a seleção recorrente tem sido utilizada com sucesso para várias características tais como: doenças (Jiang et al., 1994; Bauske et al., 1994); teor de proteínas (Delzer et al., 1995); peso médio dos grãos (Busch e Kofoid, 1982; Wiersma et al., 2001); e produtividade de grãos (Olmedo-Arcega et al., 1995; Gil et al.; 2003). Para todas as características mencionadas houve efeito positivo da seleção recorrente na variabilidade e no valor de cada característica sob seleção.

2.3. Efeitos do aquecimento global

O principal desafio hoje, e no futuro próximo das culturas produtoras de alimentos são as altas temperaturas, provavelmente associadas às mudanças climáticas decorrentes do aquecimento do planeta (Schiermeier, 2006). O aquecimento global tem impactos ambientais intensos como o derretimento das geleiras e calotas polares, assim como nos processos biológicos.

Nas últimas décadas, a taxa de aumento da temperatura na superfície terrestre não foi constante. Entre 1960 a 1980, o aumento médio da temperatura foi pequeno (0,036 ^{o}C por década). Nas décadas seguintes (1980 a 2000), houve aumento no brilho solar, com incremento mais acentuado da temperatura, em torno de 0,3 ^{o}C por década (Wild et al., 2007). Estima-se que a temperatura média global aumente entre 1,1 e 6,4 ^{o}C até o ano de 2100 (Notaro et al., 2007).

Na agricultura estes eventos recebem atenção especial, uma vez que estão diretamente ligados ao suprimento mundial de alimentos. Nos relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2001) há indícios de diminuição da produção agrícola e extinção de animais e plantas como alguns dos prováveis impactos da elevação da temperatura na América Latina.

Os cenários climáticos futuros sugerem redução superior a 30% na produção de grãos de trigo no Brasil, especialmente a partir da década de 2030 (Siqueira et al., 2000). Esses autores relatam que no Brasil as pesquisas relacionadas aos impactos do efeito estufa na agricultura são incipientes e enfatizam a sensibilidade das cultivares avaliadas, o que reforça a necessidade de pesquisas nessa área. Nesse contexto, o melhoramento de plantas surge como alternativa para amenizar os danos causados por esse fenômeno (Assad et al., 2004).

Algumas providências devem ser tomadas, uma vez que o setor agrícola é um dos mais sensíveis ao aquecimento global e às mudanças climáticas associadas (Lal et al., 1998). Se confirmadas tais perspectivas, a maior parte das regiões brasileiras apresentará alguma limitação para o cultivo de trigo.

3. Material e Métodos

Para iniciar o programa de seleção recorrente para tolerância ao calor foram utilizadas oito linhagens de trigo as quais estão descritas na Tabela 1.

TABELA 1. Identificação das linhagens de trigo utilizadas para iniciar o programa de seleção recorrente para tolerância ao calor

Linhagem	Cruzamento	Reação ao calor	Origem
BH1146	FRONTEIRA/MENTANA//PG 1	tolerante	IAMG
BR24	IAS 58*2/EAGLE	tolerante	EMBRAPA/CNPT
EP93541	PF 8640/PF 8150	tolerante	EMBRAPA/CNPT
CPAC9662	-	baixa tolerância	EMBRAPA/CPAC
BRS207	Seri 82/PF813	baixa tolerância	EMBRAPA/CPAC
Pioneiro	Veery 5/NACOZARI	baixa tolerância	UFV
Aliança	PF858/OCEPAR11	média tolerância	EPAMIG/UFV
Anahuac	II12300//Lerma Rojo 64/8156/3/Norteno 67	tolerante	CIMMYT

Os experimentos do ciclo I do programa de seleção recorrente foram conduzidos em 2004, na Estação Experimental de Coimbra-MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Coimbra-MG, na latitude de 20º45'S, longitude 42º51'W e a 720 m de altitude.

Foram utilizadas duas épocas de semeadura, uma para cada experimento. A primeira, denominada de verão (condição de estresse), foi realizada no fim do mês de janeiro, onde predominam temperaturas elevadas durante o ciclo da cultura. A segunda época de semeadura, denominada de inverno (condição favorável), foi efetuada no início do mês de maio, período a partir do qual ocorrem temperaturas mais amenas durante a maior parte do ciclo da cultura.

Foram avaliadas 240 famílias $F_{2:4}$ oriundas de oito populações dos cruzamentos listados na Tabela 2, segundo esquema apresentado por Bearzoti (1997).

TABELA 2. Esquema de cruzamentos entre os genitores no primeiro ciclo de seleção recorrente

Populações	Cruzamentos
1	BH1146/BR24
2	BR24/Aliança
3	Aliança/EP93541
4	EP93541/CPAC9662
5	CPAC9662/Pioneiro
6	Pioneiro/BRS207
7	BRS207/Anahuac
8	Anahuac/BH1146

As 240 famílias, sendo 30 famílias de cada população segregante, e os oito genitores foram avaliados utilizando-se o delineamento em látice 16x16 com duas repetições. Foram utilizados oito genótipos de trigo a fim de completar o látice. Cada parcela foi constituída de três linhas de 3,0 m de comprimento, no espaçamento de 0,30 m entre linhas, conferindo área útil de 2,7 m^2.

Os experimentos do ciclo II do programa de seleção recorrente para tolerância ao calor foram conduzidos em 2007, na área experimental pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Viçosa-MG, que apresenta as coordenadas 20º45'S e 42º52'W e a 649 m de altitude.

Foram utilizadas duas épocas de semeadura, uma para cada experimento. A primeira foi realizada no mês de fevereiro de 2007 (estresse de calor) e a segunda época de semeadura foi efetuada no mês de junho de 2007 (condição favorável).

No primeiro experimento avaliaram-se 240 famílias $F_{2:4}$ que após colhidas e avaliadas, utilizaram-se as sementes $F_{2:5}$ na semeadura do experimento de inverno. Essa estratégia foi utilizada em função de não haver sementes $F_{2:4}$ suficientes para implantação dos dois experimentos.

As famílias foram obtidas de oito populações a partir do intercruzamento entre a melhor família de cada população do primeiro ciclo de seleção recorrente, segundo esquema apresentado por Bearzoti (1997), envolvendo quatro genitores como apresentado na Tabela 3.

TABELA 3. Esquema de cruzamentos da família selecionada de cada população do primeiro ciclo de seleção recorrente para formação do segundo ciclo

Populações	Cruzamentos
1	BH1146/BR24//Aliança/EP93541
2	BR24/Aliança//EP93541/CPAC9662
3	Aliança/EP93541//CPAC9662/Pioneiro
4	EP93541/CPAC9662//Pioneiro/BRS207
5	CPAC9662/Pioneiro//BRS207/Anahuac
6	Pioneiro/BRS207//Anahuac/BH1146
7	BRS207/Anahuac//BH1146/BR24
8	Anahuac/BH1146//BR24/Aliança

O delineamento experimental e o número de tratamentos foram idênticos ao utilizado no ciclo I. A parcela diferenciou-se apenas no espaçamento entre linhas, que no ciclo II foi de 0,186 m, conferindo uma área útil de 1,67 m^2.

As práticas culturais adotadas foram uniformes nas duas épocas de semeadura e nos dois ciclos de seleção, a fim de minimizar a influência de fatores bióticos e, ou abióticos no crescimento e desenvolvimento da cultura, a não ser à alta temperatura como fator causador de estresse. Assim, os experimentos foram irrigados, sempre que necessário.

A adubação foi realizada, aplicando-se 300 kg ha^{-1} de NPK da fórmula 08-28-16 no sulco de semeadura e 50 kg ha^{-1} de N em cobertura no início do perfilhamento. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do trigo (COMISSÃO..., 2005).

Foram coletados dados referentes aos seguintes caracteres agronômicos: floração (dias), altura de plantas (cm) e produtividade de grãos (g/1,67 m^2), os quais foram submetidos à análise de variância com o auxílio do aplicativo computacional MSTAT (1983), conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + r_j + (b/r)_{jk} + e_{ijk},$$

em que:

Y_{ijk} é o valor observado do genótipo i no bloco k, dentro da repetição j;

μ é a média geral do experimento;

g_i é o efeito do genótipo i (i = 1, 2, ..., 256);

r_j é o efeito da repetição j (j = 1, 2);

$(b/r)_{jk}$ é o efeito do bloco k dentro da repetição j (k = 1, 2,..., 16);

e_{ijk} é o erro experimental, NID (0, σ^2).

A fonte de variação genótipos foi desdobrada nos seguintes efeitos: entre populações, famílias dentro de cada população, testemunhas e o contraste famílias versus testemunhas. Após a análise de variância de cada experimento e confirmada à homocedasticidade das variâncias residuais entre as épocas (Pimentel Gomes, 1990), foi realizada a análise conjunta dos experimentos conforme Ramalho et al. (2005b). Nesta análise utilizaram-se as médias ajustadas do látice e adotou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ilj} = \mu + g_i + a_l + (ga)_{il} + \bar{e}_{ilj} ,$$

em que:

Y_{ilj} é o valor observado do genótipo i na repetição j, no ambiente l;

μ é a média geral do experimento;

g_i é o efeito do genótipo i (i = 1, 2, ..., 256);

a_l é o efeito do ambiente l (l = 1, 2);

$(ga)_{il}$ é o efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente l;

$\bar{e}_{ilj}$ é o erro experimental médio, NID (0, σ^2).

Para a realização do teste F, o efeito de famílias e da interação famílias por ambientes foram considerados aleatórios e o efeito de ambientes fixo. O esquema das análises de variância, por ambiente e conjunta, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, é apresentado na Tabela 4.

TABELA 4. Esquema da análise de variância individual e conjunta, com as respectivas esperanças dos quadrados médios - E(QM)

Análises individuais		
FV	QM	E(QM)
Genótipos		
Famílias (F)	Q_1	$\sigma^2 + r\sigma^2_{G_F}$
Testemunhas (T)		
F vs. T		
Erro	Q_2	σ^2
Análise conjunta		
Época (E)		
Genótipos		
Famílias (F)	Q_3	$\sigma^2 + rl\sigma^2_{G_F}$
Testemunhas (T)		
F vs. T		
Genótipos x Épocas		
F x E	Q_4	$\sigma^2 + r\sigma^2_{(FxE)}$
T x E		
(F vs. T) x E		
Erro Médio	Q_5	σ^2

σ^2: variância residual; $\sigma^2_{G_F}$: variância genotípica entre famílias; $\sigma^2_{(FxE)}$: variância da interação famílias x ambientes; r: número de repetições; l: número de ambientes.

A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios, apresentados na Tabela 3, foram estimados os parâmetros genéticos nos ambientes de verão, inverno e na média dos ambientes (análise conjunta). Os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas da herdabilidade, ou seja, os intervalos de confiança, foram obtidos pelas expressões apresentadas por Knapp et al. (1985), com α = 0,05.

Foram estimadas as correlações genotípicas (r_g) fenotípicas (r_f) e de ambiente (r_a) entre as características avaliadas para o primeiro ciclo de seleção recorrente, de forma semelhante a apresentada por Cruz et al. (2004).

O progresso genético com a seleção recorrente foi estimado utilizando-se as médias das famílias. Como os ciclos foram obtidos em anos diferentes e há o efeito ambiental e da interação na expressão das características envolvidas, utilizou-se como medida desse efeito, o desempenho das testemunhas comuns, que estiveram presentes em todas as avaliações. Dessa forma, calculou-se o desvio da média das famílias e das 48 melhores famílias (20%) em relação à média das testemunhas comuns, como um indicativo do progresso genético.

Foi realizada a decomposição do quadrado médio da interação em partes simples e complexa utilizando-se a expressão de Robertson (1959), apresentada por Cruz et al. (2004).

Foi também estimada a contribuição relativa de cada população para a variância total entre famílias das oito populações segregantes para o caráter produtividade de grãos nas duas épocas de semeadura, e identificou-se o número de famílias de cada população entre as 25 e 50 mais produtivas em todos os experimentos e na análise conjunta.

Por fim, foram obtidas as médias das temperaturas mínima, média e máxima para diferentes fases do ciclo da cultura, a fim de caracterizar os ambientes de condução dos experimentos. Os dados foram fornecidos pela estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa.

4. Resultados e Discussão

4.1. Avaliação dos experimentos do ciclo I

As análises de variância individuais do primeiro ciclo de seleção recorrente evidenciaram diferenças significativas entre famílias para todas as características avaliadas ($P \leq 0,01$), tanto para o ambiente com semeadura realizada no verão como para a semeadura realizada no inverno, demonstrando que há variabilidade genética para as características nos dois ambientes (Tabela 5).

O contraste famílias versus testemunhas apresentou significância para todas as características nas duas épocas ($P \leq 0,01$), exceto para altura de plantas na época de verão. Nesse ambiente a média das famílias foi superior a média das testemunhas para as características produtividade de grãos e floração. No ambiente de inverno a média das famílias foi superior apenas para a altura de plantas (dados não apresentados).

