

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TRIGO COM ALTO PADRÃO DE QUALIDADE INDUSTRIAL E COMPONENTES DE PRODUTIVIDADE

Adriel Evangelista¹; Juliana Parisotto Poletine¹; Marco Antônio Aparecido Barelli²; Valvenarg Pereira da Silva²

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus Regional de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.

E-mail: adriel@coodetec.com.br; jppoletine@uem.br

²Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Faculdade de Ciências Agro-Ambientais, Av. São João, s/nº, CEP 78200-000 Cáceres, MT. E-mail: mbarelli@unemat.br; silvabiologo@hotmail.com

RESUMO: O grão de trigo é de grande importância para a alimentação humana devido à diversidade de produtos formados através da farinha como fonte de matéria prima. Alguns fatores são fundamentais para que profissionais possam obter êxito em programas de melhoramento genético, que resultem em linhagens de trigo com alto padrão de qualidade industrial e elevado potencial de rendimento de grãos em função, por exemplo, da época de semeadura e caracterização da divergência genética. Dessa forma, o objetivo da presente revisão de literatura foi compilar informações sobre linhagens de trigo, com dissimilaridade genética para as principais características agronômicas e tecnológicas, com potencial para geração de populações segregantes. Concluiu-se que os fatores que mais afetam a qualidade do grão de trigo são resistência às principais doenças (ferrugem e mancha da folha e brusone), número de dias para o espigamento, número de dias para maturação fisiológica, altura de planta, número de espiga por metro, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos, peso do hectolitro e rendimento de grãos. Com relação à qualidade industrial foram observados os seguintes fatores como os importantes nas análises tecnológicas de alveografia: extensibilidade, tenacidade, força geral do glúten e número de queda.

PALAVRAS-CHAVE: seleção, *Triticum aestivum* L., variabilidade, épocas de semeadura.

SELECTION OF WHEAT LINES WITH SUPERIOR STANDARD OF INDUSTRIAL QUALITY AND YIELD COMPONENTS

ABSTRACT: Wheat grain is of great importance for human food due to the diversity of products formed through flour as source of raw material. Some factors are fundamental for professionals to succeed in crop breeding programs that result in wheat lines with high industrial quality standards and high grain yield potential due, for example, to sowing time and characterization of genetic divergence. Thus, the aim of this literature review was to compile information about wheat lines, with genetic dissimilarity for the main agronomic and technological characteristics, with potential for generation of segregating populations. It was concluded the factors that most affect quality of wheat grain are resistance to the main diseases (rust and leaf stain and blast), number of days for heading stage, number of days for physiological maturation, plant height, number of spikelets per spike, number of grains per spike, number of spikes per meter, thousand grain weight, weight of hectoliter and grain yield. Regarding to industrial quality, the following factors were observed as important in alveography technological analyses: extensibility of mass, tenacity, general gluten force and falling number.

KEY WORDS: selection, *Triticum aestivum* L., variability, sowing times.

O trigo (*Triticum aestivum* L.) foi uma das primeiras espécies a ser cultivada no mundo, sendo uma planta originária do cruzamento de outras gramíneas silvestres que existiam próximas ao rio Tigre e Eufrates (Silva et al., 2000). A composição das proteínas presentes nos grãos de trigo faz da espécie *Triticum aestivum* o cereal de maior importância para a alimentação humana, pois através do processo de panificação, torna-se um cereal mundialmente consumido (Joshi et al., 2007).

Este cereal possui importante papel no aspecto econômico e nutricional da alimentação humana, pois sua farinha é largamente utilizada na indústria alimentícia (Ferreira, 2003). Devido às características de composição do grão, o trigo é utilizado na fabricação de pães, bolos, biscoitos, barras de cereais, além de macarrões, massas para pizza entre outras utilizações de seus derivados pela indústria. Sua diversidade de utilização, características nutricionais e facilidade de armazenamento têm feito do trigo o alimento básico de aproximadamente um terço da população mundial (Sleper e Poehlman, 2006), fornecendo 500 kcal de energia per capita por dia em dois dos mais populosos países do mundo, a China e a Índia, e mais de 1400 kcal per capita por dia no Irã e na Turquia.

