

MARCELO DE CARLI TOIGO

**TÉCNICAS MULTIVARIADAS E PREDIÇÃO DE
GENITORES EM TRIGO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Orientador: Jefferson Luís Meirelles Coimbra.

Co-orientador: Altamir Frederico Guidolin.

**LAGES, SC
2015**

Toigo, Marcelo de Carli

Técnicas multivariadas e predição de genitores em trigo. / Marcelo de Carli Toigo. - Lages, 2015.

71 p.: il. ; 21 cm

Orientador: Jefferson Luís Meirelles Coimbra

Coorientador: Altamir Frederico Guidolin

Inclui bibliografia

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2015.

1. Variabilidade genética. 2. Contrastes multivariados. 3. Coeficientes canônicos. 4. Capacidade de combinação. 5. Efeito materno. 6. *Triticum aestivum*. I. Toigo, Marcelo de Carli. II. Coimbra, Jefferson Luís Meirelles. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno.

MARCELO DE CARLI TOIGO

**TÉCNICAS MULTIVARIADAS E PREDIÇÃO DE
GENITORES EM TRIGO**

Dissertação apresentada ao Curso de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Jefferson Luís Meirelles Coimbra
Professor do Departamento de Agronomia do Centro de
Ciências Agroveterinárias – CAV/UDESC

Membro:

Dr. Rogério Ferreira Aires
Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária -
FEPAGRO

Membro:

Dr. Sérgio Dias Lannes
Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária -
FEPAGRO

Lages, ____ / ____ / _____

AGRADECIMENTOS

- A minha esposa e filhos, com um pedido de desculpas pelos momentos de ausência;
- A direção FEPAGRO por apostar na qualificação de seus recursos humanos;
- Aos colegas da FEPAGRO pelo apoio e compreensão;
- A EMBRAPA pelo apoio financeiro;
- Ao CAV-UDESC pelo ensino público gratuito e de qualidade;
- Aos colegas do IMEGEM pelo acolhimento, parceria e colaboração;
- Ao meu orientador Dr. Jefferson Luís Meirelles Coimbra e ao meu co-orientador Dr. Altamir Frederico Guidolin, pelos ensinamentos e pela paciência;
- A todos que estiveram junto comigo nesta jornada:

A NOSSA ETERNA GRATIDÃO!

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já têm a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos.”

Fernando Pessoa

RESUMO

TOIGO, Marcelo de Carli. **Técnicas multivariadas e predição de genitores em trigo**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, SC. 2015.

Para continuar avançando em termos de obtenção de novos cultivares de trigo, mais produtivos e mais estáveis, torna-se necessário aumentar a variabilidade genética posta à disposição do melhorista e aumentar a frequência de alelos favoráveis nas novas cultivares. Como forma de contribuir para estes objetivos foi estudada a seleção de genitores que possuam capacidade combinatória e potencial genético superior. Nesse sentido o trabalho foi dividido em dois capítulos. No primeiro o objetivo foi avaliar o desempenho de genitores em trigo através de técnicas multivariadas com o intuito de obter genótipos que se aproximem de um ideotipo. Foram semeados 16 genótipos. Quatro cultivares comerciais (BRS 331, CD 124, BRS Parrudo e Marfim). Seis híbridos F_1 obtidos por cruzamentos artificiais entre os cultivares, formando um dialelo completo, sem os recíprocos. Seis progênies destes cruzamentos na geração F_2 . Os tratamentos foram dispostos em blocos completos casualizados, com três repetições. Foram mensuradas, em todas as plantas das parcelas, cinco variáveis fenotípicas: dias da emergência ao espigamento, estatura da planta, comprimento do pedúnculo, número de espigas por planta e massa de grãos por planta. Através de contrastes multivariados, verificaram-se quais comparações de interesse foram significativas. Foram utilizados coeficientes canônicos padronizados para determinar a importância de cada variável

na significância dos contrastes Empregou-se a distância generalizada de mahalanobis como medida de dissimilaridade. Entre os cruzamentos avaliados BRS 331 x CD 124 e BRS Parrudo x Marfim apresentam a maior variabilidade genética e Marfim x CD 124 não apresentam dissimilaridade genética para o conjunto de caracteres estudados. O cruzamento apenas de genótipos elite não é recomendado para a disponibilização de variabilidade genética. No segundo capítulo os objetivos deste trabalho foram: *i*) estimar capacidades gerais e específicas de combinação através de análise dialéctica com o intuito de identificar cruzamentos com maior possibilidade de gerar populações segregantes com desempenho superior; *ii*) verificar a existência de efeito recíproco nos cruzamentos avaliados. Foram avaliados quatro cultivares, Marfim, BRS Parrudo, BRS 331 e CD 124, utilizando-se o método 1 (todas as p^2 combinações com os recíprocos) de Griffing (1956). Foram observadas cinco variáveis fenotípicas. Dias da emergência ao espigamento (DEE). Estatura da planta (EST), medida em centímetros, do solo até o topo da espiga, sem considerar as aristas. Comprimento do pedúnculo (PED), medido em centímetros, distância do último entrenó até a base da espiga do colmo principal. Número de espigas por planta (NEP), contagem das espigas que formaram grãos. Massa de grãos por planta (MGP), medido em gramas. Foram estimadas a capacidade geral de combinação (CGC), a capacidade específica de combinação (CEC) e o efeito recíproco (REC) dos caracteres de interesse. Foram obtidas as seguintes conclusões: a) os genitores avaliados são contrastantes e existe variabilidade genética para os caracteres estudados; b) é maior a importância da CGC e dos efeitos aditivos no controle genético das variáveis observadas, c) o efeito da CGC do genitor Marfim é de aumento do NEP e MGP, do BRS Parrudo é de aumentar DEE, do CD 124 é de diminuir DEE, do BRS 331 é de diminuir todos os caracteres avaliados; d) o

cruzamento CD 124 x BRS 331 apresenta efeito recíproco diminuindo DEE quando CD 124 é utilizado como fêmea.

Palavras-chave: variabilidade genética, contrastes multivariados, coeficientes canônicos, capacidade de combinação, efeito materno, *triticum aestivum*.

ABSTRACT

TOIGO, Marcelo de Carli. **Multivariate techniques and prediction of parents in wheat.** 2015. 71 f. Dissertation (Masters in Crop Production) - University of the State of Santa Catarina. Graduate Program in Agricultural Sciences, Lages, SC. 2015.

To continue moving forward in terms of getting new wheat cultivars, more productive and more stable, it is necessary to increase the genetic variability made available to the breeder and increase the frequency of favorable alleles in new cultivars. As a contribution to these goals it studied the selection of parents possessing combining ability and superior genetic potential. In this sense the work was divided into two chapters. The first objective was to evaluate the performance of the parent wheat using multivariate techniques in order to obtain genotypes that approximate a ideotype. 16 genotypes were sown. Four commercial cultivars (BRS 331, CD 124, BRS Parrudo and Marfim). Six F1 hybrids obtained by artificial crosses between cultivars, forming a complete diallel without reciprocals. Six progenies of these crossings in the F2 generation. The treatments were arranged in a randomized complete block design with three replications. Were measured in all plants of the plots, five phenotypic variables: days from emergence to heading, plant height, peduncle length, number of ears per plant and grain yield per plant. Through multivariate contrasts, there were comparisons of interest which were significant. Standardized canonical coefficients were used to determine the importance of each variable on the significance of employed to Mahalanobis distance as dissimilarity measure contrasts. Among the evaluated intersections BRS 331 x CD 124 and BRS Parrudo x Marfim

show the greatest genetic variability and Marfim x CD 124 does not have genetic dissimilarity to the set of characters studied. Cross only elite genotypes is not recommended for the provision of genetic variability. In the second chapter the objectives of this study were: *i*) estimate general and specific combining abilities through diallel analysis in order to identify crossings most likely to generate segregating populations with superior performance; *ii*) verify the existence of reciprocal effect on the evaluated hybrids. Were evaluated four varieties, Marfim, BRS Parrudo, BRS 331 and CD 124, using the the method 1 (p^2 all combinations with reciprocal) of Griffing (1956). Five phenotypic variables were observed. Days from emergence to heading (DEE). Plant height (EST), measured in centimeters from the ground to the top of the ear, without considering the awn. Peduncle length (PED), measured in centimeters, distance from the last internode to the base of the main stem spike. Number of ears per plant (NEP), counting the spikes that formed grains. Grain yield per plant (MGP), measured in grams. They were estimated the general combining ability (GCA), specific combining ability (SCA) and the reciprocal effects (REC) of the traits of interest. The following conclusions were obtained: a) the assessed parents are contrasting and there is genetic variability for the studied characters; b) is greater the importance of the GCC and additive effects in the genetic control of observed variables, c) the effect of CGC's parent Marfim is increased NEP and MGP, the BRS Parrudo is to increase DEE, CD 124 is to decrease DEE, the BRS 331 is to reduce all traits; e) the CD 124 x BRS 331 crossing has reciprocal effect increasing DEE when CD 124 is used as a female.

Keywords: genetic variability, multivariate contrasts, canonical coefficients, combining ability, maternal effect, *triticum aestivum*.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resumo da análise de variância multivariada, por meio de quatro testes estatísticos, indicando os graus de liberdade do numerador (NGL) e do denominador (DGL) e a probabilidade para o teste F para cinco variáveis avaliadas simultaneamente. UDESC-IMEGEM, Lages/SC, 2015..... 30
- Tabela 2 - Teste Lambda de Wilks (Λ) com teste F, para comparação de contrastes multivariados entre diferentes gerações: genitores, F_1 e F_2 . UDESC-IMEGEM, Lages/SC, 2015..... 32
- Tabela 3 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) dos contrastes e a estatística de teste de razão de verossimilhança (Λ) das variáveis¹ observadas. UDESC-IMEGEM, Lages/SC, 2015..... 33
- Tabela 4 - Estimativa da dissimilaridade genética entre diferentes gerações (Genitores¹, F_1 e F_2) estabelecidos pelos coeficientes da distância generalizada de Mahalanobis (D^2). UDESC-IMEGEM, Lages/SC, 2015..... 34
- Tabela 5 -Análise de Variância dos efeitos de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação e (CEC) recíproco (REC) materno (MAT) e não materno (NMAT), obtidos por análise dialélica utilizando o método 1 de Griffing (1956)..... 46

Tabela 6 - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) dos cultivares avaliados em relação aos caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura da planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e produção de grãos em gramas por planta (MGP)..... 50

Tabela 7 - Estimativas da capacidade específica de combinação (CEC) e do efeito recíproco (REC) dos híbridos de trigo e seus genitores em relação aos caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura da planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e produção de grãos em gramas por planta (MGP)..... 51

Tabela 8 - Média dos cultivares de trigo Marfim, BRS Parrudo, BRS 331 e CD 124 e seus híbridos simples avaliados para os caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura de planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e massa de grãos em gramas por planta (MGP) 52

Tabela 9 – Estimativa de contrastes de médias entre híbridos F_1 e recíprocos vs a média dos genitores, e dos genitores vs genitores para os caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura de planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e massa de grãos em gramas por planta (MGP) 53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	21
2 CAPÍTULO I: DESEMPENHO DE GENITORES EM TRIGO AVALIADO COM TÉCNICAS MULTIVARIADAS.	24
2.1 RESUMO	24
2.2 ABSTRACT	25
2.3 INTRODUÇÃO	26
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
2.6 CONCLUSÃO	37
3 CAPÍTULO II: PREDIÇÃO DOS MELHORES GENITORES EM TRIGO A PARTIR DE ANÁLISE DIALÉLICA.	38
3.1 RESUMO	38
3.2 ABSTRACT	39
3.3 INTRODUÇÃO	40
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.6 CONCLUSÃO	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO GERAL

O trigo (*triticum aestivum* L.) é uma das principais “commodities” alimentares do mundo e tem importância estratégica para o Brasil, sendo consumido em grande quantidade de norte a sul do país. Na safra 2013/2014, segundo estimativas da USDA – World Agriculture Supply and Demand Estimates (USDA, 2015), foram produzidos 716,82 milhões de toneladas deste cereal no mundo. Deste montante 165,8 milhões (23,13%) foram comercializados entre as nações.