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV%) encontra-se dentro de níveis adequados para a cultura do trigo, variando de 2,63% a 12,66% (Tabela 5). Segundo Pimentel Gomes (1990) estes valores podem ser considerados como de boa precisão experimental. A eficiência proporcionada pelo uso do delineamento em látice variou de 9% a 47%, o que confirma a maior eficiência deste delineamento em relação ao de blocos casualizados.

As características floração, altura de plantas e produtividade de grãos apresentaram médias de 47 dias, 71 cm e 247 g/1,67 m^2 para o ambiente de verão e de 60 dias, 109 cm e 470 g/1,67 m^2 para o ambiente de inverno, respectivamente. Infere-se, portanto que as altas temperaturas no verão (condição de estresse), acarretam em redução nos três caracteres (Tabela 5).

Sugere-se que a redução no ciclo da cultura, tem como provável conseqüência, redução na altura de planta e menor acúmulo de reservas, o que reflete em menor produtividade de grãos. De acordo com Reynolds et al. (2001), a redução do ciclo da cultura pode proporcionar redução no acúmulo de massa seca total quando as taxas de crescimento são insuficientes para compensar a redução do ciclo sob estresse de calor.

Verificada a homogeneidade das variâncias residuais entre as duas épocas de semeadura, realizou-se a análise de variância conjunta dos experimentos (Tabela 5). Evidenciou-se a existência de diferença significativa entre as famílias, épocas de semeadura

e para o efeito da interação famílias x épocas para todas as características (P≤0,01). Esses resultados indicam a existência de variabilidade entre famílias e que a resposta das famílias às variações de ambiente não são coincidentes. Os coeficientes de variação da análise conjunta também indicaram boa precisão experimental (Pimentel Gomes, 1990), variando de 3,08% a 13,05%.

Na Tabela 5, pode ser observado que os quadrados médios para o efeito de época de semeadura (ambiente) foram os de maior magnitude em todos os caracteres, evidenciando desta forma, que o efeito de época de semeadura pode provocar mudanças significativas no comportamento médio das famílias.

As estimativas da parte simples e complexa, resultantes da decomposição da interação genótipos x ambientes são apresentadas na Tabela 5. A parte complexa da interação é dada pela falta de correlação dos genótipos nos diferentes ambientes. Cruz et al. (2004), comentam que, quando há predominância da parte complexa da interação, o trabalho do melhorista é dificultado. Observa-se que a interação entre as duas épocas de semeadura foi predominantemente de natureza complexa (Tabela 5). Estes resultados indicam a grande participação da interação complexa, demonstrando assim a dificuldade na seleção de genótipos superiores para as duas épocas de semeadura.

Os desdobramentos dos efeitos de famílias dentro das populações evidenciaram diferença significativa entre as populações avaliadas (P≤0,01), e entre as famílias dentro de populações na maioria dos casos (P≤0,05), exceto para população seis (altura de plantas) e para população três (floração). Isto confirma a existência de variabilidade genética entre as populações para todas as características, bem como de variabilidade entre as famílias dentro das populações (Tabela 6). Infere-se dessa forma sobre a possibilidade de se extrair linhagens superiores destas populações.

Constatou-se também que a interação famílias dentro de populações x épocas foi não significativa, em grande parte dos casos, para as características floração e altura de plantas. Para produtividade de grãos foi significativa para todas as situações (P≤0,01), evidenciando o efeito pronunciado da interação para esta característica (Tabela 6).

TABELA 5. Resumo das análises de variâncias individuais (verão e inverno) e conjunta (médias de ambientes) de diferentes caracteres para famílias e testemunhas de trigo, avaliados em Coimbra–MG, em 2004

Fonte de variação	GL	QM		
		Floração (dias)	Altura (cm)	Produtividade (g/1,67m^2)
		VERÃO		
Genótipos	255	20,40**	138,43**	5892,80**
Famílias (F)	239	19,56**	138,26**	6074,04**
Testemunhas (T)	15	31,04**	148,65**	1874,44**
F vs T	1	61,89**	24,48ns	22851,73**
Erro efetivo	225	2,95	25,81	835,94
Média		47,07	71,09	247,48
CV (%)		3,65	7,15	11,68
Eficiência do látice		117,88	147,36	119,59
		INVERNO		
Genótipos	255	23,73**	297,91**	35850,28**
Famílias (F)	239	23,40**	289,68**	37053,16**
Testemunhas (T)	15	28,02**	340,24**	14311,62**
F vs T	1	37,76**	1631,42**	71443,01**
Erro efetivo	225	2,50	18,61	3547,12
Média		60,06	108,75	470,25
CV (%)		2,63	3,97	12,66
Eficiência do látice		119,12	112,69	109,45
		CONJUNTA		
Épocas (E)	1	43160,06**	363006,25**	12704793**
Genótipos (G)	255	32,18**	355,38**	19761,06**
Famílias (F)	239	31,45**	348,33**	20456,16**
Testemunhas (T)	15	45,88**	422,84**	9553,73**
F vs T	1	1,48ns	1027,78**	6741,97ns
G x E	255	11,94**	80,97**	21982,02**
F x E	239	11,51**	79,62**	22671,03**
T x E	15	13,19**	66,06**	6632,43**
(F vs T) x E	1	95,96**	627,27**	87552,48**
Erro efetivo médio	450	2,72	22,21	2191,53
Média		53,57	89,92	358,86
CV (%)		3,08	5,24	13,04
Interação(%)	Parte Simples	1	17	29
	Parte Complexa	99	83	71

** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo.

TABELA 6. Resumo das análises de variâncias conjuntas de diferentes caracteres para famílias, populações e testemunhas de trigo, avaliados nas épocas de verão e inverno de 2004, em Coimbra–MG

Fontes de Variação	G.L.	QM		
		Floração (dias)	Altura (cm)	Produtividade (g/1,67m^2)
Épocas (E)	1	43160,06**	363006,25**	12704793**
Genótipos	255	32,18**	355,38**	19761,06**
Famílias (F)	239	31,45**	348,33**	20456,16**
Populações (P)	7	352.37**	7772,35**	341771,20**
F/P1	29	24,30**	127,54**	10891,45**
F/P2	29	6,40**	65,37**	8156,61**
F/P3	29	3,39ns	77,28**	6244,38**
F/P4	29	27,78**	223,28**	14223,10**
F/P5	29	13,70**	188,88**	7625,03**
F/P6	29	37,48**	23,87ns	12062,89**
F/P7	29	29,54**	36,95*	17296,17**
F/P8	29	31,55**	251,45**	9590,90**
Testemunhas (T)	15	45,88**	422,84**	9553,73**
F vs T	1	1,48ns	1027,78**	6741,97ns
Genótipos x Épocas	255	11,94**	80,97**	21982,02**
F x E	239	11,51**	79,62**	22671,03**
P x E	7	192,47**	1199,52**	446296,24**
F/P1 x E	29	3,86ns	28,87ns	4272,64**
F/P2 x E	29	3,84ns	26,83ns	5515,42**
F/P3 x E	29	2,85ns	23,86ns	8172,04**
F/P4 x E	29	6,39**	89,92**	13331,21**
F/P5 x E	29	4,23ns	57,74**	12887,26**
F/P6 x E	29	5,91**	25,90ns	16219,57**
F/P7 x E	29	5,89**	28,83ns	11199,50**
F/P8 x E	29	15,43**	84,69**	7516,24**
T x E	15	13,19**	66,06**	6632,43**
(F vs T) x E	1	95,96**	627,27**	87552,48**
Erro efetivo médio	450	2,72	22,21	2191,53
Média		53,57	89,92	358,86
CV (%)		3,08	5,24	13,04

** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo.

4.2 Avaliação dos experimentos do ciclo II

As análises de variância individuais para as características avaliadas nos ambientes de verão e inverno, no segundo ciclo de seleção recorrente estão apresentadas na Tabela 7. Foram detectadas diferenças significativas entre famílias para todas as características (P≤0,01), tanto no ambiente de verão, quanto no de inverno, demonstrando haver variabilidade genética nas duas épocas de semeadura (Tabela 7).

O contraste famílias versus testemunhas apresentou significância para o caráter floração nos dois ambientes e para altura de plantas no ambiente de verão (P≤0,05). Para

altura de plantas na época de inverno e produtividade de grãos nas duas épocas não foram detectadas diferenças significativas (Tabela 7), indicando que as médias de famílias e testemunhas não diferem estatisticamente nas referidas condições.

A precisão experimental avaliada pelos coeficientes de variação (CV%) encontra-se dentro de níveis aceitáveis. Os caracteres floração e altura de plantas apresentaram CV% de baixa magnitude, variando de 1,63% a 7,54%, considerando os dois ambientes. Para o caráter produtividade de grãos, o CV% foi maior (25,33% no ambiente de verão e 18,53% no ambiente de inverno) (Tabela 7), no entanto estes valores são aceitáveis para ensaios agrícolas de produtividade de grãos (Lucio et al., 1999).

A eficiência relativa do delineamento em látice variou de 2% a 18% (Tabela 7). Embora estes valores evidenciem a maior eficiência deste delineamento, esta não foi de grande magnitude. Isto ocorreu em virtude da homogeneidade da área onde os experimentos foram conduzidos.

As características floração, altura de plantas e produtividade de grãos apresentaram médias de 43 dias, 73 cm e 269 g/1,67 m^2 para o ambiente de verão e de 67 dias, 114 cm e 459 g/1,67 m^2 para o ambiente de inverno, respectivamente (Tabela 7). Todos os caracteres apresentaram redução quando se comparou a condição de verão em relação ao inverno.

É oportuno destacar a elevada altura das plantas quando cultivadas no ambiente de inverno, principalmente entre as famílias, visto que algumas apresentaram altura superior a 135 cm. Este caráter é relevante no processo de seleção, pois condições favoráveis ao alto porte das plantas, podem também favorecer o acamamento, com reflexos negativos na produtividade de grãos. Singh e Chaudhary (2006) enfatizam este aspecto, pois verificaram que a seleção de plantas de trigo de porte baixo foi mais eficiente sob condições irrigadas (sem estresse). Quando a seleção se dava sob condições desfavoráveis, as plantas mais produtivas eram as mais altas no ambiente sem estresse.

Nas análises de variâncias conjuntas para as características avaliadas constatou-se diferença significativa entre as épocas, entre famílias e para a interação entre as famílias e as épocas ($P \leq 0,01$) (Tabela 7). Para o contraste famílias versus testemunhas constatou-se interação com as épocas apenas para o caráter floração. Os coeficientes de variação da análise conjunta também indicaram precisão experimental aceitável (Lucio et al., 1999), variando de 3,30 a 21,17%.

Os quadrados médios para o efeito de época de semeadura (ambiente) foram os mais importantes, apresentando alta magnitude em todos os caracteres, assim como no ciclo

anterior. Isto evidencia que o efeito de época de semeadura foi suficiente para provocar mudanças significativas no comportamento médio das famílias (Tabela 7).

As estimativas da parte simples e complexa, resultantes da decomposição da interação, são apresentadas na Tabela 7. Constatou-se que a interação entre as duas épocas de semeadura foi predominantemente de natureza complexa e, conseqüentemente, proporciona dificuldade no processo de seleção (Cruz et al., 2004).

O desdobramento de famílias dentro de cada população, que reflete o grau de variabilidade genética dentro das populações, apresentou significância para a maioria das características nos dois ambientes e também para o efeito de populações. Vale ressaltar que para o caráter produtividade de grãos não foi constatada variabilidade nas populações um, três e seis na análise conjunta (Tabela 8). Entretanto, considerando as demais populações, espera-se que seja possível extrair linhagens superiores.