Além disso, o trigo se constitui em uma importante cultura na rotação e ou sucessão cultural nas unidades de produção agropecuárias, garantindo o fluxo econômico e a sustentabilidade da propriedade (Dixon, 2009).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO, 2014), houve aumento na estimativa da produção mundial de cereais, em 2.542 milhões de toneladas, superior em 20 milhões em relação ao ano de 2013. A maioria desta elevação deve-se a um crescimento da produção de trigo na Argentina, Ásia Central e Europa. Com a colheita de trigo de inverno de 2015, a FAO prevê que a produção para este ano ultrapasse as 720 milhões de toneladas, um por cento abaixo do recorde de 2014, contando com rendimentos normais na União Europeia e Ásia Central após níveis elevados. Em nível mundial estima-se que 1,12 bilhões de toneladas de cereais sejam utilizados para consumo alimentar em 2014/2015 (Diário Agrário, 2015).

O trigo (*Triticum aestivum* L.) tem se destacado por sua importância para a economia mundial (Oliveira Neto et al., 2017). É a segunda maior *commodity* agrícola, com sua produção amplamente disseminada por diferentes regiões, em diferentes condições de clima e usos para produto final (Farias et al., 2019). Por ser um dos principais alimentos da dieta

humana e usado por 35% da população do mundo, vem constituindo-se num dos alimentos mais importantes da cesta básica brasileira (Brammer et al., 2005).

A produção interna de trigo projetada para 2018/2019 é de 7,89 milhões de toneladas com consumo estimado em 12,25 milhões de toneladas. Com a produção inferior a demanda, o Brasil não exporta o cereal e busca a autossuficiência. O abastecimento interno ainda exigirá importações de trigo para os próximos dez anos. As principais áreas produtoras do cereal são China, União Européia, Estado Unidos, Índia, Rússia, Canadá e Argentina (MAPA, 2018).

O estado do Paraná possui expressiva diversidade quanto aos aspectos e riscos edafoclimáticos distintos, conferindo diversidade à produtividade da cultura. Esse fato justifica estudos para identificar genótipos mais adequados às regiões de cultivo, de comportamento previsível, adaptados a ambientes desfavoráveis e que sejam responsivos à melhoria das condições de ambiente (Franceschi et al., 2010).

Os programas de melhoramento genético de trigo têm como objetivo desenvolver genótipos produtivos, que contemplem as características agronômicas desejáveis, sejam consistentes nos mais distintos ambientes de cultivo e mantenham seu desempenho em função das modificações impostas pelos fatores bióticos e abióticos (Szarecki, 2017). Na região sul do país, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, o trigo é uma das principais alternativas de cultivo no inverno (Schuch et al., 2000).

De acordo com Cargnin et al. (2006), a migração do trigo em direção aos pólos e ao Equador pode ser atribuída à seleção natural e ao desenvolvimento de novas cultivares adaptadas às condições ambientais específicas. Neste sentido, a região do Cerrado do Brasil Central apresenta grande potencial para a expansão da cultura de trigo, por oferecer ótimas condições de clima e solo, posição estratégica de mercado e capacidade de industrialização, além de poder ser colhido na entressafra da produção dos estados do Sul e da Argentina e com características superiores de qualidade industrial para panificação (Albrecht et al., 2005).

O interesse em maximizar o rendimento de trigo tem estimulado o manejo intensivo na cultura, integrando a adoção de determinadas práticas, como época de semeadura, espaçamento e densidade de semeadura adequada, aumento do nível de fertilidade do solo e controle de doenças, insetos e de acamamento de plantas (Rodrigues e Teixeira, 2003).

Segundo Sleper e Poehlman (2006), desde os primeiros trabalhos de melhoramento genético da cultura do trigo, busca-se aumento na produção e na qualidade de grãos, além de modificações na arquitetura de plantas, resistência ao acamamento, pragas e doenças. Neste contexto o estudo da divergência genética constitui-se em ferramenta muito útil na

determinação de genótipos contrastantes e potenciais para hibridação em programas de melhoramento (Coimbra et al., 2004).

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

Com a necessidade de desenvolver cultivares de trigo com valores superiores para a qualidade industrial, o objetivo da presente revisão de literatura foi reunir materiais que possam fornecer embasamento para a seleção de linhagens que apresentem as principais características agrônômicas e tecnológicas para a indústria, podendo ser utilizadas em programas de melhoramento como genitores elites.

REVISÃO DE LITERATURA

Aspectos gerais, histórico e melhoramento da cultura do trigo

O trigo constituiu-se na cultura chave para o desenvolvimento da civilização. Seu cultivo contribuiu para que a espécie humana finalmente abandonasse a caça e coleta. Graças à reserva de sementes armazenadas, o homem pôde fixar-se em povoados e construir cidades, desenvolvendo as profissões, as artes e as ciências. As espécies de trigo evoluíram através de raros cruzamentos naturais que foram ocorrendo na natureza, entre espécies ancestrais e ervas daninhas. À medida que o trigo foi se modificando geneticamente, tornando-se mais produtivo e adaptado, também as populações humanas cresciam e ocupavam novos espaços (Moraes-Fernandes, 2000).