A produção nacional de trigo, alimento básico da civilização ocidental e o segundo cereal mais consumido no Brasil, permanece ao redor de 50 % da necessidade de consumo interno. As estatísticas da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015) demonstram que a realidade do trigo no país não acompanha o desempenho global da agricultura brasileira. Para o atendimento do consumo de 11,659 milhões de toneladas, foram produzidos 5,971 milhões de toneladas, importados 6,650 milhões de toneladas e exportados 1,422 milhões de toneladas. Do montante comercializado com o exterior 1,265 milhões de toneladas (88,96%) são originadas no Rio Grande do Sul. A produção e exportação de trigo, seguramente, estão muito aquém das potencialidades brasileiras (CUNHA, 2011).

A cultura do trigo é de extrema importância para a região Sul do Brasil onde as alternativas de cultivo de inverno são poucas, sobretudo, no tocante ao gerenciamento das propriedades agrícolas. Em relação a produtividade média dos últimos dez anos divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) destacam-se a região Serrana de Santa Catarina com 2.858 Kg.ha⁻¹, a região Centro Oriental do Paraná com 2.833 Kg.ha⁻¹ e a região nordeste do Rio Grande do Sul com 2.725 Kg.ha⁻¹.

Neste contexto, os programas de melhoramento genético são fundamentais para a manutenção ou incremento da produtividade no sentido de atender a demanda por este grão, ou seja, aumentar a produção do grão sem aumentar a área de cultivo e sem custos adicionais para o agricultor.

Como exemplo das potencialidades pode-se citar que programas de melhoramento de trigo associados as demais áreas da pesquisa de trigo no Brasil possibilitaram quadruplicar a média nacional de produtividade, passando de 655 kg/ha, em 1977, para 2.736 kg/ha, em 2011, o que representa uma taxa de crescimento positivo de $41,3 \text{ Kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Em termos apenas de ganho genético, no caso do melhoramento de Trigo no Brasil, Rodrigues et al. (2007) relatam um aumento de 1,54% por ano em potencial produtivo, obtido entre 1940 e 1992. Tais resultados estão relacionados diretamente ao constante lançamento de novas cultivares.

O lançamento de novas cultivares de trigo é resultado direto da existência de programas de pesquisa em melhoramento de trigo, onde é exercitada a arte e a ciência de modificar geneticamente as plantas. Isto é feito a partir do olhar e da sensibilidade do melhorista e com a aplicação dos fundamentos científicos da genética, da estatística, da biometria e da fisiologia vegetal. Os avanços obtidos na produtividade foram significativos, no entanto, está sendo cada vez mais difícil manter a escala de crescimento no desempenho de novos cultivares.

A medida que se aumenta a produtividade média de cultivares, pode se tornar mais difícil identificar genótipos superiores (RAMALHO et al., 2005). As diferenças a serem detectadas ficam cada vez menores e os ganhos genéticos em termos de ganho de produtividade por ano podem tender a valores constantes.

O aumento da homozigose entre linhagens de alto desempenho e a redução da variância genética, têm sido apontados como fatores importantes para a não realização do

potencial possível no melhoramento genético do trigo (SCHEEREN et al., 2011a). Para contornar estes problemas e continuar avançando em termos de obtenção de novos cultivares de trigo, mais produtivos e mais estáveis, torna-se necessário aumentar a variabilidade genética posta à disposição do melhorista e aumentar a frequência de alelos favoráveis nas novas cultivares.

É importante ressaltar que uma das dificuldades encontradas nos programas de melhoramento é selecionar genitores que possuam capacidade combinatória e potencial genético superior, possibilitando a criação de populações segregantes promissoras (PIMENTEL, 2013a, CRUZ et al., 2012). Em outras palavras, o grande desafio é justamente reunir em um só genótipo a maior frequência possível de alelos favoráveis oriundos das diferentes fontes (BENIN et al., 2009).

Nesse sentido o trabalho foi dividido em dois capítulos. No primeiro aplicaram-se técnicas estatísticas multivariadas na análise de gerações iniciais de cruzamentos buscando verificar a efetividade dos genitores na obtenção de populações segregantes promissoras. O segundo foi destinado ao estudo da análise dialélica em trigo como ferramenta para a predição dos melhores genitores.

Com base no exposto acima os objetivos deste trabalho foram: *i*) avaliar o desempenho de genitores em trigo através de técnicas multivariadas com o intuito de obter genótipos que se aproximem de um ideotipo; *ii*) estimar capacidades gerais e específicas de combinação através de análise dialélica com o intuito de identificar cruzamentos com maior possibilidade de gerar populações segregantes com desempenho superior; *iii*) verificar a existência de efeito recíproco nos cruzamentos avaliados.

2 CAPÍTULO I: DESEMPENHO DE GENITORES EM TRIGO AVALIADO COM TÉCNICAS MULTIVARIADAS.

2.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de genitores em trigo através de técnicas multivariadas com o intuito de obter genótipos que se aproximem de um ideotipo. Foram semeados 16 genótipos. Quatro cultivares comerciais (BRS 331, CD 124, BRS Parrudo e Marfim). Seis híbridos F_1 obtidos por cruzamentos artificiais entre os cultivares, formando um dialelo completo, sem os recíprocos. Seis progênes destes cruzamentos na geração F_2 . Os tratamentos foram dispostos em blocos completos casualizados, com três repetições. Foram mensuradas, em todas as plantas das parcelas, cinco variáveis fenotípicas: dias da emergência ao espigamento, estatura da planta, comprimento do pedúnculo, número de espigas por planta e massa de grãos por planta. Através de contrastes multivariados, verificaram-se quais comparações de interesse foram significativas. Foram utilizados coeficientes canônicos padronizados para determinar a importância de cada variável na significância dos contrastes. Empregou-se a distância generalizada de mahalanobis como medida de dissimilaridade. Entre os cruzamentos avaliados BRS 331 x CD 124 e BRS Parrudo x Marfim apresentam a maior variabilidade genética e Marfim x CD 124 não apresentam dissimilaridade genética para o conjunto de caracteres estudados. O cruzamento apenas de genótipos elite não é recomendado para a disponibilização de variabilidade genética.

Palavras-chave: *triticum aestivum*; variabilidade genética, dissimilaridade genética, contrastes multivariados, coeficientes canônicos.

2.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the parents of performance in wheat through multivariate techniques in order to obtain genotypes that approach a ideotype. 16 genotypes were sown. Four commercial cultivars (BRS 331, CD 124, BRS Parrudo and Marfim). Six F1 hybrids obtained by artificial crosses between cultivars, forming a complete diallel without reciprocals. Six progenies of these crossings in the F2 generation. The treatments were arranged in a randomized complete block design with three replications. Were measured in all plants of the plots, five phenotypic variables: days from emergence to heading, plant height, peduncle length, number of ears per plant and grain yield per plant. Through multivariate contrasts, there were comparisons of interest which were significant. Standardized canonical coefficients were used to determine the importance of each variable on the significance of employed contrasts and Mahalanobis distance as dissimilarity measure. Among the evaluated crosses BRS 331 x CD 124 and BRS Parrudo x Marfim show the greatest genetic variability and Marfim x CD 124 does not have genetic dissimilarity to the set of characters studied. Cross only elite genotypes is not recommended for the provision of genetic variability.

Keywords: *Triticum aestivum*; genetic variability, genetic dissimilarity, multivariate contrasts, canonical coefficients.

2.3 INTRODUÇÃO

Os dados provenientes da pesquisa científica, particularmente a pesquisa experimental em agropecuária, frequentemente apresentam um caráter multivariado. Este pode ser caracterizado por uma estrutura de relação das variáveis resposta que devem ser submetidas a análise estatística (Silva & Machado, 2001). Para obtenção de populações superiores, os melhoristas necessitam avaliar simultaneamente vários caracteres para melhor inferir sobre a superioridade relativa dos mesmos. A análise de variáveis isoladamente pode não ser suficiente, pois não considera as correlações existentes entre elas (Ledo et al., 2003). Para que a avaliação do grau de associação entre diferentes indicadores tenha uma estimativa confiável em termos biológicos, é de grande importância identificar e quantificar simultaneamente as principais variáveis-respostas (Coimbra et al., 2007).

A análise de variância multivariada é utilizada para comparar vetores de médias dos tratamentos, testando a hipótese H_0 de igualdade entre os vetores (Ferreira, 2011). Se o resultado evidenciar a significância dos efeitos dos vetores de médias, a utilização de contrastes multivariados pode identificar qual ou quais os vetores significativos nas comparações de interesse. Os pesos canônicos das variáveis indicam quais foram os caracteres responsáveis pela variância genética (Coimbra et al., 2007). A dissimilaridade genética estimada pela distância generalizada de mahalanobis identifica as combinações híbridas de maior efeito heterótico e maior heterozigose de forma que em suas gerações segregantes haja maior possibilidade de recuperação de genótipos superiores (Cruz, et al., 2012).

Ideotipo é um modelo hipotético de planta com características correlacionadas com a produtividade (Almeida et al., 1998). No melhoramento de trigo a aplicação do conceito de ideotipo implica na necessidade de considerar

simultaneamente características que se correlacionam com a produtividade e cujos alelos se encontram em diferentes genitores em potencial. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de genitores em trigo através de técnicas multivariadas com o intuito de obter genótipos que se aproximem de um ideotipo.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra de inverno de 2014, no campo experimental do Centro de Pesquisa da Região Nordeste, pertencente a Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), município de Vacaria-RS, na latitude 28° 27' S, longitude 50° 57' W e a 950 metros de altitude. O solo é classificado como Latossolo Bruno Aluminoférrico típico. O clima da região é do tipo subtropical úmido de verões amenos, segundo a classificação internacional de Koeppen. A temperatura máxima média gira em torno de 25°C no verão e 16°C no inverno. A temperatura mínima média fica em torno de 15°C no verão e 7°C no inverno. As chuvas distribuem-se uniformemente durante todo o ano em uma média anual de 1750 mm.