TABELA 7. Resumo das análises de variâncias individuais (verão e inverno) e conjunta (médias de ambientes) de diferentes caracteres para famílias e testemunhas de trigo avaliados em Viçosa–MG, em 2007

Fontes de Variação	G.L.	QM		
		Floração (dias)	Altura (cm)	Produtividade (g/1,67m^2)
		VERÃO		
Genótipos	255	37,43**	150,89**	12445,64**
Famílias (F)	239	36,26**	142,26**	12698,09**
Testemunhas (T)	15	43,89**	289,55**	9158,06*
F vs T	1	222,00**	134,59*	1423,98ns
Erro efetivo	225	5,39	30,30	4629,87
Média		42,86	73,01	268,60
CV (%)		5,42	7,54	25,33
Eficiência do látice		102,36	117,17	106,15
		INVERNO		
Genótipos	255	9,01**	207,84**	16477,15**
Famílias (F)	239	9,00**	199,97**	16234,40**
Testemunhas (T)	15	6,81**	332,11**	21413,56**
F vs T	1	44,18**	223,72ns	449,47ns
Erro efetivo	225	1,19	72,64	7221,83
Média		66,93	114,01	458,68
CV (%)		1,63	7,48	18,53
Eficiência do látice		102,02	102,35	117,59
		CONJUNTA		
Épocas (E)	1	148273,56**	430377,41**	9249820,47**
Genótipos (G)	255	28,69**	273,92**	19184,56**
Famílias (F)	239	27,99**	255,15**	19276,52**
Testemunhas (T)	15	26,28**	567,79**	18989,28**
F vs T	1	232,13**	352,69**	136,70ns
G x E	255	17,75**	84,81**	9738,23**
F x E	239	17,26**	87,08**	9655,97**
T x E	15	24,54**	53,88ns	11582,34*
(F vs T) x E	1	33,93**	5,53ns	1736,66ns
Erro efetivo médio	450	3,29	51,47	5925,85
Média		54,89	93,51	363,64
CV (%)		3,30	7,67	21,17
Interação(%)	Parte Simples	26	3	1
	Parte Complexa	74	97	99

** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo.

TABELA 8. Resumo das análises de variâncias conjuntas de diferentes caracteres para famílias, populações e testemunhas de trigo avaliados nas épocas de verão e inverno de 2007, em Viçosa–MG

Fontes de Variação	G.L.	QM		
		Floração (dias)	Altura (cm)	Produtividade (g/1,67m^2)
Épocas (E)	1	148273,56**	430377,41**	9249820,47**
Genótipos	255	28,69**	273,92**	19184,56**
Famílias (F)	239	27,99**	255,15**	19276,52**
Populações (P)	7	252,21**	1320,36**	272914,32**
F/P1	29	12,80**	97,78**	8034,67ns
F/P2	29	24,10**	130,55**	19636,24**
F/P3	29	23,21**	255,67**	8646,61ns
F/P4	29	24,41**	319,65**	19365,49**
F/P5	29	14,32**	312,29**	9227,00*
F/P6	29	27,20**	306,85**	8803,08ns
F/P7	29	19,41**	181,22**	9604,89*
F/P8	29	24,38**	180,09**	9671,24*
Testemunhas (T)	15	26,18**	567,79**	18989,28**
F vs T	1	232,13**	352,69**	136,70ns
Genótipos x Épocas	255	17,75**	84,81**	9738,23**
F x E	239	17,26**	87,08**	9655,97**
P x E	7	285,93**	344,28**	24836,13**
F/P1 x E	29	6,85**	47,30ns	9840,22*
F/P2 x E	29	14,69**	65,15ns	13411,97**
F/P3 x E	29	13,11**	78,15*	6979,50ns
F/P4 x E	29	11,08**	75,34ns	5530,50ns
F/P5 x E	29	5,47*	153,47**	12519,42**
F/P6 x E	29	5,65*	111,23**	7521,30ns
F/P7 x E	29	7,13**	72,36ns	6972,49ns
F/P8 x E	29	9,24**	31,58ns	10808,23**
T x E	15	24,54**	53,88ns	11582,34*
(F vs T) x E	1	33,93**	5,53ns	1736,66ns
Erro efetivo médio	450	3,29	51,47	5925,85
Média		54,89	93,51	363,64
CV (%)		3,30	7,67	21,17

** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo.

4.3 Caracterização dos ambientes de condução dos experimentos em relação à temperatura

A elevação da temperatura influenciou o total de graus-dia acumulados pelas plantas, necessitando de menos dias para atender às exigências de soma térmica em ambos os ciclos de seleção recorrente.

Em relação ao ciclo I, constatou-se que na semeadura de verão, as plantas de trigo foram submetidas em todas as fases de desenvolvimento, à condições adversas de

temperatura. Neste ambiente as médias das temperaturas foram superiores as médias na semeadura de inverno para todos os estádios de desenvolvimento da cultura (Tabela 9).

No ciclo II não ocorreram diferenças acentuadas entre as médias de temperatura na fase de florescimento-maturação considerando as duas épocas de semeadura avaliadas (Tabela 9). Isto indica que as plantas de trigo sofreram estresses térmicos semelhantes na fase de enchimento de grãos (florescimento-maturação), não sendo esta fase a determinante das diferenças entre os dois ambientes. Dessa forma, as diferenças entre as duas épocas de semeadura foram devidas, principalmente, ao estresse de calor nas fases iniciais, isto é, da semeadura ao florescimento. Alguns estudos relatam que os efeitos do estresse térmico podem ser observados já na fase de germinação e emergência das plântulas (Blum e Sinmena, 1994; Cargnin et al., 2006b).

Deveria se atentar também para o efeito do fotoperíodo sobre o comportamento dos genótipos, uma vez que na semeadura de verão o comprimento do dia é maior do que na semeadura de inverno. Contudo, Souza e Ramalho (2001) não constataram influência do fotoperíodo sob plantas de trigo, uma vez que os genótipos avaliados apresentaram floração sob semelhantes somas térmicas, em ambientes com e sem estresse de calor. De modo geral, as cultivares de trigo recomendadas para o Brasil, não apresentam resposta ao fotoperíodo sendo os processos de desenvolvimento das plantas controlados, principalmente, pelo efeito da temperatura (Pedro Júnior et al., 2004).

TABELA 9. Temperaturas médias (mínima, média e máxima), em diferentes fases de desenvolvimento de plantas de trigo no verão e inverno de 2004, em Coimbra–MG (ciclo I), e no verão e inverno de 2007, em Viçosa–MG (ciclo II)

CICLO I			
Fases do ciclo	**Verão (a)**	**Inverno (b)**	**b - a**
Emergência - Início do Perfilhamento			
Temperatura (°C)			
Média	22,1	17,4	-4,7
Mínima	19,0	14,0	-5,0
Máxima	27,4	23,1	-4,3
Início do Perfilhamento - Florescimento			
Temperatura (°C)			
Média	21,7	16,8	-4,8
Mínima	18,3	13,1	-5,2
Máxima	27,6	23,1	-4,4
Florescimento - Maturação			
Temperatura (°C)			
Média	21,2	16,5	-4,7
Mínima	17,6	12,3	-5,4
Máxima	27,1	23,4	-3,8
Ciclo total			
Temperatura (°C)			
Média	21,6	16,9	-4,8
Mínima	18,3	13,1	-5,2
Máxima	27,4	23,2	-4,2
CICLO II			
Fases do ciclo	**Verão (a)**	**Inverno (b)**	**b – a**
Emergência - Início do Perfilhamento			
Temperatura (°C)			
Média	22,3	16,2	-6,1
Mínima	17,6	10,7	-7,0
Máxima	29,7	25,0	-4,7
Início do Perfilhamento - Florescimento			
Temperatura (°C)			
Média	22,4	17,1	-5,3
Mínima	18,1	11,2	-6,9
Máxima	29,6	25,9	-3,7
Florescimento - Maturação			
Temperatura (°C)			
Média	18,7	20,1	1,4
Mínima	14,2	14,3	0,1
Máxima	26,0	27,9	1,9
Ciclo total			
Temperatura (°C)			
Média	21,1	17,8	-3,3
Mínima	16,6	12,1	-4,5
Máxima	28,4	26,3	-2,1

4.4 Estimação de parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos estão apresentadas na Tabela 10. Constatou-se que as estimativas da variância genotípica entre famílias ($\hat{\sigma}^2_{G_F}$), apresentaram valores de alta magnitude nos dois ciclos seletivos. Isso indica que a variabilidade foi liberada a cada ciclo de recombinação e, sobretudo, que ainda há variabilidade para se continuar efetuando a seleção recorrente.

A variabilidade entre as famílias também foi confirmada pelas estimativas da herdabilidade (h^2). A estimativa da h^2 para produtividade de grãos foi maior que 56% em todos os casos, valor este considerado relativamente alto (Da Silva et al., 2008). Para altura de plantas, a menor estimativa foi sempre maior que 64%, e para floração sempre maior que 85% (Tabela 10). Em todos os casos o limite inferior, com 95% de probabilidade, foi positivo.

Convém mencionar que as estimativas da h^2 são no sentido amplo, contudo, considerando que a dominância para essas características não é expressiva, infere-se que grande parte da variância presente no numerador da h^2 deve ser aditiva. A comparação das estimativas de herdabilidade nem sempre é válida porque depende da população considerada, do número de famílias avaliadas, das condições ambientais, do tamanho da parcela, da precisão experimental, entre outros (Cordeiro, 2001). Entretanto, os valores obtidos são semelhantes aos relatados na literatura (Camargo et al., 2000; Da Silva et al., 2008).

A estimativa do componente de variância da interação famílias x épocas ($\hat{\sigma}^2_{FxE}$) diferiu entre os dois ciclos para o caráter produtividade de grãos, sendo que foi proporcionalmente superior a $\hat{\sigma}^2_{G_F}$ no ciclo I (Tabela 10).

A produtividade de grãos, para a maioria das grandes culturas, é a característica mais importante em um programa de melhoramento genético. Sendo assim, é necessário que exista variabilidade genética para essa característica entre as populações e também entre as famílias dentro das populações, a fim de possibilitar a realização da seleção e obter progresso ao praticá-la.

Dessa forma, a contribuição relativa de cada população para a variância total entre as famílias permite identificar às populações que apresentam elevada variabilidade em

ambas as épocas de semeadura, bem como, se há populações que apresentam variabilidade apenas em determinadas condições de ambiente.

Com relação ao ciclo I, verifica-se que no ambiente de inverno (Tabela 11) às populações, Pioneiro/BRS207 e BRS207/Anahuac apresentaram as maiores contribuições para a variação total de famílias dentro das populações, associada à elevada produtividade de grãos. Por outro lado, em condições de verão estas populações apresentam produtividade inferior e baixa contribuição relativa para a variância, evidenciando o efeito do estresse de calor sobre suas famílias. Isto é explicado, visto que os genitores BRS207 e Pioneiro são recomendados para o cultivo irrigado (semeadura de inverno) na região do Brasil-Central.

Esta constatação é corroborada pelo número de famílias entre as mais produtivas nos dois ambientes, uma vez que as referidas populações apresentaram grande número de famílias entre as mais produtivas no ambiente de inverno, contudo esse número foi menor no ambiente de verão (Tabela 12).

Existem populações, como é o caso de BH1146/BR24 e de BR24/Aliança que apresentam variabilidade constante nas duas épocas de semeadura, ou seja, estabilidade na contribuição relativa da variância nos dois ambientes, contudo os valores foram de baixa magnitude (Tabela 11).

A população ideal seria aquela com ampla variabilidade genética no inverno sem que ocorresse redução no verão. Com base nesta evidência, a população EP93541/CPAC9662, apresentou variabilidade no inverno e a maior variabilidade no verão (Tabela 11), demonstrando ser uma população de grande potencial para a seleção de famílias superiores nas duas épocas de semeadura da cultura do trigo. Além disso, esta população apresentou um grande número de famílias entre as mais produtivas nos dois ambientes (Tabela 12).

As médias das populações segregantes para o caráter produtividade de grãos nas duas épocas de semeadura são apresentadas na Tabela 11. Nenhuma população obteve produtividade superior em ambas às épocas de semeadura, evidenciando o efeito de época de semeadura sobre a produtividade de grãos. Porém, as populações Aliança/EP93541 e EP93541/CPAC9662, destacaram-se por terem apresentado produtividades intermediárias no inverno e as maiores produtividades no verão, revelando boa tolerância ao calor.

Em relação ao ciclo II, no qual foram recombinadas famílias oriundas de quatro genitores, verifica-se que a população BR24/Aliança//EP93541/CPAC9662, apresentou a maior contribuição para a variação total de famílias dentro das populações nos dois

ambientes (Tabela 11), além de ter apresentado variabilidade de mesma magnitude nas duas épocas de semeadura, ou seja, estabilidade na contribuição relativa da variância nos dois ambientes.

Esta população aproxima-se da população ideal, uma vez que apresenta ampla variabilidade genética no inverno sem ocorrência de redução no verão. Além disso, apresentou grande número de famílias entre as mais produtivas nas duas épocas de semeadura, demonstrando ser uma população com tolerância a alta temperatura e de grande potencial para a seleção de famílias superiores nas duas épocas de semeadura da cultura do trigo. Um incoveniente, é que todos os genitores desta população apresentam porte alto. A média de altura de plantas para esta população foi de 80 cm no ambiente de estresse de calor e 117 cm no ambiente favorável (inverno).

As médias das populações segregantes no segundo ciclo de seleção recorrente para o caráter produtividade de grãos nos dois ambientes são apresentadas na Tabela 10. De forma semelhante ao ciclo anterior, nenhuma população obteve produtividade superior em ambas às épocas de semeadura. Entretanto, a população BH1146/BR24//Aliança/EP93541, destacou-se por ter apresentado a maior produtividade no verão e produtividade intermediária no inverno, caracterizando tolerância ao estresse de calor. Além disso, apresentou uma das maiores contribuições para variância entre famílias dentro de populações no ambiente de verão. Vale ressaltar, que essa população possui grande número de famílias entre as mais produtivas nos dois ambientes (Tabela 12).

Como um indicativo do progresso genético, foi calculado o desvio da média das famílias em relação à média das testemunhas comuns (D.) para cada uma das épocas de semeadura e nos dois ciclos seletivos. Constatou-se que os desvios foram superiores para o ciclo II na maioria dos casos (Tabela 10), exceto para produtividade de grãos no ambiente de verão e floração nas duas épocas de semeadura. Infere-se, portanto que a seleção recorrente foi eficiente para aumentar a produtividade de grãos considerando os dois ambientes (análise conjunta), porém as plantas estão se tornando excessivamente altas. Além disso, a ausência de ganho em produtividade no ambiente de verão merece atenção uma vez que este fato não era esperado. Contudo deve ser comentado, que no segundo ciclo as famílias são oriundas do intercruzamento de quatro genitores, o que poderia ter diluído o efeito de genitores tolerantes ao calor na formação das populações.