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

A subtribo compreende quinze espécies, reunidas em três grupos, denominados em função do seu número de cromossomos, sendo $n=7$, a série diplóide constituída por 14 cromossomos, tetraplóide por 28 cromossomos e hexaplóide por 42 cromossomos (Sleper e Poehlman, 2006).

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

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

O trigo introduzido no Brasil teve dificuldades de adaptação aos tipos de solo, pragas, doenças, época de floração e problemas climáticos, diretamente relacionados à germinação na espiga. Até recentemente, o melhoramento genético de trigo baseava-se apenas na avaliação da planta inteira, mas atualmente várias tecnologias estão sendo estudadas. As pesquisas vêm superando essas limitações, tanto pela seleção de variantes genéticas superiores quanto por práticas de manejo mais adequadas (Cunha; Pires; Pasinato, 2004).

Devido às condições climáticas favoráveis encontradas no sul do país, o Rio Grande do Sul havia se tornado um exportador de trigo, por volta de 1790, mantendo-se nesta situação até 1810. Em 1811, a produção entrou em declínio devido ao aparecimento da ferrugem. A crise atingiu tal magnitude que em 1823, já não se plantava mais trigo no Rio Grande do Sul, tornando-se então necessária a importação do cereal (Copstein, 1999).

O Brasil voltou a produzir trigo somente em meados do século XIX, em grande parte devido à imigração italiana, que trouxe consigo variedades melhor adaptadas às nossas condições, devido à relativa semelhança climática entre o sul da Europa e o sul do Brasil (Lagos, 1983).

No Brasil, o melhoramento efetivo do trigo iniciou com a seleção de linhagens realizada por Carlos Gayer, em 1918, quando foi inaugurada a estação experimental de

Alfredo Chaves, no Rio Grande do Sul. No ano seguinte, foi inaugurada a estação experimental de Ponta Grossa, no Paraná (Cunha, 2000). No período entre as duas grandes guerras mundiais, a alta dos preços no mercado levou o governo federal a tomar medidas para aumentar a produção de trigo no país (Scheeren, 1986).

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

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

Em 1967, as cooperativas filiadas à Fecotrigo criaram um fundo de recursos oriundos de uma taxa cobrada sobre a comercialização do trigo. Dessa forma, em 1969, surgiu o Programa Acelerado de Melhoramento de Trigo, em convênio com a Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. Criou-se, então, a Estação Experimental de Julio de Castilhos. Pouco depois, em 1972, foi criado o Centro de Experimentação e Pesquisa da Fecotrigo em Cruz Alta (Svoboda e Tonon, 2001). O Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar) surgiu em 1973, época de criação do Programa Trigo, atual Programa de Cereais de Inverno (Riede, 2001).

No ano seguinte, as cooperativas do Paraná também iniciaram o desenvolvimento de pesquisas em trigo, através da criação de um departamento de pesquisa dentro da Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (Ocepar). Em 1995, esse departamento desmembrou-se da Ocepar, sendo então criada em Cascavel, Paraná, a (COODETEC) Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Franco, 2001). O melhoramento de trigo na Embrapa teve início em 1975, com a criação do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, atual Embrapa Trigo, localizado em Passo Fundo, Rio Grande do Sul (Scheeren, 2001).

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

Ecofisiologia da cultura do trigo

O trigo é uma planta pertencente à família das poaceas, apresenta coloração verde-brilhante, com um porte variando de 0,5 metros a 1,5 metros de altura. No início do ciclo a planta aparenta um capim qualquer, quando atinge o período de maturação apresenta uma coloração dourada. O trigo apresenta duas formações de raízes, as primárias são as primeiras a surgir não apresentando muita ramificação; e as temporárias ou permanentes que surgem após os primeiros nós dos colmos ramificando e aprofundando no solo. Os colmos são eretos e finos apresentando nós e entrenós. As folhas são alternadas, longas e finas. As flores surgem na extremidade do colmo presas a um eixo principal chamado raque. O grão mede de 3 a 6 mm de comprimento e é dividido em embrião de onde origina uma nova planta; o pericarpo, camada protetora da semente; e o endosperma, região formada por amido representando 83 a 85% do grão, sendo a camada que nutre o embrião (Castro e Kluge, 1999).