Foram semeados 16 genótipos. Quatro cultivares comerciais descritos abaixo. Seis híbridos F₁ obtidos por cruzamentos artificiais entre os cultivares, formando um dialelo completo, sem os recíprocos. Seis progênes destes cruzamentos na geração F₂. BRS 331 é um cultivar duplo-haploide, superprecoce, de porte baixo (Scheeren et al., 2011a). Marfim é um cultivar precoce, de porte médio (OR Sementes, 2015). CD124 é um cultivar de ciclo e porte médios. (Franco et al., 2011). BRS Parrudo é um cultivar com uma nova proposta de arquitetura de planta de trigo. Apresenta porte médio (Scheeren et al., 2011b). O ciclo é médio, porém mais longo que CD 124 e Marfim. Todos foram testados em VCU apresentando boa produtividade e estabilidade.

O manejo convencional de lavoura foi adotado para dar condições aos genótipos de expressarem os caracteres avaliados. Os tratamentos foram dispostos em blocos completos casualizados, com três repetições. As parcelas experimentais foram formadas por duas linhas de 3 metros de

comprimento espaçadas de 0,2 metros, com espaçamento de 0,1 metros entre plantas na linha.

Foram mensuradas cinco variáveis fenotípicas. Dias da emergência ao espigamento (DEE). Estatura da planta (EST), em centímetros, do solo até o topo da espiga, sem considerar as aristas. Comprimento do pedúnculo (PED), em centímetros, distância do último entrenó até a base da espiga do colmo principal. Número de espigas por planta (NEP), contagem das espigas que formaram grãos. Massa de grãos por planta (MGP), em gramas. As medidas foram obtidas de todas as plantas que compuseram as parcelas.

Foram utilizados métodos estatísticos multivariados (Silva & Machado, 2001) testando simultaneamente as cinco variáveis observadas. Através de contrastes multivariados (Rencher, 2002), verificaram-se quais comparações de interesse foram significativas. Os contrastes foram estabelecidos entre o híbrido F_1 e a média dos genitores de cada cruzamento e entre as gerações F_1 e F_2 de cada cruzamento. Foram utilizados coeficientes canônicos padronizados para determinar a importância de cada variável na significância dos contrastes (Coimbra et al., 2007). Empregou-se a distância generalizada de mahalanobis como medida de dissimilaridade Cruz et al., 2012) de forma a discriminar as populações segregantes mais promissoras para o melhoramento simultâneo dos caracteres desejados. As análises foram realizadas com o software SAS University Edition.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância multivariada (Tabela 1) foram significativos nos quatro testes realizados, indicando a existência de diferenças entre os vetores de médias de tratamentos constituídos pelo conjunto de variáveis observadas nos diferentes genótipos testados. Esta análise evidencia a existência de conjuntos de caracteres contrastantes entre os genótipos avaliados.

Tabela1: Resumo da análise de variância multivariada, por meio de quatro testes estatísticos, indicando os graus de liberdade do numerador (NGL) e do denominador (DGL) e a probabilidade para o teste F para cinco variáveis avaliadas simultaneamente. UDESC-IMEGEM, Lages/SC,2015.

Efeito	Teste estatístico	Valor	Valor F	NGL	DGL	Pr > F
Bloco	Lambda de wilks	0,36	4,06	10	60	0,0003
	Traço de Pillai	0,80	4,17	10	62	0,0002
	Hotteling-Lawley	1,36	4,01	10	42,34	0,0007
	Raiz Máxima de Roy	0,81	5,03	5	31	0,0017
Genótipo	Lambda de wilks	0,00	7,00	85	149,45	0,0001
	Traço de Pillai	3,20	3,57	85	170	0,0001
	Hotteling-Lawley	34,53	11,62	85	93,737	0,0001
	Raiz Máxima de Roy	19,64	39,28	17	34	0,0001

A Tabela 2 mostra o resultado de contrastes entre os vetores médios na situação multivariada, realizados entre diferentes gerações dos genótipos avaliados. Os contrastes C_1 , C_5 , C_7 , C_9 e C_{11} apresentaram significância para a comparação entre a geração F_1 e a média dos seus genitores. Indicam a ocorrência de heterose e de complementação entre os alelos dos genitores. Confirmam a ocorrência de variabilidade genética entre o conjunto de caracteres testados. Para o contraste C_3 e C_4 , envolvendo os genitores Marfim e CD 124 e sua progênie, não houve significância. Infere-se que estes genitores não apresentam divergência genética significativa e, portanto não são contrastantes para os caracteres avaliados. Os cruzamentos cujos contrastes que significativos para a comparação entre a geração F_1 e a média dos seus genitores e não foram significativos na comparação entre F_1 e F_2 (C_6 , C_8 e C_{10}), apresentaram menor divergência genética, com pouca complementação de alelos. Neste caso houve predomínio da ação gênica aditiva já nas gerações iniciais.

Os contrastes C_2 e C_{12} (Tabela 2) apresentaram significância na comparação entre as gerações F_1 e F_2 . Este resultado pode ser explicado pela ocorrência de interação alélica do tipo não aditiva, que, por ter diminuído a sua presença em 50% devido a segregação dos loci em heterozigose na geração F_2 , provocou a diferença entre as médias dos vetores. Os genitores das populações comparadas nestes contrastes (BRS 331 x CD 124 e BRS Parrudo x Marfim) apresentaram maior complementação de alelos em relação aos demais cruzamentos avaliados.

A Tabela 3 mostra que as variáveis estatura da planta (EST) e número de espigas por planta (NEP) apresentaram coeficientes canônicos padronizados negativos ou de magnitude próxima a zero, indicando que estas variáveis são semelhantes entre os genótipos avaliados e não contribuíram para a divergência genética. A significância do contraste C_2 teve uma maior contribuição do caractere comprimento do

pedúnculo (PED) com peso canônico de 0,84. Para o contraste C_{12} a maior contribuição para a significância do contraste foi da variável massa de grãos por planta (MGP) com coeficiente canônico padronizado de 1,43.

Tabela 2: Teste Lambda de Wilks (Λ) com teste F, para comparação de contrastes multivariados entre diferentes gerações: genitores, F_1 e F_2 . UDESC-IMEGEM, Lages/SC,2015.

Identificação	Genitores		Comparações ¹	Λ
C_1	BRS 331	CD 124	$\bar{X} P$ vs. F_1	0,4088*
C_2	BRS 331	CD 124	F_1 vs. F_2	0,5538*
C_3	Marfim	CD 124	$\bar{X} P$ vs. F_1	0,9054
C_4	Marfim	CD 124	F_1 vs. F_2	0,9048
C_5	Marfim	BRS 331	$\bar{X} P$ vs. F_1	0,6200*
C_6	Marfim	BRS 331	F_1 vs. F_2	0,7508
C_7	BRS Parrudo	CD 124	$\bar{X} P$ vs. F_1	0,6218*
C_8	BRS Parrudo	CD 124	F_1 vs. F_2	0,8453
C_9	BRS Parrudo	BRS 331	$\bar{X} P$ vs. F_1	0,4694*
C_{10}	BRS Parrudo	BRS 331	F_1 vs. F_2	0,9138
C_{11}	BRS Parrudo	Marfim	$\bar{X} P$ vs. F_1	0,4705*
C_{12}	BRS Parrudo	Marfim	F_1 vs. F_2	0,5856*

^{1/} $\bar{X} P$ = média dos genitores; F_1 = geração filial 1; F_2 = geração filial 2;

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3: Coeficientes canônicos padronizados (CCP) dos contrastes e a estatística de teste de razão de verossimilhança (Λ) das variáveis¹ observadas. UDESC-IMEGEM, Lages/SC,2015.

Identificação	DEE	EST	PED	NEP	MGP	Λ
C ₁	0,18	-0,31	0,84	-1,08	0,87	0,4088*
C ₂	-0,12	-0,15	0,82	-0,88	0,53	0,5538*
C ₃	0,53	-0,37	0,25	-1,92	1,91	0,9054
C ₄	0,38	-0,16	0,34	-2,09	1,79	0,9048
C ₅	0,23	0,00	0,47	-1,86	1,41	0,6200*
C ₆	0,42	-0,09	-0,33	1,02	-0,65	0,7508
C ₇	0,34	-0,17	0,48	-1,84	1,44	0,6218*
C ₈	0,18	-0,08	0,09	1,52	-0,95	0,8453
C ₉	0,59	-0,42	0,47	-1,32	1,38	0,4694*
C ₁₀	0,31	-0,76	0,13	-1,30	1,68	0,9138
C ₁₁	0,45	-0,23	0,36	-1,97	1,81	0,4705*
C ₁₂	0,06	-0,25	0,63	-1,73	1,43	0,5856*

^{1/} Variáveis: dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura da planta (EST), comprimento do pedúnculo (PED), número de espigas por planta (NEP) e massa de grãos por planta (PRD).

*= significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A distância generalizada de Mahalanobis (Tabela 4) possibilita a identificação de genótipos geneticamente divergentes com a vantagem de levar em consideração as variâncias e covariâncias residuais que existem entre as características mensuradas (Cruz et al., 2012). O genitor G₂ (BRS 331) apresentou distâncias significativas e quase todas de magnitude maior em relação aos demais genitores e contrastes caracterizando este genótipo como o de maior dissimilaridade genética em relação ao restante da tabela. Este fato pode estar relacionado a metodologia de obtenção deste cultivar que é um duplo-haploide (Scheeren et al., 2011a). O genitor Marfim (G₃) em relação ao contraste C₄ apresentou um valor de distância que foi não significativo e o de menor magnitude da tabela (0,09), indicando que os genótipos que constituem o contraste C₄ e este genitor possuem muitos genes ou alelos em comum e são geneticamente similares. Esta afirmação concorda com a discussão anterior dos contrastes das gerações do cruzamento Marfim x CD 124 (Tabela 2).

Tabela 4: Estimativa da dissimilaridade genética entre diferentes gerações (Genitores¹, F₁ e F₂) estabelecidos pelos coeficientes da distância generalizada de Mahalanobis (D²). UDESC-IMEGEM, Lages/SC, 2015 (continua).