Considerando o desvio da média das melhores famílias em relação à média das testemunhas comuns (D. 20%+) para o caráter produtividade de grãos, verificou-se que os

desvios foram maiores para o segundo ciclo nas duas épocas de semeadura e na análise conjunta, o que também evidencia a eficácia do processo seletivo no programa de seleção recorrente para tolerância ao calor em trigo.

TABELA 10. Estimativas de parâmetros genéticos de 240 famílias de trigo para os caracteres floração (FLO), altura de plantas (ALT) e produtividade de grãos (PRO) nas épocas de verão, inverno e na média de épocas (conjunta), nos dois ciclos de seleção recorrente para tolerância ao calor em Coimbra-MG (ciclo I) e Viçosa-MG (ciclo II)

Caracteres	**Épocas**	**Parâmetros genéticos**[1/]							
		$\hat{\sigma}^2_{G_F}$	$\hat{\sigma}^2_e$	$\hat{\sigma}^2_{FxE}$	h^2	LI	LS	D.	D.(20%+)
				CICLO I					
FLO	Verão	8,31	1,48	-----	0,85	0,80	0,88	0,37	-----
	Inverno	10,45	1,25	-----	0,89	0,86	0,92	-0,82	-----
	Conjunta	7,18	1,36	2,20	0,91	0,89	0,93	-0,22	-----
ALT	Verão	56,23	12,91	-----	0,81	0,76	0,86	-5,58	-----
	Inverno	135,54	9,31	-----	0,94	0,92	0,95	-1,01	-----
	Conjunta	81,53	11,11	14,35	0,94	0,92	0,95	-3,30	-----
PRO	Verão	2619,05	417,97	-----	0,86	0,82	0,89	9,87	93,66
	Inverno	16753,02	1773,56	-----	0,90	0,88	0,93	-83,42	114,08
	Conjunta	4566,16	1096,77	5119,90	0,89	0,87	0,91	-36,37	65,69
				CICLO II					
FLO	Verão	15,44	2,70	-----	0,85	0,81	0,89	-0,81	-----
	Inverno	3,91	0,60	-----	0,87	0,83	0,90	-1,14	-----
	Conjunta	6,18	1,65	3,49	0,88	0,85	0,91	-0,98	-----
ALT	Verão	55,98	15,15	-----	0,79	0,72	0,84	0,41	-----
	Inverno	63,67	36,32	-----	0,64	0,53	0,72	3,06	-----
	Conjunta	50,92	25,74	8,90	0,80	0,75	0,84	1,74	-----
PRO	Verão	4034,11	2314,94	-----	0,64	0,53	0,72	-18,4	98,69
	Inverno	4506,29	3610,92	-----	0,56	0,42	0,66	-14,34	116,44
	Conjunta	3337,67	2962,93	932,53	0,69	0,61	0,75	-16,39	88,01

[1/] $\hat{\sigma}^2_{G_F}$: variância genotípica; $\hat{\sigma}^2_e$: variância ambiental; $\hat{\sigma}^2_{FxE}$: variância da interação famílias por épocas; h^2: herdabilidade no sentido amplo; LI e LS: limite inferior e superior das estimativas de herdabilidade; D.: Desvio da média das famílias em relação a média das testemunhas comuns; D. (20%+): Desvio da médias das 48 melhores famílias (20%) em relação a média das testemunhas comuns.

TABELA 11. Contribuição relativa de cada população segregante na variância total e média das famílias para produtividade de grãos, nas épocas de verão, inverno e na análise conjunta, considerando os dois ciclos de seleção recorrente, em Coimbra-MG, 2004 (ciclo I) e Viçosa-MG, 2007 (ciclo II)

CICLO I						
Populações	Produtividade de grãos					
	% na variância total			Médias		
	Verão	Inverno	Conjunta	Verão	Inverno	Conjunta
BH1146/BR24	9,00	9,00	12,65	263	324	294
BR24/Aliança	10,60	6,53	9,47	248	361	305
Aliança/EP93541	16,88	6,66	7,25	306	476	391
EP93541/CPAC9662	20,06	15,44	16,52	267	487	377
CPAC9662/Pioneiro	10,48	13,46	8,86	237	508	373
Pioneiro/BRS207	7,18	21,54	14,01	205	572	389
BRS207/Anahuac	13,79	17,64	20,09	237	642	440
Anahuac/BH1146	12,00	9,72	11,14	227	367	297

CICLO II						
Populações	Produtividade de grãos					
	% na variância total			Médias		
	Verão	Inverno	Conjunta	Verão	Inverno	Conjunta
BH1146/BR24//Aliança/EP93541	16,08	7,39	8,64	343	486	415
BR24/Aliança//EP93541/CPAC9662	19,62	19,98	21,12	335	522	429
Aliança/EP93541//CPAC9662/Pioneiro	7,01	10,86	9,30	276	459	368
EP93541/CPAC9662//Pioneiro/BRS207	14,44	15,26	20,83	260	470	365
CPAC9662/Pioneiro//BRS207/Anahuac	9,43	15,32	9,92	208	372	290
Pioneiro/BRS207//Anahuac/BH1146	11,88	8,50	9,47	192	417	305
BRS207/Anahuac//BH1146/BR24	7,61	11,42	10,33	265	454	360
Anahuac/BH1146//BR24/Aliança	13,93	11,27	10,40	263	488	376

TABELA 12. Número de famílias entre as 50 mais produtivas (50+) e entre as 25 mais produtivas (25+) de cada população segregante, nas épocas de verão, inverno e na análise conjunta, considerando os dois ciclos de seleção recorrente, em Coimbra-MG, 2004 e Viçosa-MG, 2007

CICLO I						
Populações	Produtividade de grãos					
	Verão		Inverno		Conjunta	
	(50+)	(25+)	(50+)	(25+)	(50+)	(25+)
BH1146/BR24	7	1	1	0	1	0
BR24/Aliança	5	4	0	0	1	0
Aliança/EP93541	18	12	2	0	7	3
EP93541/CPAC9662	11	4	6	1	8	4
CPAC9662/Pioneiro	4	2	5	2	5	1
Pioneiro/BRS207	0	0	15	6	8	5
BRS207/Anahuac	4	1	21	16	20	12
Anahuac/BH1146	1	1	0	0	0	0

CICLO II						
Populações	Produtividade de grãos					
	Verão		Inverno		Conjunta	
	(50+)	(25+)	(50+)	(25+)	(50+)	(25+)
BH1146/BR24//Aliança/EP93541	15	10	8	1	13	6
BR24/Aliança//EP93541/CPAC9662	17	8	14	12	19	11
Aliança/EP93541//CPAC9662/Pioneiro	3	1	3	1	4	0
EP93541/CPAC9662//Pioneiro/BRS207	5	2	10	5	6	5
CPAC9662/Pioneiro//BRS207/Anahuac	1	0	2	0	0	0
Pioneiro/BRS207//Anahuac/BH1146	1	1	1	1	1	0
BRS207/Anahuac//BH1146/BR24	2	1	5	1	2	1
Anahuac/BH1146//BR24/Aliança	6	2	7	4	5	2

4.5 Relação entre características

A identificação de características para serem utilizadas como medida indireta no caráter principal, normalmente produtividade de grãos, tem se mostrado eficiente em ambientes nos quais a cultura não é afetada por estresse (Ceccarelli, 1991). Contudo, Singh e Chaudhary (2006) sugerem que, quando a variabilidade ambiental é alta, pode ocorrer um aumento na importância de determinada característica em promover ganhos na característica principal.

As estimativas de correlações genotípicas (r_g), fenotípicas (r_f) e de ambiente (r_a) para as características nas duas épocas de semeadura estão apresentadas na Tabela 12. Pode-se observar que a correlação genotípica entre altura de plantas e produtividade foi de 0,36 ($P \leq 0,05$) no ambiente de verão (estresse de calor), e de -0,67 ($P \leq 0,01$) no ambiente de inverno (condição favorável). Infere-se, portanto que a expressão dos genes destas duas características varia em função do estresse de calor ou que há o efeito de outras variáveis influenciando a correlação. Selecionar plantas de porte alto no ambiente de verão resultará em ganho em produtividade de grãos, porém se o objetivo for obter ganhos em produtividade no ambiente de inverno, deve-se selecionar plantas com menor estatura.

Esses resultados corroboram os de Singh e Chaudhary (2006), os quais verificaram que a seleção de plantas de trigo de porte baixo foi eficiente sob condições favoráveis. Isto é explicado, pois a elevada estatura das plantas tende a favorecer o acamamento, interferindo negativamente no rendimento de grãos, quando as plantas são cultivadas em ambientes favoráveis.

Considerando as correlações genotípicas entre floração e produtividade de grãos, verificou-se que elas foram positivas em ambos os casos, porém mais expressivas no ambiente de inverno. (Tabela 12). Infere-se, portanto, que os efeitos de ambiente influenciam em menor grau a relação entre essas características e os mesmos mecanismos fisiológicos devem controlar a expressão dos caracteres em ambos os ambientes.

As correlações ambientais variaram em função dos caracteres avaliados. Valores positivos indicam que os caracteres considerados são influenciados da mesma maneira pelas variações de ambiente. Quando negativas, o ambiente influencia uma característica de maneira positiva e a outra negativamente (Cruz et al., 2004).

TABELA 12. Correlações genotípica (r_g), fenotípica (r_f) e de ambiente (r_a) para as características floração (FLO), altura de plantas (ALT), produtividade de grãos (PRO) em genótipos de trigo nas épocas de verão e inverno, em Coimbra-MG, 2004

Correlações nos ambientes			
VERÃO			
		ALT	PRO
FLO	r_g	0,80++	0,16ns
	r_f	0,53**	0,13*
	r_a	-0,39++	-0,08ns
ALT	r_g		0,36+
	r_f		0,31**
	r_a		0,15ns
INVERNO			
FLO	r_g	-0,39++	0,42++
	r_f	-0,37**	0,37**
	r_a	-0,22ns	0,03ns
ALT	r_g		-0,67++
	r_f		-0,60**
	r_a		0,05ns

* e ** :Significativamente diferente de zero, pelo teste t, a 5% e a 1 % de probabilidade, respectivamente.
+ e ++: Significativamente diferente de zero, pelo teste de bootstrap, a 5% e a 1 % de probabilidade, respectivamente.
ns: não significativo.

5. Conclusões

Altas temperaturas acarretam em reduções na média das características no verão, em relação ao inverno;

Diferenças de temperatura foram determinantes nas variações das características entre os ambientes;

Há variabilidade genética para tolerância ao calor nas populações segregantes de trigo;

A existência de variabilidade genética entre as famílias no segundo ciclo seletivo, para os três caracteres, evidencia a possibilidade de se obter sucesso com a seleção nos ciclos seguintes;

Entre as populações segregantes mais promissoras, destacaram-se Aliança/EP93541 e EP93541/CPAC9662, no ciclo I; e BH1146/BR24//Aliança/EP93541 e BR24/Aliança//EP93541/CPAC9662 no ciclo II, as quais associam alta produtividade média, variabilidade genética e grande número de famílias entre as mais produtivas nas duas épocas de semeadura;

A época de semeadura influencia a relação entre as características.

6. Referências Bibliográficas

ACEVEDO, E; NACHIT, M; FERRARA, G.O. Effects of heat stress on wheat and possible selection tools for use in breeding for tolerance. In: WHEAT FOR THE NONTRADICIONAL WARM AREAS INTERNATIONAL CONFERENCE, 1990, Foz do Iguaçu. **Proceedings** ..., Mexico: CIMMYT, 1991. p.401-421.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, nov., 2004.

BEARZOTI, E. **Simulação de seleção recorrente assistida por marcadores moleculares em espécies autógamas**. Piracicaba: Esalq; 1997. 230p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), 1997.

BLUM, A.; SINMENA, B. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. **Field Crops Research**, v.37, n.3, p.185-191, 1994.

BLUM, A.; SINMENA, B.; MAYER, J.; GOLAN, G.; SHPILER, L. Stem reserve mobilisation supports wheat grain filling under heat stress. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, n.4, p.771–781, 1994.

BRUCKENER, P.L.; FROHBERG, R.C. Stress tolerance and adaptation in spring wheat, **Crop Science,** Madison, v 27, n.1, p.31-36, 1987.

BAUSKE, E.M.; KOLB, F.L.; HEWINGS, A.D.; CISAR, G. Modified recurrent selection for barley yellow dwarf virus tolerance in winter wheat. **Crop Science**, Madison, v. 34, p.371-375. 1994.

BUSCH, R.H.; KOFOID, K. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat. **Crop Science**, Madison, v.22, p.568-572. 1982.

CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FELICIO, J.C. Estimativas de herdabilidade e correlações quanto à produção de grãos e outras características agronômicas em populações de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, 2000.