Segundo Large (1954), os estágios fenológicos da cultura do trigo apresentam quatro estados bem definidos, sendo eles o perfilhamento, alongação, espigamento e maturação. A temperatura do ar para a germinação da semente de trigo fica entre 4° e 37°C, sendo a faixa ideal de temperatura 20° a 25°C. Necessita uma umidade mínima de 35% a 45% da massa seca de semente, tornando-se mais rápida com o incremento de umidade. Assim em regiões tropicais fica dificultada a obtenção de uma população desejável, pois, devido à alta temperatura do ar, o solo seca rapidamente e atingem temperaturas superiores as máximas toleráveis pela semente.

O perfilhamento é iniciado após a germinação, e nada mais é do que o desenvolvimento de gemas laterais. A profundidade da semente e a temperatura são fatores que influenciam no desenvolvimento dessas gemas na cultura do trigo. Seu desenvolvimento inicial é dependente da parte aérea para o suprimento de nutrientes, se tornando independente

apenas quando atingirem três folhas abertas, desenvolvendo assim raízes em sua base (Castro e Kluge, 1999).

O aparecimento das inflorescências é um dos processos mais críticos do ciclo da planta, neste momento completa seu crescimento onde atingiu sua estrutura final, e plena área foliar e radicular, realizando sua fecundação dos óvulos. Este momento não coincide com o florescimento. O florescimento é primeiro no colmo principal e após os afilhos por ordem de aparecimento (Mundstock, 1983).

De acordo como o mesmo autor, a fase de fertilização coincide com o início do emborrachamento. Nos cereais com alta percentagem de auto-fecundação, o pólen de cada flor cai no respectivo estigma, sendo que alguns podem ser levados pelo vento, fecundando outra planta. A fertilização em trigo dá-se praticamente durante o dia (80 a 90% das flores). Em 3 a 4 minutos a flor se abre, mas sua abertura depende das condições de temperatura que é favorável na faixa de 13 a 25°C. A presença de chuvas, dias nublados e temperaturas baixas não favorecem abertura das flores. O processo de fertilização é o mais crítico no desenvolvimento da planta. As condições ambientais extremas podem prejudicar visivelmente o sucesso da formação dos grãos nas primeiras etapas. As temperaturas muito baixas podem causar esterilidade, e as temperaturas elevadas também são prejudiciais na formação. Esse período vai desde a fertilização do ovulo até a máxima acumulação da matéria seca nos grãos. A duração desse período vai de 30 a 50 dias sendo que esse período e varia conforme as condições de temperatura do ar, baixa umidade no solo e dias longos e ensolarados.

Segundo Osório e Wendt (1995), a uma existência de correlação positiva entre o tempo de enchimento dos grãos e a rentabilidade. Os resultados obtidos demonstram existir grande variação entre as cultivares na duração deste período, o qual demonstrou menor nas cultivares tardias de ciclo longo. O ciclo da cultura do trigo e definido em três ciclos: precoce, médio e tardio e está expresso em número de dias desde a emergência até o espigamento (Iapar, 2003).

Métodos de melhoramento utilizados na cultura do trigo

De acordo com Borém e Miranda (2013), os genitores são cruzados artificialmente em espécies autógamas, sendo relativamente simples nas espécies com grandes partes florais, como é o caso do trigo. Consiste na emasculação da flor que é utilizada como genitor feminino antes do amadurecimento dos grãos de polén. Na sequencia coleta-se do genitor masculino o polén e deposita sobre o estigma da flor emasculada. As plantas F₁ são

conduzidas de forma a se obter grandes números de sementes para formar a geração F₂, que deverá ser conduzida na região a qual pretende lançar o novo cultivar.

Pelo método da seleção massal, na maturação fisiológica um grande número de plantas F₂ são selecionadas com características fenotípicas semelhantes e colhidas para formar a geração seguinte. Através do método de seleção genealógica na geração F₄, oriunda da geração F₃, utiliza-se a seleção de plantas individuais dentro da população original, procurando isolar os melhores genótipos na população heterogênea (Borém, 2013).

Segundo o mesmo autor, o método dos retrocruzamentos, consiste no cruzamento da progênie com um dos genitores ((AxB) x A), em que o genitor que participa somente uma vez, no caso o genitor B é denominado genitor doador, e que o genitor A que é utilizado nos cruzamentos repetidos é denominado genitor recorrente. O objetivo do método é recuperar o genótipo do genitor recorrente. O cruzamento é realizado entre os dois genitores e o híbrido F₁, retrocruzado com o genitor recorrente em sucessivas gerações.

Divergência genética

A variabilidade genética representa grande importância para os programas de melhoramento, pois é a partir dela que se torna possível a obtenção de novas cultivares com caracteres de interesse, viabilizando o emprego de técnicas que possibilitam a identificação de genótipos superiores (Coimbra et al., 2004).