	G ₂	C ₁	C ₂	G ₃	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
G ₁	7,03*	0,66*	1,48*	1,27*	1,07*	0,87*	2,00*	3,17*
G ₂	0	5,89*	2,69*	7,07*	8,19*	7,57*	2,58*	4,32*
C ₁		0	1,12*	2,25*	1,39*	1,86*	1,36*	2,63*
C ₂			0	1,37*	1,58*	1,52*	0,29	0,82*
G ₃				0	0,56	0,09	2,32*	1,72*
C ₃					0	0,42	2,01*	1,87*
C ₄						0	2,44*	2,28*
C ₅							0	1,08*

¹Genitores: G₁= CD 124, G₂= BRS 331, G₃= Marfim e G₄= BRS Parrudo;

*= significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4: Estimativa da dissimilaridade genética entre diferentes gerações (Genitores¹, F₁ e F₂) estabelecidos pelos coeficientes da distância generalizada de Mahalanobis (D²). UDESC-IMEGEM, Lages/SC, 2015 (conclusão).

	G ₄	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂
G ₁	4,56*	1,90*	2,20*	5,19*	4,86*	4,51*	5,59*
G ₂	3,93*	7,08*	8,97*	5,09*	4,37*	8,53*	7,28*
C ₁	3,77*	0,96*	2,05*	3,72*	3,61*	3,90*	5,70*
C ₂	1,40*	1,57*	2,14*	1,87*	1,60*	2,89*	2,91*
G ₃	2,90*	2,56*	1,47*	3,36*	3,39*	2,86*	2,52*
C ₃	2,67*	1,18*	0,39	2,72*	2,89*	1,64*	2,62*
C ₄	3,48*	2,49*	1,49*	3,90*	3,99*	3,15*	3,26*
C ₅	1,02*	1,30*	2,15*	1,65*	1,21*	2,41*	2,86*
C ₆	0,59*	1,50*	1,57*	0,74*	0,51*	1,68*	1,23*
G ₄	0	2,12*	2,02*	0,37*	0,15*	1,09*	0,78*
C ₇		0	0,69*	1,91*	1,74*	1,56*	3,35*
C ₈			0	1,88*	1,98*	0,66*	1,89*
C ₉				0	0,17	0,97*	1,20*
C ₁₀					0	1,13*	1,15*
C ₁₁						0	0,91*

^{1/}Genitores: G₁= CD 124, G₂= BRS 331, G₃= Marfim e G₄= BRS Parrudo;
 *= significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

De um modo geral a Tabela 4 apresentou valores significativos de dissimilaridade genética, porém de baixa magnitude, indicando a existência de pouca variabilidade genética. Este resultado demonstra o adiantado estado de melhoramento das cultivares elites utilizadas como genitores, que resultam de um longo processo contínuo de lançamento de novos cultivares. As últimas obtenções acabaram capitalizando a maior parte da herança genética aditiva disponível. Na ausência de dominância na população segregante a variância genética é igual para todas as frequências gênicas (Hallauer, 1975). Neste caso linhagens altamente produtivas podem ser consideradas ruins para a geração de recombinação gênica.

No Brasil a utilização recorrente de genótipos possuidores de características desejáveis e com elevada capacidade geral de combinação contribui de forma direta para a restrição da base genética do trigo (Bered et al., 2000). Esta informação é corroborada pelo levantamento realizado por Souza & Caierão (2014) que informa que no período de 1922 a 2014 foram indicadas para cultivo no Brasil 547 cultivares de trigo, sendo 11 o número de genitores mais usados na criação das cultivares recomendadas, predominando o cultivar Frontana.

Segundo Lopes et al. (2015) existem dois pontos potenciais de estrangulamento em diversidade de trigo. O primeiro relaciona-se com a recente origem do trigo, a aproximadamente 8000 anos atrás, e na presunção de que há relativamente poucos cruzamentos entre progenitores tetraplóides e diplóides. Assim, apenas uma parte da diversidade de *T. dicoccoides* e *Aegilops squarosa* existe no trigo. O segundo gargalo diz respeito a linhas fundadoras para as populações locais, onde programas de melhoramento genético, muitas vezes dependem de um número relativamente limitado de linhagens parentais (linhagens elite) no desenvolvimento de germoplasma.

Pelo exposto, uma alternativa para a ampliação da variabilidade genética posta a disposição do melhorista é a hibridação de genótipos elite com linhagens menos produtivas, mas que apresentem elevada capacidade específica de combinação.

2.6 CONCLUSÃO

Entre os cruzamentos avaliados BRS 331 x CD 124 e BRS Parrudo x Marfim apresentam a maior variabilidade genética e Marfim x CD 124 não apresentam dissimilaridade genética para o conjunto de caracteres estudados.

O cruzamento apenas de genótipos elite não é recomendado para a disponibilização de variabilidade genética.

3 CAPÍTULO II: PREDIÇÃO DOS MELHORES GENITORES EM TRIGO A PARTIR DE ANÁLISE DIALÉLICA.

3.1 RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram: *i*) estimar capacidades gerais e específicas de combinação através de análise dialélica com o intuito de identificar cruzamentos com maior possibilidade de gerar populações segregantes com desempenho superior; *ii*) verificar a existência de efeito recíproco nos cruzamentos avaliados. Foram avaliados quatro cultivares, Marfim, BRS Parrudo, BRS 331 e CD 124, utilizando-se o método 1 (todas as p^2 combinações com os recíprocos) de Griffing (1956). Foram observadas cinco variáveis fenotípicas. Dias da emergência ao espigamento (DEE). Estatura da planta (EST), medida em centímetros, do solo até o topo da espiga, sem considerar as aristas. Comprimento do pedúnculo (PED), medido em centímetros, distância do último entrenó até a base da espiga do colmo principal. Número de espigas por planta (NEP), contagem das espigas que formaram grãos. Massa de grãos por planta (MGP), medido em gramas. Foram estimadas a capacidade geral de combinação (CGC), a capacidade específica de combinação (CEC) e o efeito recíproco (REC) dos caracteres de interesse. Foram obtidas as seguintes conclusões: a) os genitores avaliados são contrastantes e existe variabilidade genética para os caracteres estudados; b) é maior a importância da CGC e dos efeitos aditivos no controle genético das variáveis observadas, c) o efeito da CGC do genitor Marfim é de aumento do NEP e MGP, do BRS Parrudo é de aumentar DEE, do CD 124 é de diminuir DEE, do BRS 331 é de diminuir todos os caracteres avaliados; d) o cruzamento CD

124 x BRS 331 apresenta efeito recíproco diminuindo DEE quando CD 124 é utilizado como fêmea.

Palavras-chave: Capacidade de combinação; Efeito materno; *triticum aestivum*.

3.2 ABSTRACT

The objectives of this study were: *i*) estimate general and specific combining abilities through diallel analysis in order to identify crossings most likely to generate segregating populations with superior performance; *ii*) verify the existence of reciprocal effect on the evaluated hybrids. Were evaluated four varieties, Marfim, BRS Parrudo, BRS 331 and CD 124, using the the method 1 (p^2 all combinations with reciprocal) of Griffing (1956). Five phenotypic variables were observed. Days from emergence to heading (DEE). Plant height (EST), measured in centimeters from the ground to the top of the ear, without considering the awn. Peduncle length (PED), measured in centimeters, distance from the last internode to the base of the main stem spike. Number of ears per plant (NEP), counting the spikes that formed grains. Grain yield per plant (MGP), measured in grams. They were estimated the general combining ability (GCA), specific combining ability (SCA) and the reciprocal effects (REC) of the traits of interest. The following conclusions were obtained: a) the assessed parents are contrasting and there is genetic variability for the studied characters; b) is greater the importance of the GCC and additive effects in the genetic control of observed variables, c) the effect of CGC's parent Marfim is increased NEP and MGP, the BRS Parrudo is to increase DEE, CD 124 is to decrease DEE, the BRS 331 is to reduce all traits; e) the CD 124 x BRS 331 crossing has reciprocal effect increasing DEE when CD 124 is used as a female.

Keywords: Combining ability; Reciprocal effect; *triticum aestivum*;

3.3 INTRODUÇÃO

A seleção de genitores para a formação de uma população é o ponto inicial do melhoramento e uma das decisões mais importantes do melhorista. Este processo inclui a identificação e discriminação das fontes de germoplasma para formação de uma população com variabilidade genética nos caracteres de interesse. Isto é feito pela seleção e hibridação de genitores geneticamente diferentes (FEHR, 1987).

O planejamento cuidadoso dos cruzamentos aumenta as chances de desenvolvimento de cultivares superiores, pois maximiza a utilização de alelos desejáveis. (BORÉM; MIRANDA, 2009). No caso de melhoramento de plantas autógamias os alelos desejáveis são aqueles cuja combinação apresenta ação gênica aditiva e epistática do tipo aditiva x aditiva, de forma que a sua recombinação represente a obtenção de variâncias genéticas aditivas para os caracteres de interesse (Allard, 1971). Os melhores genitores para iniciar um programa de melhoramento de trigo são aqueles que apresentam maior probabilidade de formar progênie segregante com desempenho superior para os caracteres de interesse.

O sucesso de um programa de melhoramento começa com a escolha dos melhores genitores. Uma questão que se coloca é a de como identificar quais os indivíduos que devem ser cruzados. No século XIX Louis de Vilmorin propôs que a única maneira de conhecer o valor individual de uma planta era cultivar e avaliar a sua progênie, dando início aos testes de progênie documentados em vegetais (Allard, 1971).

Jinks e Hayman (1953) publicaram o primeiro trabalho científico utilizando o método de cruzamentos dialélicos em melhoramento vegetal. Definiram cruzamento dialélico como

todos os cruzamentos possíveis entre um grupo de pais, incluindo os próprios pais. Com n genitores haveria n^2 famílias. Sprague e Tatum (1948), utilizando-se de ensaios com híbridos simples de milho, desenvolveram técnicas para avaliar a importância relativa dos efeitos genéticos aditivos e não aditivos, que foram denominados, respectivamente, de capacidade geral e específica de combinação.

Griffing (1956) propôs uma técnica de dialelo para determinar a capacidade de combinação de genitores e caracterização da natureza e da extensão da ação gênica tanto para plantas como para animais. Pode ser subdividida em quatro métodos diferentes. Cada método possui seu modelo matemático específico para a análise.

O cruzamento dialélico se consolidou como uma técnica que auxilia na escolha de genitores com base nos seus valores genéticos e, principalmente, considerando a sua capacidade de se combinarem em híbridos que produzam populações segregantes promissoras (RAMALHO et al., 1993). As metodologias de análise dialélica têm por finalidade analisar o delineamento genético, provendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ, 2006a; CRUZ et al., 2012).

Capacidade geral de combinação (CGC) se refere à habilidade de um genitor produzir progênies com dado comportamento quando cruzado com uma série de outros genitores. Capacidade específica de combinação (CEC) refere-se aos casos em que o desempenho de um híbrido é relativamente melhor ou pior do que seria esperado com base no desempenho médio dos pais envolvidos. Uma razão de variância CGC/CEC relativamente grande sugere a importância dos efeitos gênicos aditivos, e uma baixa relação implica a presença de efeitos de genes dominantes e/ou epistáticos. Deve notar-se que, se efeitos do tipo aditivo x aditivos estão presentes, o componente CGC também conterá alguns desses

efeitos em somados aos efeitos aditivos (GRIFFING, 1956, CHRISTIE; SHATTUCK, 1992).