CARGNIN, A. **Reação de genitores e populações segregantes de trigo ao estresse de calor.** 2005. 64p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.; ROCHA, V.S.; MACHADO, J.C.; PICCINI, E. Tolerância ao estresse térmico em genótipos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.8, p.1269-1276, ago., 2006a.

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.; DIAS, D.C.F.S.; MACHADO, J.C.; MACHADO, C.G.; SOFIATI, V. Tolerância ao estresse de calor em genótipos de trigo na fase de germinação. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.245-251, 2006b.

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.;FRONZA,V. Progress in breeding of irrigated wheat for the Cerrado region of Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.8, n.1, p.39-46, 2008

CASTRO, M.; PETERSON, C.J.; DALLA RIZZA, M.; DÍAZ DELLAVALLE, P.; VÁZQUEZ, D.; IBÁNES, V.; ROSS, A. **Influence of Heat Stress on Wheat Grain Characteristics and Protein Molecular Weight Distribution**. In: BUCK, H.T.; NISI, J.E.; SALOMÓN, N. [Eds.] Wheat Production in Stressed Environments - Proceedings of the 7th International Wheat Conference, December 2005, Mar del Plata, Argentina.

CECCARELLI, S.; ACEVEDO, E.; GRANDO, S. Breeding for yield stability in unpredictable environments, single traits, interaction between traits and architecture of genotypes. **Euphytica,** v.56, p.169–185, 1991.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra agrícola 2007/2008: grãos – Quinto levantamento, Fevereiro de 2008**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/5_levantamento_fev2008.pdf. Acesso em: 5 de Setembro de 2008. 26p.

CORDEIRO, A.C.C. **Número de intercruzamentos na eficiência da seleção recorrente na cultura do arroz.** 2001. 149 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

COMISSÃO CENTRO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Informações técnicas para a cultura de trigo na região do Brasil Central: safras 2005 e 2006**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2005. 85p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. v.1. 480p.

DA SILVA; J.A.G.; CARVALHO, F.I.F.; HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C.; BERTAN, I.; CAETANO, V.R.; SCHIMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; RIBEIRO, G.; BUSATO, C.C. Caráter *stay-green* e produtividade de grãos em trigo, **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, 2008.

DE KOEYER, D.L.; STUHMAN, D.D.; FULCHER, R.G.; POMERANKE, G.J. Effects of recurrent selection for grain yield on oat kernel morphology. **Crop Science,** Madison, v.33, n.5, p.924-928, 1999.

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

FISCHER, R.A. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. **Journal of Agricultural Science**, v.105, p.447-461, 1985.

FOKAR, M.; NGUYEN, H.T.; BLUM, A. Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermotolerance and its heritability. **Euphytica**, Wageningen, v.104, p.1-8, 1998.

FOUILLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GEPTS, P. [ed.]. **Genetic resources of *Phaseolus* bean.** Dordrecht: Klumer Academic Publichers, 1988. 611p.

GERALDI, I.O. Seleción recurrente em el mejoramiento de plantas. In: GUIMARÃES, E.P. [Ed.]. **Seleción recurrente em arroz.** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p.3-11.

GIL, S.P.; MANERA, G.; DUBLIS, M.E.; MAICH, R.H. Spike changes associated to six cycles of recurrent selection in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Agriscientia,** Córdoba, v.10, p. 95-98, 2003.

HALLAUER, A.R. Recurrent selection in maize. **Advanced in Agronomy.** p.115-179, 1992.

HULL, F.H. Recurrent selection for specific combining ability in corn. **Journal of the American Society of Agronomy,** Madison, v.37, n.2, p.134-145, 1945.

HARDING, S.A.; GUIKEMA, J.A.; PAULSEN, G.M., Photosynthetic decline from high temperature stress during maturation of wheat. II. Interaction with Source and Sink Processes. **Plant Physiology**, v.92, n.3, p.654–658, 1990.

IBRAHIM, A.M.H.; QUICK, J.S. Heritability of heat tolerance in winter and spring wheat. **Crop Science**, v.41, p.1401-1405, 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability**. MACCARTHY, J.J.; CANZIANI, O.F.; LEARY, N.A.; DOKKEN, D.J.; WHITE, K.S. [Eds.]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 1032p.

JIANG, G.; WU, Z.; HUANG, D. Effects of recurrent selection for resistance to scab (Gibberella zeae) in wheat. **Euphytica**, Netherlands, v.72, p.107-113, 1994.

KHANNA-CHOPRA, R.; VISWANATHAN, C. Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of *T. aestivum* and related especies. I. Stability in yield and yield components. **Euphytica**, Wageningen, v.106. n.2, p.169-180, 1999.

KNAPP, S.J.; STROUP, W.W.; ROSS, W.M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science,** Madison, v.25, n.1, p.192-194, Jan./Feb. 1985.

LAL, M.; SINGH, K.K.; RATHORE, L.S.; SRINIVASAN, G.; SASEENDRAN, S.A. Vulnerability of rice and wheat yields in NW India to future changes in climate. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.89, p.101-114, 1998.

LIMA NETO, F.P. **Efeito de uma geração adicional de recombinação sobre a resposta à seleção recorrente em milho (*Zea mays* L.).** Piracicaba: Esalq, 1998. 150p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), 1998.

LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; BANZATTO, D.A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.5, n.1, p.99-103, 1999.

MARASSI, J.E.; MARASSI, M.A.; CHATEL, M.; BORRERO, J. Desarrollo de poblaciones de arroz en Argentina. In: **Seleción recurrente em arroz.** Goiânia: EMBRAPA Arroz e Feijão/CIAT, Cap.10, 1999.

MIDMORE, D.J.; CARTWRIGHT, P.M.; FISCHER, R.A. Wheat in tropical environments. II. Crop growth and grain yield. **Field Crops Research**, v.8, p.207-227, 1984.

MORAIS, O.P.; RANGEL, P.H.N. Melhoramento de arroz no Brasil. In: ABREU, A.F.B.; GONÇALVES, F.M.A.; MARQUES JR., O.G.; RIBEIRO, P.H.E. [Eds.]. SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/GEN, 1997. p.148-166.

MSTAT. **Microcomputer statistical program**. Michigan: Michigan State University, 1983.

NOTARO, M.; VAVRUS, S.; LIU, Z.Y. Global vegetation and climate changes due to future increases in CO2 as projected by a fully coupled climate model with dynamic vegetation. **Journal of Climate**, v.20, p.70-90, 2007.

OLIVEIRA, D.M. **Seleção em populações de trigo visando tolerância ao estresse de calor.** 2008. 60p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

OLMEDO-ARCEGA, O.B.; ELIAS, E.M.; CANTRELL, R.G. Recurrent selection for grain yield in durum wheat. **Crop Science**, Madison, v.35, p.714-719. 1995.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P.; MORAES, A.V.C.; FELÍCIO, J.C.; CASTRO, J.L. Temperatura-base, graus-dia e duração do ciclo para cultivares de triticale. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.447-453, 2004.

PIMENTEL GOMES, F. Coeficiente de variação. In: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". **Curso de estatística experimental.** Piracicaba, 1990. 7p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SANTOS, J.B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, n. 1/2, p. 23-29, July 2005a.

RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2005b. 322p.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; SANTOS, J.B. dos. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S. de; VALADARES-INGLIS, M.C. [Eds.]. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.

RANGEL, P.H.N.; NEVES, P.C.F. Seleción recurrente apliacada al arroz de riego em Brasil. In: GUIMARÃES, E.P. [Ed.]. **Seleción recurrente em arroz.** Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p.79-97.

REYNOLDS, M.P.; NAGARAJAN, S.; RAZZAQUE, M.A. AGEEB; O.A.A. Heat tolerance. In: REYNOLDS, M.P., ORTIZ-MONASTERIO, J.I.; McNAB, A. [Eds.]. 2001. **Application of Physiology in Wheat Breeding**., Mexico, D.F.: CIMMYT, p.124-135, 2001.

REYNOLDS, M.P., PIERRE, C.S., SAAD, A.S.I., VARGAS, M., CONDON, A.G. Evaluating Potential Genetic Gains in Wheat Associated with Stress-Adaptive Trait Expression in Elite Genetic Resources under Drought and Heat Stress. **Crop Science**, v.47: S-172-189, 2007.

ROSSI, R.M.; NEVES, M.F. **Estratégias para o trigo no Brasil**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2004. 224p.

SANTOS, M.F.; CÂMARA, T.M.M.; MORO, G.V.; COSTA, E.F.N.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Responses to selection and changes in combining ability after three cycles of a modified reciprocal recurrent selection in maize, **Euphytica**, Wageningen, v.157, n.1-2, p.185-194, 2007.

SCHIERMEIER, Q. The costs of global warming. **Nature**, v.439, p.374-375, 2006.

SHAH, N.H.; PAULSEN, G.M. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. **Plant and Soil**, v.257, p.219-226, 2003.

SHPILER, L.; BLUM, A. Differential reactions of wheat cultivars to hot environment. **Euphytica**, Dordrecht, v.35, n.2, p.483-492, 1986.

SILVA, F.B. **Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro tipo carioca**. 2006. 61 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SINGH, G.P.; CHAUDHARY, H.B. Selection parameters and yield enhancement of wheat (Triticum aestivum L.) under different moisture stress conditions. **Asian Journal of Plant Science**, v.5, n.5, p.894-898, 2006.

SIQUEIRA, O.J.W.; STEINMETZ, S.; FERREIRA, M.F.; COSTA, A.C.; WOZNIAK, M.A. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.311-320, 2000.

SOLANO, E.C. Seleción recurrente en arroz de riego em Colômbia. In: **Seleción recurrente em arroz.** Goiânia: EMBRAPA Arroz e Feijão/CIAT, Cap.7, 1999.

SOUZA, M.A. **Controle genético e resposta ao estresse de calor de cultivares de trigo**. 1999. 152p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

SOUZA, M.A.; RAMALHO, M.A.P. Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1245-1253, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de SANTARÉM, E.R. et al., 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

UPHOFT, M.D.; FEHR, W.R.; CIANZIO, S.R. Genetic gain for soyben seed yield by three recurrent selection methods. **Crop Science,** Madison, v.37, n.4, p. 1155-1158, 1997.

WERNER, B.K.; WILCOX, J.R. Recurrent selection for yield in *Glycine max* using genetic male-sterility. **Euphytica,** Wageningen, v.50, n.1, p.19-26, 1990.

WIERSMA, J.J.; BUSCH, R.H.; FULCHER, B.G.G.; HARELAND, G.A. Recurrent selection for kernel weight in spring wheat. **Crop Science,** Madison, v.41, n.4, p.999-1005, 2001.

WILD, M., OHMURA, A.; MAKOWSKI, K., Impact of global dimming and brightening on global warming, **Geophyisical Research Letters**, v.34*,* 2007.

YANG, J.; SEARS, R.G.; GILL, B.S.; PAULSEN, G.M. Growth and senescence characteristics associated with tolerance of wheat-alien amphiploids to high temperature under controlled conditions. **Euphytica**, Wageningen, v.126, n.2, p.185-193, 2002.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DIALÉLICA DO TEOR DE PROTEÍNAS EM TRIGO

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

RESUMO

MACHADO, Juarez Campolina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2008. **Análise dialélica do teor de proteínas em trigo.** Orientador: Moacil Alves de Souza. Co-orientadores: Cosme Damião Cruz e Mônica Ribeiro Pirozi.

A qualidade tecnológica de trigo para panificação está intrinsecamente relacionada à composição protéica. Uma farinha de alta qualidade deve possuir proteínas em quantidade e qualidade adequadas. Os objetivos do presente trabalho foram estimar os efeitos da heterose e da capacidade geral e específica de combinação para o teor de proteínas em trigo em um dialelo parcial e identificar genitores com alta freqüência de alelos favoráveis para a característica em questão. Para isto, foi conduzido um experimento em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, com o plantio realizado em fevereiro de 2008. Utilizaram-se 12 genitores, que foram estratificados em dois grupos, conforme suas aptidões de cultivo e qualidade dos grãos. A quantificação do teor protéico foi feita pelo Método de Kjeldahl. Realizou-se a análise de variância dialélica adaptada a dialelos parciais. No desdobramento dos efeitos de tratamento em capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I e II, capacidade específica de combinação (CEC) e de heterose, detectaram-se diferenças significativas para todas as fontes de variação, exceto para a fonte de variação Grupos. Verificou-se que a variabilidade referente aos efeitos de dominância, foi comparativamente maior que a aditiva. Em relação aos genitores do grupo I, destacou-se o BRS254, com alta freqüência de alelos favoráveis para o teor de proteínas em trigo relativas ao grupo que ele não pertence. Quanto aos genitores do grupo II destacaram-se o Aliança e o BRS207. A combinação híbrida mais promissora foi BRS207/BRS254 com o maior efeito da capacidade específica de combinação. Conclui-se sobre a predominância dos efeitos não-aditivos na determinação do teor de proteínas em trigo, contudo os efeitos aditivos também são importantes. Identificaram-se genitores e combinações híbridas com alta freqüência de alelos favoráveis para a característica em questão, os quais poderão ser utilizados em cruzamentos no programa de melhoramento para incrementar a qualidade tecnológica e nutricional dos grãos.

Termos de indexação: dialelo parcial, qualidade tecnológica, *Triticum aestivum* L.

ABSTRACT

MACHADO, Juarez Campolina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa. October, 2008. **Diallel analysis of protein content in wheat.** Adviser: Moacil Alves de Souza. Co-Advisers: Cosme Damião Cruz and Mônica Ribeiro Pirozi.

The technological quality of wheat for bread making is related to the protein composition. A flour of high quality should posses proteins in adequate quantity and quality. The objectives of the present work were to estimate the effects of heterosis and general and specific combining ability for protein content in wheat in a partial diallel and to identify parents with high frequency of favorable allels for the trait in question. For this, an experiment was carried out in a green house belonging to the Department of Fitotecnia at Universidade Federal de Viçosa, with the planting accomplished in February of 2008. Twelve parents were used; wich was classified in two groups, according to their cultivation aptitudes and quality of the grains. The quantification of the protein content was made by the Kjeldahl Method. The analysis of variance adapted to partial diallel was carried out. In the dismembering of the treatment effects in general combining ability (GCA) of the groups I and II, specific combining ability (SCA) and of the heterosis; significant differences were detected for all sources of variation, except for the source of variation Groups. It was verified that the variability regarding the dominance effects, was comparatively larger than the additive. In relation to the parents of group I, the BRS254 was the best with high frequency of favorable allels for the protein content in relation to the group that he doesn't belong to. As for the parents of the group II, Aliança and BRS207 stand out. The hybrid combination more promising was BRS207/BRS254 with the largest effect of the specific combining ability. It is concluded on the predominance of the non-additive effects in the expression of the protein content; however the additive effects are also important. Parents and hybrid combinations were identify with high frequency of favorable allels for the trait, which can be used in the cross breeding program to increase the technological and nutritional quality of the grains.

Indexation terms: partial diallel, technological quality, *Triticum aestivum* L.

1. Introdução

A qualidade tecnológica dos grãos de trigo é uma exigência das indústrias moageiras e panificadoras, para oferecer produto de boa qualidade que atenda os consumidores. O melhoramento da qualidade representa uma oportunidade de se agregar valor de mercado aos produtos agrícolas. No caso do trigo, existe forte relação entre a qualidade e o preço (Wrigley, 1994).

O maior volume da farinha de trigo comercializada no Brasil é destinado à fabricação de pães. Um dos fatores que exerce grande influência na qualidade do produto final para panificação é a composição protéica dos grãos (Schofield, 1994; Pena, 2005). Uma farinha de alta qualidade deve possuir proteínas em quantidade e qualidade adequadas (MacRitchie e Lafiandra, 1997).

Além da importância na qualidade tecnológica, a composição de proteínas das cultivares de trigo é um desafio importante para pesquisa visando o incremento da qualidade nutricional dos grãos. O aumento no teor protéico do trigo pode contribuir na diminuição das deficiências nutricionais, garantindo, dessa forma, maior segurança alimentar à população.

Para identificar genitores com expressão favorável de determinada característica, um método que auxilia os melhoristas, com base nos seus valores genéticos e, principalmente, em função da capacidade de se combinarem em híbridos e que produzam populações segregantes promissoras, é o de cruzamentos dialélicos (Ramalho et al., 1993). Contudo, o seu uso muitas vezes é limitado em virtude do grande número de cruzamentos necessários, sobretudo no caso do trigo, em que a técnica de hibridação artificial é demorada e trabalhosa. Além disso, nem sempre existe interesse na avaliação de todas as combinações possíveis do dialelo completo.

Nesse contexto, uma alternativa é a utilização do dialelo parcial, que possibilita a estimação da capacidade combinatória apenas dos cruzamentos de interesse e o emprego de maior número de genitores, de forma a maximizar as informações sobre os genótipos avaliados (Cruz et al., 2004).

Os objetivos do presente trabalho foram estimar os efeitos da heterose e da capacidade geral e específica de combinação para o teor de proteínas em trigo em um dialelo parcial e identificar genitores com alta freqüência de alelos favoráveis para a característica em questão.

2. Revisão de Literatura

2.1. As proteínas e a qualidade tecnológica do trigo

O potencial tecnológico do trigo depende da quantidade e da qualidade das proteínas presentes na farinha, sendo influenciado por fatores genéticos e pelas condições ambientais em que a planta é cultivada (Guarienti, 1993).

As proteínas de reserva correspondem a cerca de 5 a 8% do peso seco de grãos, e variações na quantidade e na composição das proteínas podem resultar, por exemplo, em alimentos mais nutritivos e, ou de melhor qualidade tecnológica (Kent, 1983).

Os principais componentes das proteínas de reserva são as gliadinas e gluteninas (Mandarino, 1993). As gliadinas conferem extensibilidade enquanto as gluteninas conferem elasticidade à massa. Essas proteínas são ditas formadoras do glúten e são as responsáveis pela estrutura do pão. O glúten forma uma rede tridimensional viscoelástica, insolúvel em água, que retém o gás carbônico produzido na fermentação da massa pelas leveduras, permitindo sua expansão (Kent, 1983). Assim, o trigo é um cereal cuja farinha possui características próprias e, portanto, é o único que apresenta aptidão panificadora (Ciacco e Chang, 1986; Tedrus et al., 2001).

As albuminas e globulinas também desempenham um importante papel no processo de panificação servindo como fonte protéica para as leveduras, durante a fermentação. Entretanto, elas não participam da formação da rede de glúten e, consequentemente, da estrutura do pão (Guarienti, 1993).

A formação da massa inicia com adição de água à farinha. As proteínas se hidratam e formam uma película impermeável e extensível. Entretanto, a massa formada não é somente uma mistura de proteínas e água, delas participam outros constituintes da farinha, como carboidratos e lipídeos, o que permite a formação de uma estrutura adequada para o processo de amassamento (Mandarino, 1993).

A etapa de amassamento é fundamental para que as proteínas passem gradualmente a uma estrutura linear adequada ao processamento. Quando o trabalho mecânico no processo de amassamento for insuficiente, não ocorrerá a organização apropriada das proteínas. Porém se houver excesso, as proteínas são desnaturadas (devido ao rompimento de suas cadeias), perdem a estrutura e, consequentemente, a capacidade panificadora (Pena, 2005).

Embora haja interação entre qualidade e quantidade, em uma mesma cultivar, as amostras de trigo, com maior teor de proteínas, possuem qualidade superior em comparação às de menor conteúdo protéico (Mandarino, 1993).

2.2. Genética das proteínas do trigo

A qualidade tecnológica de trigo para panificação está intrinsecamente relacionada à composição protéica dos grãos (MacRitchie e Lafiandra, 1997).

As proteínas dos cereais podem ser divididas em quatro classes de solubilidade de acordo com o procedimento de Osborne: albuminas (solúveis em água e tampões diluídos), globulinas (solúveis em solução salina diluída), prolaminas (solúveis em solução de álcool etílico) e glutelinas (solúveis em ácidos ou bases diluídas). Porém é mais apropriado classificá-las em função da estrutura molecular, localização no endosperma e controle genético. Em relação à estrutura molecular podem-se classificar as proteínas de trigo em dois grupos principais, monoméricas e poliméricas (MacRitchie e Lafiandra, 1997).

As proteínas monoméricas apresentam cadeias com ligações simples ou apenas ligações dissulfídicas intramoleculares. Entre elas estão as albuminas, globulinas e gliadinas.

Albuminas e globulinas são compostos de baixo peso molecular (< 30.000 Da). A composição de aminoácidos destas proteínas difere das demais por apresentarem baixa quantidade de ácido glutâmico e alto conteúdo de lisina (MacRitchie e Lafiandra, 1997; Gianibelli et al., 2001).

As gliadinas são prolaminas monoméricas que podem ser divididas α, β, γ, e ω gliadinas. A massa molecular varia de 30.000 a 40.000 Da para os tipos α, β e γ gliadinas, e de 60.000 a 80.000 Da para o tipo ω gliadina. São altamente polimórficas, podendo ser utilizadas na identificação de cultivares (MacRitchie e Lafiandra, 1997; Gianibelli et al., 2001). As gliadinas são similares na composição de aminoácidos, com níveis elevados de glutamina e prolamina e baixos níveis de lisina e outros aminoácidos sulfurados. Contudo, as ω gliadinas diferem dos outros tipos de gliadinas por não apresentarem cisteína.

Os genes que codificam para ω e γ gliadinas estão localizados em três locos: Gli-A1, Gli-B1 e Gli-D1, e ocorrem na mesma posição relativa no final do braço curto dos três cromossomos homeólogos (Figura 1) (Pogna et al., 1995). As α e β gliadinas, por sua vez são controladas por genes no cromossomo 6 (Figura 1).

As proteínas poliméricas apresentam ligações dissulfídicas intramoleculares e

intermoleculares formando cadeias compostas por subunidades. São considerados dois grupos principais, triticinas e gluteninas.

As triticinas são proteínas secundárias do endosperma depositadas em corpos protéicos formando trincas. Ocorrem no endosperma, agregado a HMW-GS nos complexos de glutenina. As triticinas, de acordo com a massa molecular, são formadas por quatro subunidades: D (58.000 Da); δ (22.000 Da); A (52.000 Da) e α (23.000 Da).

As gluteninas são proteínas poliméricas formadas por dois grupos de subunidades, as LMW-GS e as HMW-GS. As subunidades de gluteninas LMW-GS podem ser divididas em subunidade B com massa molecular igual a 40.000 Da e subunidade C com massa molecular igual a 50.000 Da (Singh e Shepherd, 1988).

Os genes que codificam para as subunidades de glutenina HMW-GS estão localizados no braço longo dos cromossomos 1A, 1B e 1D (Figura 1). Cada um desses locos contém dois genes, Glu 1-1 e Glu 1-2, os quais codificam para subunidades do tipo x e tipo y, respectivamente. Conseqüentemente, trigos hexaplóides, deveriam na teoria conter seis subunidades diferentes. Entretanto, o que realmente ocorre é que somente três, quatro ou cinco subunidades estão presentes nas cultivares de trigo hexaplóide, resultando no silenciamento de alguns genes. Todas as cultivares contém subunidades 1Bx, 1Dx e 1Dy, entretanto, algumas cultivares também apresentam uma subunidade 1By e, ou 1Ax (Payne e Lawrence, 1983).

Em contraste com as subunidades de gliadinas e gluteninas HMW-GS, as subunidades de glutenina LMW-GS são difíceis de serem analisadas, em razão da sobreposição com as gliadinas. Essas subunidades são controladas por genes nos locos Glu-A3, Glu-B3 e Glu-D3 nos braços cromossômicos 1AS, 1BS e 1DS, respectivamente (Figura 1).

Os genes que codificam para as subunidades de LMW-GS estão ligados aos genes de ω e γ gliadinas. A distância estimada é de 2 cM entre Glu-B3 e Gli-B1. Não há relatos de recombinação para as subunidades codificadas pelos cromossomos 1A e 1D (Pogna et al., 1995).

As propriedades viscoelásticas da massa de trigo são de extrema importância na determinação da qualidade de panificação, sendo essas propriedades resultantes da estrutura e interações das proteínas do glúten (Shewry e Tatham, 1997).

As gliadinas são geralmente correlacionadas às características de viscosidade e extensibilidade do glúten. Embora alguns autores associem gliadinas específicas com

qualidade de panificação, estas proteínas não devem ter efeito direto na qualidade do trigo em relação à força da massa (Gianibelli et al., 2001).

As subunidades de glutenina de alta massa molecular HMW-GS têm sido associadas à qualidade de panificação em função de serem as principais determinantes da elasticidade da massa. Payne et al. (1981), analisou várias progênies de cruzamentos entre cultivares de trigo e constatou que os alelos responsáveis pela produção das subunidades HMW-GS apresentaram efeito diferencial na qualidade do glúten. O loco Glu-D1 pode produzir os pares de subunidade 5+10, associadas à alta qualidade de panificação e o par de subunidades 2+12, associado à qualidade de panificação inferior. Estes resultados foram corroborados por Branlard e Dardevet (1985), os quais demonstraram que a força do glúten (W) está correlacionada positivamente com as subunidades 7+9 e 5+10, e negativamente com as bandas 2+12.

Pelo exposto, constata-se a importância de se levar em consideração nos trabalhos de avaliação da qualidade tecnológica de trigo, a composição e o teor protéico. O estudo da genética das proteínas do trigo facilita o direcionamento das pesquisas potencializando os ganhos a serem obtidos no incremento da qualidade tecnológica para produção de pães.