Além desses dois parâmetros uma outra informação esta disponível quando o dialelo possuir os cruzamentos recíprocos dos híbridos (REC). Pode-se indicar qual genótipo deve ser utilizado como genitor masculino ou como genitor feminino em uma combinação híbrida, de acordo com o seu desempenho como doador ou como receptor de pólen (BALDISSERA et al., 2012; ROCHA et al., 2014).

A análise de capacidade de combinação de Griffing não requer pressuposições genéticas (CHRISTIE; SHATTUCK, 1992). Desde que foi proposto tem sido largamente usado por melhorista de plantas e tem proporcionado informações confiáveis sobre o potencial de combinação de genitores (VIANA, 2000; PIMENTEL et al., 2013a). É o mais amplamente utilizado, principalmente em função da sua generalidade. Os parentais podem ser linhas puras, linhas endogâmicas ou populações de autofecundação ou de cruzamento, considerando-se ainda as facilidades de análise e interpretação (PAGLIOSA, 2012).

Alguns cruzamentos tendem a causar desorganização na estrutura gênica do germoplasma, com significativa redução no comportamento geral da população originada, enquanto em outros os genomas envolvidos parecem complementar-se perfeitamente (BORÉM & MIRANDA, 2009). Para avaliar a capacidade de combinação de uma série de genitores potenciais podem-se utilizar os cruzamentos dialélicos.

Os objetivos deste trabalho foram: *i*) estimar capacidades gerais e específicas de combinação através de análise dialélica com o intuito de identificar cruzamentos com maior possibilidade de gerar populações segregantes com desempenho superior; *ii*) verificar a existência de efeito recíproco nos cruzamentos avaliados.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) no Centro de Pesquisa da Região Nordeste, município de Vacaria-RS, na latitude 28° 27' S, longitude 50° 57' W e a 950 metros de altitude. O solo é classificado como Latossolo Bruno Aluminoférico típico (STREEK et al., 2008). O clima da região é do tipo subtropical úmido de verões amenos, segundo a classificação internacional de Koeppen. A temperatura máxima média gira em torno de 25°C no verão e 16°C no inverno. A temperatura mínima média fica em torno de 15°C no verão e 7°C no inverno. As chuvas distribuem-se uniformemente durante todo o ano em uma média anual de 1750 mm.

Foram semeados 16 genótipos. Quatro cultivares comerciais (Marfim, BRS Parrudo, BRS 331 e CD 124) escolhidos como genitores por serem cultivares com ótimo desempenho agrônômico e contrastantes para as características avaliadas. Doze híbridos simples F₁ formados por cruzamentos artificiais entre os cultivares, formando um dialelo completo, com os recíprocos. Os cruzamentos foram realizados na entressafra 2013/2014.

A implantação do experimento ocorreu na safra de inverno 2014 e obedeceu ao zoneamento agroclimático para o Trigo para a safra 2014 (MAPA, 2014). A condução se guiou pelas recomendações da Comissão Brasileira de Trigo e Triticale para a safra 2014 (CBPTT, 2013). O manejo convencional de lavoura foi adotado para dar condições aos genótipos de expressarem os caracteres avaliados. Não foi objetivo do experimento a seleção para estresses bióticos.

Os tratamentos foram dispostos em blocos completos casualizados, com três repetições. As parcelas experimentais foram formadas por duas linhas de 3 metros de comprimento

espaçadas de 0,2 metros, com espaçamento de 0,1 metros entre plantas na linha.

Foram observadas cinco variáveis fenotípicas. Dias da emergência ao espigamento (DEE). Estatura da planta (EST), medida em centímetros, do solo até o topo da espiga, sem considerar as aristas. Comprimento do pedúnculo (PED), medido em centímetros, distância do último entrenó até a base da espiga do colmo principal. Número de espigas por planta (NEP), contagem das espigas que formaram grãos. Massa de grãos por planta (MGP), medido em gramas. As medidas foram obtidas de todas as plantas que compuseram as parcelas. Para avaliações envolvendo estádios fenológicos foi utilizada a escala de Zadoks (ZADOKS, et al. 1974; PASK, 2012).

Foram verificados a normalidade dos dados e a homogeneidade da variância utilizando-se respectivamente os testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett. Os dados fenotípicos observados nas repetições dos 16 genótipos avaliados foram submetidos a análise de variância. A soma dos quadrados dos efeitos dos genótipos foi desdobrada para a determinação da significância das capacidades de combinação, geral e específica e efeitos recíprocos materno e não materno (CGC, CEC, REC MAT e NMAT). As significâncias dos efeitos foram testados com teste F para hipótese H_0 de igualdade dos efeitos dos tratamentos.

Utilizou-se o modelo 1 e método 1 de Griffing (1956), ou seja, modelo fixo e dialélo completo com todas as p^2 combinações, cujo modelo matemático na forma linear corresponde a:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

em que:

Y_{ijk} = valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$);

μ = média geral;

g_i e g_j = efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo e do j -ésimo genitor, respectivamente;

s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j ;

r_{ij} = efeito recíproco que mede as diferenças proporcionadas pelo genitor i , ou j , quando utilizado como macho ou fêmea no cruzamento ij ;

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ = erro experimental médio associado a observação de ordem ij .

Neste modelo são considerados $s_{ij} = s_{ji}$, $r_{ij} = -r_{ji}$ e $r^{ii} = 0$.

As estimativas das CGC, CEC e REC foram testadas pelo teste t . Esta análise foi realizada com o auxílio do programa computacional SAS 9.2 por meio do macro DIALLEL-SAS05 (ZHANG et al., 2005).

Os percentual de efeitos genéticos aditivos envolvidos na determinação dos caracteres foram calculados pela relação entre os quadrados médios da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), em cada caracter estudado pela equação 1.

$$\%CGC = \frac{CGC}{CGC + CEC} \times 100 \quad (1)$$

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de Shapiro-Wilk e de Bartlett indicaram respectivamente a normalidade para a distribuição dos erros e a homogeneidade das variâncias dos dados obtidos no experimento. Na Tabela 5 o resultado da análise de variância revelam que existem efeitos significativos da fonte de variação genótipo para os cinco caracteres observados, com 5% de nível de significância pelo teste F . Portanto, as variáveis estudadas permitem separar os genótipos utilizados, indicando a existência de diferenças entre os genótipos das linhagens de trigo estudadas. Esta diferença é fundamental para a ocorrência de variabilidade genética na progênie resultante do cruzamento destes cultivares entre si. Neste caso os genitores são

denominados de contrastantes para as características em teste. Para o trigo expressar capacidades de combinação em relação aos caracteres em foco é necessário a existência de variabilidade significativa entre os genitores (BERTAN et al., 2009). A capacidade combinatória, devida a presença de genes e/ou poligenes complementares, é a grande responsável pelo sucesso na escolha dos genitores para formação de populações segregantes (LORENCETTI et al, 2005).

Tabela 5: Análise de Variância (ANOVA) com soma de quadrados de tratamentos (genótipos) decomposta em efeito de capacidade geral de combinação (CGC), efeito de capacidade específica de combinação (CEC) e efeito recíproco (REC), sendo REC desdobrado em efeito materno (MAT) e efeito não materno (NMAT), obtidos por análise dialélica utilizando o método 1 de Griffing (1956).

FV	GL	Quadrados Médios				
		DEE ¹	EST	PED	NEP	MGP
Bloco	2	54,87* ²	181,19*	8,97*	7,27*	12,51*
Genótipos	15	50,68*	25,30*	19,47*	3,46*	2,84*
CGC	3	170,60*	76,10*	74,98*	13,57*	10,27*
CEC	6	24,61*	15,69	6,99*	1,12	0,80
REC	6	16,80*	9,50	4,19	0,75	1,15
MAT	3	30,72*	5,64	3,17	0,14	0,17
NMAT	3	2,88	13,35	5,21	1,36	2,13
Resíduo	30	5,54	12,17	2,35	0,83	1,40
Média		68,8	54,6	25,3	4,3	3,7
CV (%)		3,42	6,39	6,06	21,20	31,67
CGC (%)		87,39	82,91	91,47	92,37	92,77

Fonte: Produção do próprio autor.

NOTAS: ¹Variáveis ciclo dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura de planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e massa de grãos em gramas por planta (MGP);

²* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

A partir do desdobramento da soma de quadrados dos tratamentos foram testados os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), da capacidade específica de combinação (CEC) e efeitos recíprocos (REC) das variáveis observadas. A CGC foi significativa para todos os caracteres avaliados, indicando a existência de genes e/ou poligenes com ação gênica aditiva, o que é desejado em genitores a serem utilizados em programas de melhoramento de espécies autógamas (RAMALHO et al., 1993). A magnitude da CGC é dependente da variância genética aditiva e epistática aditiva x aditiva. Desvios significativos da CGC em relação a média, tanto positivos quanto negativos, indicam a possibilidade de um genitor servir aos objetivos de um programa de melhoramento, ampliando ou diminuindo a expressão de determinado caractere (CRUZ et al., 2012).

A CEC foi significativa para as variáveis dias da emergência ao espigamento (DEE) e comprimento do pedúnculo (PED), sugerindo a complementação entre os genitores em relação às frequências dos alelos nos locos com ação gênica não-aditiva, e evidenciando a capacidade de formar híbridos específicos para estes caracteres (NASCIMENTO et al., 2010). Para os demais caracteres os valores de CEC foram não significativos e indicam que as combinações híbridas comportam-se, para as variáveis estatura de planta (EST), número de espigas por planta (NEP) e massa de grãos por planta (MGP), conforme a CGC de seus genitores (BENIN et al., 2009).

O efeito recíproco (REC), ou efeito de uso de um parental como fêmea comparado com o uso deste mesmo parental como macho (BALDISSERA et al., 2012), foi significativo apenas para a variável DEE. Para as demais variáveis e nas combinações híbridas testadas, a análise não detectou efeito significativo com relação a quem foi escolhido como doador ou receptor de pólen. O REC pode ser classificado em dois tipos. O efeito materno (MAT), quando os

efeitos são atribuídos a fatores genéticos citoplasmáticos e o efeito não materno (NMAT), quando genes nucleares tem efeito em genes citoplasmáticos (MUKANGA et al., 2010). Se o efeito recíproco for causado por efeito não materno este pode ser perdido durante o avanço das gerações, por outro lado, se for efeito materno pode ser explorado no melhoramento por permanecer durante as sucessivas gerações (ROCHA, et al. 2014). Portanto, na escolha dos genitores para um programa de melhoramento é necessário levar em conta os fatores nucleares e não nucleares, pois quando existe REC é preciso identificar qual genitor será recomendado como macho ou fêmea (WU; MATHESON, 2001). A soma de quadrados do REC foi desdobrado em efeito materno (MAT) e efeito não materno (NMAT). Apenas MAT foi significativo, inferindo-se que para a variável DEE existe a possibilidade de efeito materno em pelo menos um dos cruzamentos avaliados no dialelo.