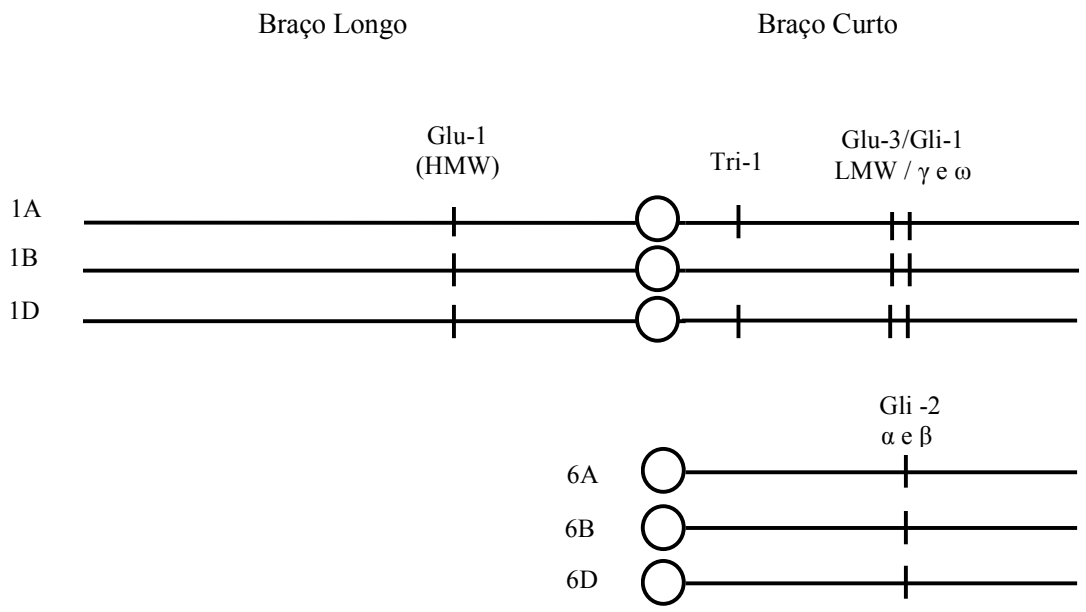

FIGURA 1. Localização dos genes que codificam para diferentes proteínas em trigos hexaplóides (Fonte: Adaptado de MacRitchie e Lafiandra (1997)).

2.3. Análise dialélica

Cruzamentos dialélicos são delineamentos genéticos em que n parentais são cruzados dois a dois (Cruz et al., 2004; Ramalho et al., 1993). Os procedimentos de análise dialélica objetivam a estimação de parâmetros úteis na seleção de genitores e na compreensão dos efeitos gênicos envolvidos na determinação das características (Cruz et al., 2004).

Entre os métodos mais utilizados, citam-se os propostos por Griffing (1956), pelos quais são estimados os efeitos da capacidade geral e específica de combinação; o método proposto por Gardner e Eberhart (1966), no qual são avaliados os efeitos de variedades e heterose e o proposto por Hayman (1954), que fornece informações sobre os mecanismos básicos de herança da característica em estudo, dos valores genéticos e do limite de seleção.

Nos vários métodos de análise dialélica que foram propostos, as combinações híbridas são avaliadas em experimentos com repetições e as médias dos tratamentos são utilizadas para formar uma tabela dialélica *n x n*. As n^2 combinações possíveis podem ser avaliadas, incluindo os genitores e seus híbridos recíprocos. Dessa forma, Griffing (1956) idealizou quatro possíveis métodos de análise (Tabela 1). No método 1 são analisados todos os cruzamentos possíveis, incluindo os genitores e os recíprocos; no método 2 são incluídos somente os genitores e os híbridos; no método 3 são incluídos apenas os híbridos e seus recíprocos e no método 4 somente os híbridos são utilizados na análise.

TABELA 1. Métodos de análise dialélica propostos por Griffing (1956)

Método	**Inclusão dos genitores**	**Inclusão dos recíprocos**	**Números de genótipos avaliados**
1	sim	sim	n^2
2	sim	não	$\frac{n(n+1)}{2}$
3	não	sim	$n(n-1)$
4	não	não	$\frac{n(n-1)}{2}$

Fonte: Adaptado de Wricke e Weber (1986).

Além dos métodos propostos por Griffing (1956), outros também foram sugeridos. O modelo de análise dialélica proposto por Gardner e Eberhart (1966) considera um

conjunto fixo de variedades e seus híbridos, tendo como base os efeitos de variedade e de heterose, sendo este último subdividido nos componentes: heterose média, heterose de variedades e heterose específica.

Apesar das diferenças existentes entre os procedimentos de análise dialélica de Griffing e Gardner e Eberhart, Cruz e Vencovsky (1989) demonstraram como os vários parâmetros se inter-relacionam e concluíram que os dois métodos são basicamente equivalentes na quantidade de informações genéticas que fornecem. Concluíram também que a estimativa de g_i (efeito da capacidade geral de combinação do genitor i) ainda é o melhor critério para a seleção de genitores. Nesse mesmo trabalho, os autores interpretaram o parâmetro s_{ii} (capacidade específica de combinação de um genitor com ele mesmo) e demonstraram que esse parâmetro é um importante indicador da existência de dominância unidirecional e de heterose varietal.

O método proposto por Hayman (1954) permite realizar a análise dialélica de gerações F_1 e, ou F_2, obtidas a partir de cruzamentos envolvendo genitores homozigóticos, sendo, um método refinado, de acentuado fundamento teórico, e muito informativo. A análise permite avaliar o sistema poligênico que contribui para a determinação da característica em estudo, possibilitando inferir a respeito do tipo de ação gênica existente e favorecendo o planejamento do programa de melhoramento.

Algumas variações metodológicas para a análise de dialelos foram sugeridas. Kempthorne e Curnow (1961) propuseram o método de cruzamentos dialélicos parciais, os quais envolvem dois grupos diferentes de genitores e seus respectivos cruzamentos. Geraldi e Miranda Filho (1988) modificaram um dos métodos de análise dialélica de Griffing (1956); Miranda Filho e Geraldi (1984) adaptaram a análise III de Gardner e Eberhart (1966), ambos para utilização em dialelos parciais. Cita-se também a adaptação a dialelos parciais do método de Hayman (1954), realizada por Viana et al. (1999).

Esses procedimentos apresentam, como principal vantagem, maior flexibilidade aos cruzamentos dialélicos, possibilitando o emprego de grande número de genitores, de forma a maximizar as informações sobre os genótipos estudados. Além disso, nem sempre existe interesse na avaliação de todas as possíveis combinações de um dialelo completo, principalmente diante da dificuldade de obtenção de número suficiente de sementes híbridas.

3. Material e Métodos

3.1. Material experimental

Foram avaliados 48 tratamentos, sendo doze linhagens utilizadas como parentais, as quais foram estratificadas em dois grupos contrastantes em relação à qualidade industrial dos grãos e à adaptação ao estresse de calor (Tabela 2), e os 36 híbridos resultantes do dialelo parcial.

As sementes híbridas foram obtidas em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (DFT/UFV), no ano de 2007.

TABELA 2. Identificação das linhagens de trigo utilizadas como parentais

Linhagem	Cruzamento	Classe	Origem
EMB22	VeerySib/3/KLTOSib/PAT19//Mochis/Jupateco	Melhorador	EMBRAPA
EMB42	LAP689/MS7936	Melhorador	EMBRAPA
BRS254	EMB22*3/Anahuac	Melhorador	EMBRAPA
BRS264	BUCK BUCK/CHIROCA//TUI	Melhorador	EMBRAPA
IAC24	IAS51/IRN597-70	Melhorador	IAC
IAC364	CM55517/CMR//BUCSIB/3/IAC24	Melhorador	IAC
Anahuac	II12300//Lerma Rojo 64/8156/3/Norteno 67	Pão	CIMMYT
Aliança	PF858/OCEPAR11	Pão	EPAMIG/UFV
BRS207	Seri 82/PF813	Pão	EMBRAPA
VI98053	-	Pão	UFV
Pioneiro	Veery 5/NACOZARI	Pão	UFV
IVI01041	TRAP#1/YACO/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ	Brando	UFV

3.2. Condução do experimento

Os genitores e seus híbridos foram avaliados em Viçosa-MG; em casa de vegetação pertencente ao DFT/UFV, no ano de 2008 sob condições de estresse de calor (semeadura em fevereiro). Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso com duas repetições. As

parcelas foram constituídas de um vaso com cinco plantas. Por ocasião da semeadura, foram distribuídas três sementes por cova, sendo realizado o desbaste quando as plantas apresentavam em torno de quatro a cinco folhas completamente expandidas, deixando uma planta por cova. As adubações de plantio e manutenção foram uniformes e de acordo com os resultados da análise de solo.

O caráter avaliado foi o teor de proteínas (%), quantificado pelo Método de Kjeldahl (AOAC, 1995). As amostras foram moídas e analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral do DFT/UFV. O teor de N obtido foi multiplicado por 5,7 que corresponde ao fator de conversão para proteína no trigo. Utilizaram-se duas repetições laboratoriais por amostra, e com a média foram realizadas as análises estatísticas.

3.3. Análises estatísticas

As análises dialélicas foram realizadas, primeiramente, conforme modelo de Geraldi e Miranda Filho (1988), para dialelo parcial adaptado do método de Griffing (1956). O modelo estatístico adotado nesta análise foi:

$$Y_{ij} = m + 1/2(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} é a média do cruzamento envolvendo o i-ésimo genitor do grupo I e o j-ésimo genitor do grupo II; ou do i-ésimo genitor do grupo I, com $Yij = Yii$; ou ainda do j-ésimo genitor do grupo II, com $Yij = Yjj$ (i = 1, 2, ... 6 e j = 1, 2, ... 6);

m é a média geral;

d_1 e d_2 são os contrastes envolvendo as médias dos grupos I e II e a média geral;

g_i é o efeito da capacidade geral de combinação do i-ésimo genitor do grupo I;

g'_j é o efeito da capacidade geral de combinação do j-ésimo genitor do grupo II;

s_{ij} é o efeito da capacidade específica de combinação;

e_{ij} é o erro experimental.

Realizou-se também a análise segundo o modelo de Miranda Filho e Geraldi (1984), para dialelo parcial, adaptado do método de Gardner e Eberhart (1966), como apresentado a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha d + 1/2(v_i + v'_j) + \theta(h + h_i + h'_j + s_{ij}) + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} é a média do cruzamento envolvendo o i-ésimo genitor do grupo I e o j-ésimo genitor do grupo II, com i = 1, 2, ... 6 e j = 1, 2, ... 6;

μ é a constante associada ao modelo;

d é a diferença entre as médias dos dois grupos de genitores;

v_i e v'_j são os efeitos varietais relativos aos grupos I e II, respectivamente;

h é a heterose média dos cruzamentos;

h_i e h'_j são os efeitos de heterose varietal relativos aos grupos I e II, respectivamente;

s_{ij} é a heterose específica do cruzamento entre os genitores *i* e *j*, dos grupos I e II, respectivamente;

e_{ij} é o erro experimental.

As variáveis indicadoras α e θ assumem os valores: α = 0 e θ = 1, para os híbridos; α = 1 e θ = 0, para os genitores do grupo I, com *Yij* = *Yii*; ou α = -1 e θ = 0, para os genitores do grupo II, com *Yij* = *Yjj*.

Realizou-se a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott (Scott e Knott, 1974), em nível de 5% de significância. Para todas as análises estatísticas foram utilizados os recursos computacionais do Programa GENES (Cruz, 2006).

4. Resultados e discussão

A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação (CV%) encontra-se dentro de nível adequado (CV% = 5,40), e semelhante ao relatado na literatura para o teor de proteínas em trigo (Souza et al., 2005; Santos, 2008).

Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentadas as análises dialélicas, adaptadas a dialelos parciais. Detectaram-se diferenças significativas entre os genótipos avaliados ($P \leq 0,01$), com média do conteúdo protéico variando de 9,62% a 17,99% (Tabela 5). Nos desdobramentos dos efeitos de tratamentos em capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I e II e capacidade específica de combinação (CEC), detectaram-se diferenças significativas para todas as fontes de variação ($P \leq 0,01$), exceto para fonte de variação Grupos. Infere-se, portanto, que os genitores avaliados diferem nas suas freqüências alélicas médias, contribuindo diferentemente para os cruzamentos em que eles estão envolvidos e que as combinações híbridas apresentam desempenho diferente do esperado somente pelos efeitos da CGC. É oportuno comentar que as freqüências alélicas de um grupo são relativas ao outro grupo de genitores.

A ausência de efeito significativo para a fonte de variação Grupos indica que os dois grupos de genitores não diferem entre si para o teor de proteínas, apesar de serem contrastantes na qualidade industrial dos grãos. Pode-se inferir, dessa forma, que somente o conteúdo de proteínas não é suficiente para caracterizar a qualidade tecnológica do trigo, necessitando de testes auxiliares. Nesse contexto, Pena (2005) relata a necessidade de utilizar procedimentos que permitam identificar às diferentes frações protéicas presentes nos genótipos em avaliação, para realmente caracterizar a qualidade tecnológica em trigo.

A heterose foi no sentido de aumentar o teor de proteínas. A média dos híbridos foi de 14,03% e dos genitores de 10,73%. No desdobramento da fonte de variação Heterose (CEC), observou-se significância para os efeitos de heterose média, heterose varietal dos grupos I e II e heterose específica ($P \leq 0,05$). Isto indica que as linhagens apresentam efeito heterótico diferente dentro de cada grupo e que existe efeito específico da heterose, evidenciando que os genitores são complementares e que há possibilidade de identificar combinações híbridas promissoras e com grande potencial de obter segregação trangressiva.

Verificou-se também que a variabilidade referente aos efeitos de dominância (CEC), foi comparativamente maior que a aditiva (CGC). Vale ressaltar que as estimativas das

capacidades gerais de combinação são funções das diferenças genéticas dos genitores e do efeito médio de substituição alélica no outro grupo, $CGC_i = (p_i - \bar{p})[a + (1 - 2\bar{t})d]$ ou $CGC_j = (p_j - \bar{p})[a + (1 - 2\bar{t})d]$, e estão associadas aos efeitos aditivos (Hallauer & Miranda Filho, 1988; Vencovsky, 1987). As capacidades específicas de combinação, por sua vez, são funções dos efeitos de dominância e do produto das diferenças de freqüências alélicas dos genitores de grupos opostos, $CEC = 2d[(p_i - \bar{p})(\bar{t} - t_i)]$, fazendo com que as mesmas estejam relacionadas aos efeitos de dominância e epistáticos (Hallauer & Miranda Filho, 1988; Vencovsky, 1987). A predominância dos efeitos não aditivos para o teor de proteínas em trigo, assim como constatado no presente trabalho, tem sido relatada na literatura (Kraljevic-Balalic et al., 1982; Mittelman et al., 2001).

TABELA 3. Resumo da análise dialélica, adaptada a dialelos parciais para teor de proteínas em trigo (%), conforme Geraldi e Miranda Filho (1988); Viçosa-MG, em 2008

F.V.	G.L.	Q.M.
Tratamentos	47	6,5373**
Grupos (GI *vs* GII)	1	0,0254ns
CGC (GI)	5	5,0784**
CGC (GII)	5	4,7822**
CEC	36	7,1645**
Resíduo	48	0,5091

** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo.

TABELA 4. Resumo da análise dialélica, adaptada a dialelos parciais para teor de proteínas em trigo (%), conforme Miranda Filho e Geraldi (1984); Viçosa-MG, em 2008

F.V.	G.L.	Q.M.
Tratamentos	47	6,5373**
Grupos (GI *vs* GII)	1	0,0254ns
Grupo I (GI)	5	5,0784**
Grupo II (GII)	5	4,7822**
Heterose (H)	36	7,1645**
H média	1	195,6571**
H GI	5	2,8829**
H GII	5	1,5357**
H específica	25	1,6069*
Resíduo	48	0,5091

** e *: significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns: não significativo.

TABELA 5. Média do teor de proteínas (%), obtidas na avaliação de genótipos de trigo, em Viçosa-MG, em 2008

	EMB22	**EMB42**	**BRS254**	**BRS264**	**IAC24**	**IAC364**	$\overline{X}$ Genitores
Anahuac	13,88c	12,38d	13,80c	13,41c	13,01c	14,35c	10,33e
Aliança	13,56c	14,04c	16,01b	14,83b	14,51c	13,41c	12,85c
BRS207	14,67b	13,72c	17,99a	15,85b	13,48c	13,72c	10,65e
VI98053	14,12c	13,72c	14,98b	13,41c	12,93c	15,14b	10,09e
IVI01041	13,96c	13,56c	15,30b	14,35c	13,01c	13,09c	10,65e
Pioneiro	13,72c	12,93c	13,65c	15,30b	13,48c	11,67d	9,62e
$\overline{X}$ Genitores	10,41e	11,04e	11,83d	9,62e	10,89e	10,80e	

[1/] Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott e Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Os efeitos da capacidade geral de combinação dos dois grupos de genitores estão apresentados na Tabela 6. Em relação aos genitores do grupo I destacou-se o BRS254, com alta freqüência de alelos favoráveis relativos ao outro grupo de genitores. Quanto aos genitores do grupo II destacaram-se o Aliança e o BRS207.

No extremo oposto, os genitores com menor efeito da capacidade geral de combinação foram IAC24 no grupo I e Pioneiro no grupo II, evidenciando que estes genitores apresentam menor freqüência de alelos favoráveis em relação aos genitores do outro grupo (Tabela 6).

A combinação híbrida mais promissora foi BRS207/BRS254 com maior efeito da capacidade específica de combinação (Tabela 6). Contudo os cruzamentos Aliança/BRS254 e BRS264/BRS207 também se destacaram por possuir pelo menos um dos genitores com alta estimativa da capacidade geral de combinação, além de efeito positivo da capacidade específica de combinação. Estas constatações são corroboradas pelos efeitos de variedade e heterose varietal apresentados na Tabela 7.

Em contrapartida, as combinações híbridas menos promissoras foram Anahuac/EMB42 e Pioneiro/IAC364, cujos genitores apresentam estimativas negativas de capacidade geral de combinação, associado a valores também negativos de capacidade específica de combinação (Tabelas 6 e 7).

Para aumentar o teor de proteínas em trigo devem-se priorizar cruzamentos entre linhagens de bom potencial genético e divergentes, os quais fornecem populações segregantes promissoras e potencialmente capazes de gerar famílias superiores.

TABELA 6. Efeitos da capacidade geral de combinação dos grupos I e II de genitores ($\hat{g}_i$ e $\hat{g}_j$) e da capacidade específica de combinação para o teor de proteínas em trigo (%), obtidos na avaliação de genótipos de trigo, em Viçosa-MG, em 2008

GENITOR	EMB22	EMB42	BRS254	BRS264	IAC24	IAC364	$\hat{g}_j$
Anahuac	1,18	-0,09	0,03	0,54	0,57	1,83	-0,41
Aliança	-0,20	0,51	1,18	0,91	1,00	-0,18	0,65
BRS207	1,04	0,32	3,36	2,05	0,10	0,26	0,52
VI98053	1,12	0,95	0,91	0,25	0,19	2,32	-0,11
IVI01041	0,95	0,78	1,22	1,18	0,26	0,26	-0,10
Pioneiro	1,17	0,61	0,02	2,56	1,19	-0,70	-0,56
$\hat{g}_i$	-0,10	-0,33	0,98	0,07	-0,35	-0,27	

Erro padrão ($\hat{g}_i$ e $\hat{g}_j$) = 0,1456

Desvio padrão ($\hat{s}_{ij}$) = 0,4548

TABELA 7. Efeitos de variedade (v_i e v'_j), e de heterose varietal (h_i e h'_j) dos grupos I e II de genitores para o teor de proteínas em trigo (%), obtidos na avaliação de genótipos de trigo, em Viçosa-MG, em 2008

Grupo I	v_i	h_i	Grupo II	v'_j	h'_j
EMB22	-0,35	0,13	**Anahuac**	-0,37	-0,37
EMB42	0,28	-0,77	**Aliança**	2,15	-0,71
BRS254	1,07	0,74	**BRS207**	-0,05	0,91
BRS264	-1,14	1,07	**VI98053**	-0,61	0,33
IAC24	0,12	-0,68	**IVI01041**	-0,05	-0,13
IAC364	0,04	-0,48	**Pioneiro**	-1,08	-0,03
Erro padrão	0,4606	0,2973	**Erro padrão**	0,4606	0,2973

5. Conclusões

Houve predominância dos efeitos não-aditivos na determinação do teor de proteínas em trigo, contudo os efeitos aditivos também são importantes.

A manifestação da heterose é no sentido de aumentar o conteúdo de proteínas.

Há possibilidade de identificar genitores e, ou combinações híbridas com alta freqüência de alelos favoráveis para a característica teor de proteínas em trigo.

Entre os genitores do grupo I, destacou-se o BRS254, com alta freqüência de alelos favoráveis relativas ao outro grupo de genitores. Entre os genitores do grupo II destacaram-se o Aliança e o BRS207.

A combinação híbrida mais promissora foi BRS207/BRS254 com o maior efeito da capacidade específica de combinação.

6. Referências Bibliográficas

AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of AOAC**. 16.ed. Arlington, Virginia, 1995. 1018p.

BRANLARD, G.; DARDEVET, M. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular subunits of glutenin and flour quality characteristics. **Journal of Cereal Science**. v.3, p.345-354, 1985.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Massas: tecnologia e qualidade.** São Paulo: Icone , 1986. 128 p.

CRUZ, C.D.; **Programa Genes – Biometria**. Viçosa: UFV. 2006. 382p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª Ed. Viçosa: UFV. v.1, 2004, 480p.

CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.12, n.2, p.425-438, 1989.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, Washington, v.22, p.439-452, 1966.

GERALDI, I.O.; MIRANDA-FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v.11, p.419-430, 1988.

GIANIBELLI, M.C.; LARROQUE, O.R.; MACRITCHIE, F.; WRIGLEY, C.W. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. **Cereal Chemistry**. v.78, n.6, p.635-646, 2001.

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

GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial do trigo**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1993. 27p. (Embrapa-CNPT. Documentos, 8).

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. de **Quantitative genetics in maize breeding.** Ames: Iowa State University Press, 1988. 468p.

HAYMAN, B.I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Baltimore, v.39, n.6, p.789-809, 1954.

KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R.N. The partial diallel cross. **Biometrics**, Alexandria, v.17, p.229-250, 1961.

KENT, N.L. Chemical composition of cereals. In: KENT, N.L. **Technology of cereals**: an introduction for students of food science and agriculture. 3.ed. Oxford: Pergamon, p.27-48, 1983.

KRALJEVIC-BALALIC, M.; STAJNER D.; GASIC D. Inheritance of grain protein in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**; v.63, p.121-124, 1982.

MACRITCHIE, F.; LAFIANDRA, D. **Structure-function relationship of wheat proteins**. In: DAMORADAN, S.; PARAF, A. [Eds.] Food Proteins and Their Applications, Marcel Dekker inc., p. 293-324, 1997.

MITTELMANN, A.; BARBOSA NETO, J.F.; CARVALHO, F.I.F de; LEMOS, M.C.I.; CONCEIÇÃO, L.D.H da. Herança de caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.975-983, maio 2000.

MANDARINO, J.M.G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1993. 31p.

MIRANDA-FILHO, J.B.; GERALDI, I.O. An adapted model for the analysis of partial diallel cross. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v.7, p.677-688, 1984.

PAYNE, P.I.; CORFIELD, K.G.; HOLT, L.M.; BLACKMAN, J.A. Correlations between the inheritance of certain high-molecular-weight subunits of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.2, n.1, p.51-60, 1981.

PAYNE, P.I.; LAWRENCE, G.J. Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A*1, *Glu-B*1, *Glu-D*1, which code for high molecular weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. **Cereal Research Communications.** v.11**,** p.29–35, 1983.

PENA, R.J. Wheat for bread and other foods. In: CURTIS, B.C.; RAJARAM, S.; GOMEZ MACPHERSON, H. [Eds.]. **Bread Wheat.** Roma: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2005.

POGNA, N.E.; READAELLI, R.; DACHKEVITCH, T.; CURIONI, A.; DALBELIN PERUFFO, A. **Genetics of wheat quality and its improvement by conventional and biotechnology breeding.** In: BUSHUK, W.; RASPER, V.F. [Eds.]. Wheat: Production, Properties and Quality; p.205-224, 1995.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas:** aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, 1993. 271p.

SANTOS, L.S. **Perfil protéico e qualidade de panificação em linhagens de trigo desenvolvidas para a região do cerrado brasileiro.** 2008. 65p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SCHOFIELD, J.D. **Wheat proteins: structure and functionality in milling and breadmaking**. p.73-106. In: BUSHUK, W.; RASPER, J.D. [Eds.]. Wheat: Production, Properties and Quality. Chapman and Hall, London, 1994.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SINGH, N.K.; SHEPHERD, K.W. Linkage mapping of the genes controlling endosperm proteins in wheat. 1. Genes on the short arms of group 1 chromosomes. **Theoretical and Applied Genetics,** v.66, p.628-641, 1988.

SHEWRY, P.R.; TATHAM, A.S. Disulphide bonds in wheat gluten proteins. **Journal of Cereal Science**. v.25, n.3, p.207-227, 1997.

SOUZA, R.; SCHONS, J.; BRAMMER, S.P.; PRESTES, A.M.; SCHEEREN, P.L.; NICOLINI-TEIXEIRA, F.; CECCHETTI, D.; LANZARINI, A.C. Efeito do Soil-borne wheat mosaic virus sobre o Metabolismo de Cinco Genótipos de Trigo com Diferentes Níveis de Resistência à Doença. **Fitopatologia Brasileira,** v.30, n.4, 2005.

TEDRUS, G.A.; ORMENESE, R.C.S.C.; SPERANZA, S.M.; CHANG, Y.K. ; MARTINEZ-BUSTOS, F. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, p.20-25, jan.-abr. 2001.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E., VIÉGAS, G.P. [Eds.]. **Melhoramento e produção do milho.** 2. ed. Campinas : Fundação Cargill, 1987. p.137-214.

VIANA, J.M.S.; CRUZ, C.D.; CARDOSO, A.A. Theory and analysis of partial diallel crosses. **Genetics and Molecular Biology,** v.22, p.591–599, 1999.

WRICKE, G.; WEBER, W.E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. New York: W. de Gruyter, 1986. 406p.

WRIGLEY, C.W. Developing better strategies to improve grain quality for wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.45, p.1-17, 1994.

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