A capacidade de combinação entre os genitores representa uma medida mais acurada para a seleção de genitores e populações superiores, pois os parâmetros genéticos são estimados com base nas progênies e nos genitores (PIMENTEL et al., 2013a). Na Tabela 5 podemos observar que a relação entre as capacidades de combinação (CGC/CEC) demonstra claramente que a variação genética aditiva foi o componente mais relevante para todas as variáveis observadas (CHRISTIE; SHATTUCK, 1992; SIBIYA et al., 2011), sendo que a CGC apresentou participação mínima de 82,91 % nos caracteres avaliados. Quando um caracter tem a sua expressão decorrente de efeitos genéticos aditivos significa que a média da progênie para este caracter sera semelhante a dos genitores (RAMALHO et al., 2012). Esta afirmação concorda com Bornhofen et al. (2013) que trabalhando com trigo concluiu que selecionar cruzamentos que apresentem genitores com CGC superior maximiza o rendimento de grãos por planta, o número de grãos por espiga e a estatura de planta. Segundo Pimentel et al. (2013b) os efeitos gênicos aditivos são os

responsáveis pela expressão do caráter produtividade de grãos, nas gerações F_2 e F_3 . Portanto, para o conjunto de genitores avaliados, o uso da CGC mostrou-se mais promissora como orientação para identificação dos melhores genitores.

Resultados com maior significância da CGC em relação a CEC também foram obtidos por Valério et al. (2009), Pagliosa (2012), Bornhofen et al. (2013) e Pimentel et al. (2013b), que analisaram dialelos em trigo. Por outro lado, Naseem et al. (2015) em trabalho de revisão sobre ação gênica e capacidade de combinação em trigo informou que variância de CEC maior do que variância de CGC foram relatadas em muitos experimentos indicando a herança não-aditiva dos caracteres.

Na Tabela 6 podemos observar as estimativas dos efeitos de CGC para os genitores avaliados. BRS 331 mostrou o comportamento de diminuir a magnitude de todos os caracteres observados quando foi utilizado nos cruzamentos, portanto, transmitiu alelos de ação gênica aditiva que resultaram em progênies de menor ciclo, menor estatura e menor rendimento de grãos em relação a média dos genótipos avaliados. Para Marfim as estimativas da CGC dos caracteres PED (0,95 cm), NEP (0,95) e MGP (0,75 gr), indicaram que este genitor incrementou o rendimento de grãos e o comprimento do pedúnculo na média dos cruzamentos em que participou. BRS Parrudo apresentou CGC significativa apenas para a variável DEE (3,48 dias). Demonstrou um potencial de aumentar o valor deste caractere na média dos cruzamentos avaliados. CD 124 foi significativo para os caracteres DEE (-2,43 dias) e PED (1,82 cm). A sua utilização nos cruzamentos resultou em progênies que apresentaram, em média, uma diminuição no ciclo da emergência ao espigamento acompanhado de um aumento no comprimento do pedúnculo. A predominância de variação genética aditiva significativa nos caracteres da geração F_1 indica que os genitores envolvidos

nestes cruzamentos podem ser selecionados com base em seus valores de CGC (YAO et al., 2011).

Tabela 6: Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) dos cultivares avaliados em relação aos caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura da planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e produção de grãos em gramas por planta (MGP).

Cultivar	CGC				
	DEE	EST	PED	NEP	MGP
Marfim	0,64	1,22	0,77* ¹	0,95*	0,75*
BRS Parrudo	3,48*	1,36	-0,28	-0,14	0,24
BRS 331	-1,69*	-2,49*	-2,32*	-0,87*	-0,78*
CD 124	-2,43*	-0,09	1,82*	0,06	-0,22

Fonte: Produção do próprio autor.

NOTAS: ¹ * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Em termos de ideotipo uma tendência do melhoramento de trigo é uma busca por genótipos mais precoces e com alto rendimento (SCHEEREN et al., 2011b), com redução na estatura (YAO et al., 2011) e diminuição do comprimento do pedúnculo (FOULKES et al., 2011). A obtenção de progresso genético para um único caractere pode ser realizado com relativa facilidade. O desafio se apresenta quando consideramos o melhoramento de diversos caracteres simultaneamente. Compor um bloco de cruzamentos procurando atender a estes objetivos utilizando os genitores avaliados neste estudo representa bem as dificuldades a serem vencidas. Com base na CGC, Marfim pode ser indicado por transferir alelos favoráveis ao aumento da produção de grãos através do incremento das variáveis NEP e MGP. Todavia, também aumenta PED. BRS331 pode ser selecionado para diminuir a magnitude de DEE, EST e PED, Porém, provoca também a diminuição do rendimento. CD 124 pode ser

indicado para contribuir com alelos que diminuam DEE. Porém também aumenta PED.

As estimativas de CEC (Tabela 7) representam a concentração de genes de efeito não aditivo (JUNG et al., 2007). Os seus efeitos podem ser interpretados como o desvio de um híbrido em relação ao previsto pela CGC dos genitores.

Tabela 7: Estimativas da capacidade específica de combinação (CEC) e do efeito recíproco (REC) dos híbridos de trigo e seus genitores em relação aos caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura da planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e produção de grãos em gramas por planta (MGP).

Cruzamentos		CEC				
i ¹	j	DEE	EST	PED	NEP	MGP
Marfim	BRS Parrudo	-0,28	0,85	0,25	-0,15	0,33
Marfim	BRS 331	-0,09	1,97	1,11*	-0,27	-0,09
Marfim	CD 124	0,81	-0,16	-0,27	0,29	0,28
BRS Parrudo	BRS 331	3,71*	-0,60	0,33	0,12	-0,02
BRS Parrudo	CD 124	-0,40	1,07	1,07	-0,44	-0,33
BRS 331	CD 124	-1,58	-2,06	0,35	-0,47	-0,38

Cruzamentos		REC				
j	i	DEE	EST	PED	NEP	MGP
Marfim	BRS Parrudo	-1,63	-0,49	-0,52	-0,45	-0,48
Marfim	BRS331	-0,25	-0,19	-0,57	-0,12	-0,01
Marfim	CD 124	1,84	0,04	-0,08	0,12	0,21
BRS Parrudo	BRS331	-0,48	-0,32	-0,05	0,32	0,48
BRS Parrudo	CD 124	2,02	-2,48	-1,18	-0,59	-0,78
BRS 331	CD 124	2,52*	1,72	1,48*	0,26	0,18

Fonte: Produção do próprio autor.

NOTAS: ¹ i = genitor receptor de pólen, j = genitor doador de pólen.

² * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Foram observados (Tabela 7) efeitos significativos de CEC nos cruzamentos Marfim x BRS 331 para o caractere PED (1,11 cm) e BRS Parrudo x BRS 331 para DEE (3,71 dias). Para REC, verificou-se significância no híbrido de CD 124 com BRS 331. Quando CD 124 foi utilizado como fêmea

ocorreram diminuições estatisticamente significativas de 2,52 dias no DEE e 1,48 cm no PED.

As médias das combinações híbridas (Tabela 8) se comportaram em sua maioria de acordo com o previsto pela CGC, o que pode ser explicado pelo predomínio da CGC e de seus efeitos gênicos aditivos.

Tabela 8: Média dos cultivares de trigo Marfim, BRS Parrudo, BRS 331 e CD 124 e seus híbridos simples avaliados para os caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura de planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e massa de grãos em gramas por planta (MGP).

Genótipo	DEE	EST	PED	NEP	MGP
Marfim	69,65abcde	54,36ab	25,77abcd	6,34a	4,71a
BRS Parrudo	72,75abc	55,98ab	23,11cde	4,50abc	4,24a
BRS 331	63,38ef	50,31ab	18,89e	3,17bc	2,66a
CD 124	65,13def	55,58ab	27,81ab	5,05abc	3,72a
Marfim x BRS Parrudo	71,03abcd	57,52ab	25,53abcd	4,52abc	4,58a
Marfim x BRS 331	67,41bcdef	55,08ab	24,32bcd	4,00abc	3,62a
Marfim x CD 124	69,67abcde	55,58ab	27,56abcd	5,72ab	4,77a
BRS Parrudo x Marfim	74,29ab	58,51ab	26,58abcd	5,42abc	5,55a
BRS Parrudo x BRS 331	73,83ab	52,53ab	22,99de	3,74abc	3,65a
BRS Parrudo x CD 124	71,49abcd	54,44ab	26,76abcd	3,19bc	2,64a
BRS 331 x Marfim	67,92abcde	55,48ab	25,45abcd	4,23abc	3,62a
BRS 331 x BRS Parrudo	74,80a	53,17ab	23,10cde	3,09bc	2,70a
BRS 331 x CD 124	65,64cdef	51,67ab	26,66abcd	3,28bc	2,53a
CD 124 x Marfim	65,99cdef	55,51ab	27,72abc	5,49abc	4,34a
CD 124 x Parrudo	67,44bcdef	59,40a	29,11a	4,37abc	4,21a
CD 124 x BRS 331	60,59f	48,23b	23,70bcd	2,75c	2,17a

Fonte: Produção do próprio autor.

NOTAS: ¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%.

Percebe-se a ocorrência de heterose (Tabela 8) na média dos cruzamentos BRS 331 x BRS Parrudo, para DEE, e no cruzamento CD 124 x Parrudo para EST e PED.

A comparação entre genitores na tabela 9 confirma que estes são contrastantes para os caracteres avaliados, condição fundamental para que as progênies resultantes das hibridações apresentem variabilidade genética.

Tabela 9: Estimativa de contrastes de médias entre híbridos F₁ e recíprocos vs a média dos genitores, e dos genitores vs genitores para os caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura de planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e massa de grãos em gramas por planta (MGP) (Continua).

Contraste	Quadrado Médio				
	DEE	EST	PED	NEP	MGP
CD 124 vs BRS 331	284,26	2590,74*	7445,77*	330,18*	103,56
CD 124 vs Marfim	1913,62*	136,91	390,44*	155,30*	92,51
CD124vsBRSParrudo	5536,92*	15,78	2105,40*	29,40	26,11
BRS 331 vs Marfim	3651,87*	1527,17*	4399,23*	932,87*	389,56*
BRS331vsBRSParrudo	8310,83*	3045,43*	1688,16*	165,94*	235,23*
Marfim vs BRSParrudo	909,58*	247,62	668,69*	322,03*	21,02
Marfim x CD 124 vs Genitores	67,45	4,89	7,61	0,01	3,99
Marfim x BRS 331 vs Genitores	33,17	311,50	163,32	23,72	0,21
MarfimxBRSParrudo vs Genitores	1,40	247,06	53,60	36,54	0,48
BRS Parrudo x CD 124 vs Genitores	282,63	78,24	73,01	108,79	77,44
BRSParrudo x BRS331 vs Genitores	1873,06*	21,43	224,91*	0,52	2,20

Fonte: Produção do próprio autor.

NOTAS: *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 9: Estimativa de contrastes de médias entre híbridos F_1 e recíprocos vs a média dos genitores, e dos genitores vs genitores para os caracteres dias da emergência ao espigamento (DEE), estatura de planta em centímetros (EST), comprimento do pedúnculo em centímetros (PED), número de espigas por planta em unidades (NEP) e massa de grãos em gramas por planta (MGP) (Conclusão).

Contraste	Quadrado Médio				
	DEE	EST	PED	NEP	MGP
BRS Parrudo x Marfim vs Genitores	430,65	502,41	208,03*	0,01	51,84
BRS 331 x CD 124 vs Genitores	144,97	123,54	829,05*	52,84	32,63
BRS 331 x Marfim vs Genitores	159,42	809,21	799,14*	22,46	0,37
BRS331 x BRSParrudo vs Genitores	2847,90*	0,03	277,05*	34,53	35,90
CD 124 x BRS 331 vs Genitores	763,74*	1260,40	6,81	104,83	58,51
CD 124 x BRS Parrudo vs Genitores	161,95	23,92	71,54	3,62	1,25
CD 124 x BRS Parrudo vs Genitores	138,54	812,82	825,98*	10,00	3,31

Fonte: Produção do próprio autor.

NOTAS: *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O contraste entre os híbridos e a média dos genitores para cada combinação mostraram a existência de dominância unidirecional nos híbridos BRS 331 x BRS Parrudo e BRS331 x BRS Parrudo com a heterose se manifestando no sentido de aumentar o valor dos caracteres DEE e PED.

A análise dialélica se mostrou útil para discriminar genitores conforme diferentes metas a serem buscadas na obtenção de genótipos superiores corroborando a afirmação de Pimentel et al. (2013a) que comparou métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo e concluiu que a análise dialélica constitui o método de

predição mais promissor para determinação de genitores e populações segregantes superiores.

3.6 CONCLUSÃO

Os genitores avaliados são contrastantes e existe variabilidade genética para os caracteres estudados.

É maior a importância da CGC e dos efeitos aditivos no controle genético das variáveis observadas.

O efeito da CGC do genitor Marfim é de aumento do NEP e MGP, do BRS Parrudo é de aumentar DEE, do CD 124 é de diminuir DEE, do BRS 331 é de diminuir todos os caracteres avaliados.

O cruzamento CD 124 x BRS 331 apresenta efeito recíproco diminuído DEE quando CD 124 é utilizado como fêmea.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trigo ocupa posição de destaque como uma das principais “commodities” alimentares do mundo. O Brasil, por suas potencialidades, poderia ter expressão mundial como produtor e exportador de trigo, meta que tem dimensão estratégica para uma política de segurança alimentar. Portanto, torna-se necessário a continuidade da pesquisa e melhoramento do trigo com a obtenção de novos cultivares, mais produtivos e mais estáveis. Para alcançar este objetivo é preciso aumentar a variabilidade genética posta à disposição do melhorista e aumentar a frequência de alelos favoráveis nas novas cultivares. O desafio para os melhoristas de trigo é aumentar ganhos genéticos em produtividade a uma taxa não inferior a crescente procura pelo grão, em combinação com práticas agronômicas adequadas para minimizar flutuações na produção, focando também na sustentabilidade social, econômica e ambiental.

Neste contexto, os resultados deste estudo apontaram que o uso de técnicas de análise multivariadas juntamente com a análise dialélica são ferramentas importantes para predição dos cruzamentos que tem o maior potencial de gerar genótipos superiores. Em experimentos futuros pode-se investigar o cruzamentos entre genótipos trigo elite e genótipos que apresentem capacidade específica de combinação.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R. W.; **Princípios do melhoramento genético de plantas**. Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional – USAID. Rio de Janeiro, 381 p. 1971.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M.; SANGOI, L.; Conceito de ideotipo e seu uso no aumento do rendimento potencial em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 325-332, 1998.

BALDISSERA, J. N. C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; ALMEIDA, C. B. A.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. **Capacidade combinatória e efeito recíproco em características agronômicas do feijão**. Semina: Ciências Agrárias. Londrina, v. 33, n. 2, p. 471-480. 2012.

BECHE, E.; BENIN, G.; SILVA C. L.; MUNARO L. B.; MARCHESE, J. A. Genetic gain in yield and changes associated with physiological traits in Brazilian wheat during the 20th century. **European Journal of Agronomy**, n. 61, p. 49-59. 2014.

BENIN, G.; SILVA, G. O.; PAGLIOSA, E. S.; LEMES, C.; SIGNORINI, A.; BECHE, E.; CAPELIN, M. A. Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, p.1145-1151, 2009.

BERED, F.; CARVALHO, F. I. F.; BARBOSA NETO, J. F. Variabilidade genética em trigo. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. n. 14, p. 22 -25. 2000.

BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. DE; BENIN,G.; VIEIRA, E. A.; VALÉRIO, I. P. Morphological,

pedigree, and molecular distances and their association with hybrid wheat performance. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 155-163, 2009.

BORÉM, A.; MIRANDA G. V. **Melhoramento de plantas**. 5ed. Viçosa: UFV, 2009.

BORNHOFEN, E.; BENIN, G., MATEI, G.; SILVA, C. L.; BECHE, E. PAGLIOSA, E. D. Capacidade de combinação entre genitores de trigo em duas gerações. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.34 n.6, suplemento 1, p 3129 – 3140. 2013

CBPTT. Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. **Informações técnicas para trigo e triticale safra 2014**. VIII Reunião. Londrina. 2013.

CAETANO, V. R.; SCHEEREN, P. L.; COMEAU, A. Enfoque sistêmico no melhoramento permite solução simultânea e acelerada de múltiplos problemas. **Iº Simpósio Sobre Inovação e Criatividade Científica na Embrapa**. Embrapa, 2008.

COIMBRA, J. L. M.; SANTOS, J. C. P.; ALVES, M. V.; BARZOTTO, I. **Técnicas multivariadas aplicadas ao estudo da fauna do solo: contrastes multivariados e análise canônica discriminante**. *Ceres*, v.54, n.313, p.270-276, 2007.

COMEAU, A.; CAETANO, V. R.; LANGEVIN, F.; HABER, S. A systemic approach to germplasm development shows promise. In: **Wheat Production in Stressed Environments**. BUCK, H. T. et al.; Springer, 152-160, 2007.

COMEAU, A.; LANGEVIN, F.; CAETANO, V. R.; HABER, S.; SAVARD, M. E. Et al.; A different path to the summit of

Fusarium Head Blight resistant in wheat: developing germplasm with a systemic approach. **Plant Breeding and Seed Science**. V. 63, p. 39-48, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos**. V.2 – Safra 2014/15. N.7 – Sétimo Levantamento. Abril/2015. 105 p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_10_09_22_05_boletim_graos_abril_2015.pdf Acesso em 05 maio 2015.

CONAB. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2014/15 de grãos**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos Acesso em 05 maio 2015.

CHRISTIE, B. R.; SHATTUCK, V. I. 2-The Diallel Cross: Design, Analysis, and Use for Plant Breeders. In: **Plant Breeding Reviews**. Volume 9. John Wiley & Sons. 1992.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Volumes 1 e 2. 4.ed. Viçosa, UFV, 2012.

CRUZ, C.D. **GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics**. Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá, v.35, n. 3, p. 271-276, July - Sept. 2013.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: biometria**. Viçosa, UFV, 2006a.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: estatística experimental e matrizes.** Viçosa, UFV, 2006b.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: análise multivariada e simulação.** Viçosa, UFV, 2006c.

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

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L.; CARGNIN, A. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 9, n. 1, p. 05-08, jan-mar, 2003.

CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; VARGAS, L. Bases para produção competitiva e sustentável de trigo no Brasil. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável.** Embrapa Trigo. Passo Fundo. 2011. Cap.1, 488 p.

CUNHA, G. R.; VENTIMIGLIA, L. A.; HASS, J. C.; GARCIA, R.; MacMANEY, M. Composição do rendimento de grãos em genótipos de trigo argentino. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha.** V.2, n.2, p. 155-162, 1996.

DESTRO, D.; MONTALVAN, R. **Melhoramento genético de plantas.** Ed. UEL. Londrina. 1999.

DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística aplicada.** 2^a Edição. Editora Saraiva. São Paulo. 2006.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. **Stability parameters for comparing varieties.** Scientia Agrícola, Piracicaba, v.6, n.1, p.36-40, 1966.

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

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. Volume 1. Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. 1987.

FERREIRA, D. F.. **Estatística Multivariada**. Lavras: Ed. UFLA, 2011. 676p.

FERREIRA, F. M.; JUNIOR, J. I. R.; PACHECO, C. A. P.; SILVA, C. H. O.; FILHO, S. M. **Genetic components of combining ability in a complete diallel**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.4, p.338-343, 2004.

FOULKES M. J.; SLAFER, G. A.; DAVIES, W. J.; BERRY, P. M.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; et al. Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 2, p. 469–86, 1 jan. 2011.

FRANCO, F. A.; MARCHIORO, V. S.; NORA T. D.; OLIVEIRA, E. F.; SCHUSTER, I.; et al. CD 124 – Cultivar de potencial produtivo e qualidade de panificação. In: **Anais da V reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Dourados, MS. 25 a 28 de Julho de 2011.

GONÇALVES, M. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Tópicos Especiais de Biometria no Melhoramento de Plantas**. UFV, Viçosa. 282p. 2012.

GRANER, E. A. **Elementos de genética: bases para o melhoramento de plantas e animais**. 3 ed. Edições Melhoramentos. São Paulo. 1959.

GRASSINI, P.; ESKRIDGE, K. M.; CASSMAN, K. G. Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. **Nature communications** 4, doi: 10.1038/ncomms3918, 2013.

GRAYBOSCH, R.A.; PETERSON, C.J. Genetic improvement in winter wheat yields in the great plains of North America, 1959–2008. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 1882-1890, 2010.

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

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 3 ed. Springer: New York, 2010.

HALLAUER, A. R. Relation of gene action and type of testers in maize breeding programs. **Annual Corn Sorghum Conference**, 30, p.150-159. 1975.

HAMAWAKI, O. T.; VELLO, N. A.; DIDONE C. A. Improvement in genetic characteristics and oil yield of selected soybean progenies from octuple crosses. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 4, p. 855-864, 2000.

HANSON, W. D. The breakup of initial linkage blocks under selected mating systems. **Genetics**. v.44, p. 857-868. 1959.

HARRIS, R. J. **A primer of multivariate statistics**. New York: Academic, 332p. 1975.

JINKS, J. L.; HAYMAN, B. I. The analysis of diallel crosses. **Maize Genetics News Letter**. Columbia. v. 27, p. 48-54. 1953.

JUNG, M. S.; VIEIRA, E. A.; SILVA, G. O.; BRANCKER, A.; NODARI, R. O. Capacidade de combinação por meio de análise multivariada para caracteres fenotípicos em maracujazeiro-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42., n.5, p. 689-694, 2007.

KATO, T.; TAKEDA, K. Associations among characters related to yield sink capacity in spaced-planted rice. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 1135-1139, 1996.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F. de; ASSMAN, I. C.; CRUZ, P. J. **Capacidade combinatória como critério de eficiência na solução de genitores em feijoeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p. 645-651, 2001.

LEDO, C. A. da S.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p.1214 -1221, 2003.

LOPES, M. S.; EL-BASYONI, I.; BAEZINGER, P. S.; SINGH, S.; ROYO, C.; OZBEK K.; AKTAS, H.; OZER, E.; OZDEMIR, F. MANICKAVELU, A.; BAN, T.; VIKRAM; P. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. **Journal of experimental botany**. Oxford. V.66 (12); p. 3477 – 3486; 2015.

LOPES, M. S.; REYNOLDS, M. P.; MANES, Y.; SINGH, R. P.; CROSSA, J., BRAUN, H. J. Genetic yield gains and changes in associated traits of CIMMYT spring bread wheat in a historic set representing 30 years of breeding. **Crop Science** Vol. 52, p. 1123-1131, 2012.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F. I.; BENIN, G.; MARCHIORO, V. S.; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, J. A. G.; HARTWIG, I.; SCHIMIDT, D. A. M.; VALERIO, I. P. **Capacidade combinatória e heterose em cruzamento dialélico de aveia (*Avena sativa* L.).** Revista Brasileira Agrociência, v.11, p.143-148, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola de risco climático para a cultura de Trigo.** Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1212412361>. Acesso em 01 de junho de 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares de Trigo.** Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivar_es_registradas.php. Acesso em 06 de maio de 2015.

MATHER, K., JINKS, J. L. **Introdução à genética biométrica.** Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Editora UFMG. Belo Horizonte, 2005.

MORAIS JUNIOR, O. P. **Variabilidade e progresso genético com seleção recorrente em arroz de terras altas. Dissertação de Mestrado.** UFG. 2013.

MUKANGA, M.; DERERA, J.; TONGOONA, P. Gene action and reciprocal effects for ear root resistance in crosses derived

from five tropical maize populations. **Euphytica**, v.174, n. 2, p. 293-301, 2010.

MUNIZ, F. R. S. **Análise da variabilidade genética em populações segregantes de soja**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). UNESP. Jaboticabal. 2007.

NASCIMENTO, I. R.; MALUF, W. R.; GONÇALVES, L. D.; FARIA, M. V.; RESENDE, J. V. R.; NOGUEIRA, D. W. Capacidade combinatória de linhagens de pimentão a partir de análise dialélica multivariada. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 235-240, 2010.

NASEEM, Z.; MASSOD, S. A.; ARSHAD, S.; ANNUM, N.; BASHIR, M. K.; et al. Critical study of gene action and combining ability for varietal development in wheat: An Overview. **Life Science Journal**. 12(3s): 104-108. 2015.

OR SEMENTES. Cultivares de Trigo. **Cultivar Marfim**. Disponível em: <http://www.orsementes.com.br/cultivares/cultivares-atuais> Acesso em 18/05/2015.

PAGLIOSA, E. S. **Metodologias de análise dialélica como critério para a seleção de genitores de trigo**. Dissertação de mestrado. UTFPR. Pato Branco. 2012.

PARRY, M. A. J. et al. Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. **Journal of experimental botany**, v. 62, n. 2, p. 453–67, 1 jan. 2011.

PASK, A. J. D. et al. **Physiological breeding II: a field guide to wheat phenotyping**. Mexico: CIMMYT, 2012.

PIMENTEL, A. J. B. **Seleção de genitores e predição do potencial genético de populações segregantes de trigo.** Dissertação de mestrado. UFV. Viçosa. 2010.

PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G.; SOUZA, M. A. de; MOURA, L. M.; ASSIS, J. C. de; MACHADO, J. C. Comparação de métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo. **Bragantia** v. 72, p. 113-121, 2013a.

PIMENTEL, A. J. B.; SOUZA, M. A.; CARNEIRO, P. C. S.; ROCHA, J. R. A. S. C.; MACHADO, J. C.; RIBEIRO, G. Análise dialéctica parcial em gerações avançadas para seleção de populações segregantes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n.12, p. 1555-1561, dez. 2013b.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas.** 2 ed. Lavras. UFLA. 2005.

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

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária.** 5.ed. Lavras; Ed. UFLA. 2012.

RAMALHO, M. A. P.; VENCOSKY, R. Estimación dos componentes da variância genética em plantas autógamas. In: **Ciência Prática.** 2(2):117-40, Jul/Dez. 1978.

RENCHER, A. C. **Methods of multivariate analyses.** 2 ed. New York, Wiley-Interscience. 740p. 2002.

REYNOLDS, M. et al. Raising yield potential in wheat. **Journal of experimental botany**, v. 60, n. 7, p. 1899–918, 1 jan. 2009.

REYNOLDS, M. P.; PASK, A. J. D.; MULLAN, D. M. **Physiological breeding I: interdisciplinary approaches to improve crop adaptation**. Mexico: CIMMYT, 2012.

ROBINSON, R. Breeding for quantitative variables. Part 2. Breeding for durable resistance to crop pests and diseases. P. 367-390. In: CECCARELLI, S.; GUIMARÃES, E. P.; WELTZIEN, E. **Breeding and farmer participation Plant**. FAO, Rome, Italy. 671p. 2009.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; MARCHESE, J. A. Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 817–825, jun. 2007.

ROCHA, F.; STINGHEN, J.C; MURIELLI, S. G.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Análise dialéctica como ferramenta na seleção de genitores de feijão. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 1, p. 74-81. UFC, Fortaleza, 2014.

SCHEEREN, P. L., CARVALHO, F. I. F. de, FEDERIZZI, L. C. **Análise da capacidade combinatória de seis caracteres adaptativos em trigo (*triticum aestivum* L.)**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 30, n. 6, p. 831-846, jun. 1995.

SCHEEREN, P. L.; et al. Melhoramento de Trigo no Brasil. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Embrapa Trigo. Passo Fundo. Cap.17, 488 p. 2011a.

SCHEEREN, P. L.; CAETANO, V. R.; CAIERÃO, E.; SILVA, M. S.; EICHELBERGER, L.; et al. BRS 331 – Cultivar duplo-haploide superprecoce de trigo. In: **Anais da V reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Dourados, MS. 25 a 28 de Julho de 2011b.

SCHEEREN, P. L.; CAETANO, V. R.; CAIERÃO, E.; SILVA, M. S.; EICHELBERGER, L.; et al. BRS Parrudo – Nova Proposta de Arquitetura de Planta de Trigo adaptada ao Sul do Brasil. In: **Anais da V reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Dourados, MS. 25 a 28 de Julho de 2011c.

SCHLOTZHAUER, S. D. **Elementary Statistics Using SAS**. SAS Institute. Cary, NC, USA. 2009.

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.

SIBIYA, J.; TONGOONA, P.; DERERA, J; van RIJ, N.; MAKANDA, I. Combining ability analysis for Phaeosphaeria leaf spot resistance and grain yield in tropical advanced maize inbreed lines. **Field Crops Research**, V. 120, N. 1 P. 86-93, 2011.

SILVA, E. C.; FERREIRA, D. F.; BEARZOTI, E. Avaliação do poder e taxas de erro tipo I do teste de Scott-Knott por meio do método de Monte Carlo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.3, p.686-696, 1998.

SILVA, G. O.; PEREIRA, A. S. P.; SOUZA, V. Q.; CARVALHO, F. I. F.; VIEIRA, E. A.; Capacidade de combinação multivariada para caracteres de tubérculo em

gerações iniciais de seleção em batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n. 2, p. 321-325, mar-abr, 2008.

SILVA, J. G. C. **Estatística experimental: análise estatística de experimentos**. Versão Preliminar. UFPEL, Pelotas, 333 p., 2003.

SILVA, J. G. C.; MACHADO, A. A. M. **Análise multivariada: extensões de métodos univariado**. UFPEL, Pelotas, 225 p., 2001.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F.I.F; NEDEL, J. L.; CRUZ, P. J.; SILVA, J. A. G.; CAETANO, V. R.; HARTWIG, I.; SOUZA, C. S.; Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**. V. 64, n. 2, p. 191-196. Campinas. 2005.

SORDI, D. **Parâmetros genéticos em populações de soja derivadas de cruzamentos simples e múltiplos conduzidas por três diferentes métodos de avanço de gerações**. Dissertação de mestrado. UNESP. Jaboticabal, 2010.

SOUZA, C. N. A., CAIERÃO, E. **Cultivares de trigo indicadas para cultivo no Brasil e instituições criadoras 1922 a 2014**. 2 ed. Brasília. Embrapa. 2014.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* V 34 p. 923-32, 1942.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D.A; **Principles and procedures of statistics a biometrical approach**. McGraw-Hill. New York. 1997.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. Ed. Porto Alegre. EMATER. 2008.

USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE)**. Washington. April/2015.40 p. Disponível em: <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/Acessoem> 05 maio 2015.

VALERIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SOUZA, V. Q.; BENIN, G.; SCHMIDT D. A. M.; RIBEIRO, G.; NORBERG, R.; LUCH, H. Combining ability of wheat genotypes in two models of diallel analyses. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, p. 100-107, 2009.

VARELLA, C. A. **Análise Multivariada Aplicada as Ciências Agrárias – Análise de Componentes Principais**. UFRRJ, Seropédica. 2008.

VEIGA, R. D.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência dos dialelos circulantes na escolha de genitores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1395 – 1406, jul. 2000.

VERNETTI, F. J. Genética de soja – caracteres quantitativos. In: **Soja – Fundação Cargill**. Campinas. 1983.

VIANA, J. M. S., The parametric restrictions of the Griffing diallel analysis model: combining ability analysis. **Genetics and Molecular Biology**, v.23, n.4, p. 877-881, 2000.

WU, H. X.; MATHESON, A. C. Reciprocal, maternal and non-maternal effects in radiata pine diallel mating experimente on

four Australia sites. **Forest genetics**, v. 8, n. 3, p. 205-212, 2001.

YAO, J. B.; MA, H. X.; REN, L. J.; ZHANG, P. P.; YANG, X. M.; YAO, G. C.; ZHANG, P.; ZHOU, M. P. Genetic analysis of plant height and its components in diallel crosses of bread wheat. **Australian Journal of Crop Science**. 5(11): 1408-1418. 2011.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK C. F. **A decimal code for the growth stages of cereals**. Weed Res. 14: 415-21. 1974.

ZHANG, Y; KANG, M. S.; LANKEY, K. R. DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart Analyses. **Agronomy Journal**, v.97, n. 4, p.1097-1106, 2005.