A caracterização e conservação dos recursos genéticos de uma espécie fornecem informações sobre esses genótipos, que são de grande relevância para utilização em programas de melhoramento (Querol, 1993). A partir desse procedimento é possível obter maiores ganhos genéticos no melhoramento e também potencializar o uso destes recursos pelos agricultores e produtores (Coelho et al., 2007).

É importante preservar a variabilidade genética de qualquer espécie para a obtenção de maiores ganhos genéticos para a cultura e para a agricultura no Brasil e no mundo. Para isso, o conhecimento e exploração da variabilidade genética favorecem o desenvolvimento de pesquisas, obtendo-se maiores produtividades, competitividade no sistema agrícola e garantia da sustentabilidade da cultura (Fonseca e Silva, 2005).

A diversidade genética pode ser conceituada como a distância entre as populações, indivíduos ou organismos, a partir de diversas características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares (Amaral Junior e Thiébaud, 1999).

O estudo da diversidade e divergência genética dentro de uma população é essencial para obtenção de informações sobre os recursos genéticos desta, que poderão ser utilizados em programas de melhoramento de plantas (Loarce et al., 1996). As coleções de germoplasma podem ter sua diversidade genética caracterizada a partir de atributos morfológicos de natureza qualitativa ou quantitativa (Moreira et al., 1994).

Através da estimativa da divergência genética é possível deduzir a capacidade específica da combinação da população. Tal medida auxilia melhoristas a concentrar suas pesquisas nas combinações mais promissoras, sem a necessidade de cruzamentos dialélicos excessivos, pois a heterose que será manifestada nos cruzamentos está diretamente relacionada à divergência genética entre os pais (Falconer, 1981).

Segundo Cruz e Carneiro (2006) investigar a divergência genética das populações permite conhecer a variabilidade genética existente nelas, possibilitando o monitoramento de bancos de germoplasma. Os bancos de germoplasma têm grande importância para o melhoramento genético, pois a partir da manutenção e conservação de genótipos, é possível encontrar material genético de interesse para os programas melhoramento. Assim sendo, a caracterização dos acessos contidos nos bancos de germoplasma auxiliam a identificação de possíveis duplicatas e fornecem parâmetros para a escolha de progenitores para a obtenção de população segregantes (Costa et al., 2006).

A avaliação da diversidade genética pode ser realizada por meio de processos quantitativos e preditivos. Os métodos quantitativos utilizam-se de análises dialélicas, sendo necessário cruzamento entre os genitores e sua posterior avaliação. Os métodos preditivos baseiam-se em diferenças morfológicas, de qualidade nutricional, fisiológicas ou moleculares, quantificadas em alguma medida de dissimilaridade que possa expressar o grau de diversidade genética entre os genitores (Cruz e Carneiro, 2006).

Para estimar a divergência genética podem ser usados diversos métodos e a escolha irá depender da precisão desejada pelo pesquisador, da facilidade da análise e da maneira como os dados foram obtidos. A análise multivariada pode ser utilizada como forma de estimar a divergência entre os acessos e para selecionar os descritores mais importantes na discriminação dos acessos de um banco de germoplasma (Pereira et al., 1992; Amaral Júnior, 1994).

Esta técnica constitui-se em ferramenta estatística que corresponde a uma variedade de métodos que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos (Costello e Osborne, 2005). Ao trabalhar com essa técnica deve-se

ter atenção para escolher dentre as opções de métodos, os mais apropriados para detectar os padrões esperados nos dados do pesquisador (Magnusson e Mourão, 2003).

A diversidade genética pode ser estudada por meio de técnicas multivariadas que serão utilizadas em planejamento de programas de melhoramento e para a definição de estratégias de trabalho (Toquica et al., 2003). A utilização de análises multivariadas permite avaliar um conjunto de variáveis aleatórias relacionadas entre si, onde cada uma possui o mesmo grau de importância, fornecendo coeficientes de distância genética entre os genótipos. De acordo com esse conceito, quanto maior a distância genética entre dois genótipos, maiores são as chances de combinações mais promissoras (Chiorato, 2004).

A análise de agrupamento é uma técnica na qual um grupo inicial de observação é dividido em vários outros grupos, essa divisão ocorre a partir de critérios de similaridade ou dissimilaridade genética. Esse método pode ser ainda, complementado com a análise de variáveis canônicas (Cruz et al., 2004).

Existem diversos métodos multivariados que podem ser usados na predição da divergência genética, como a análise por componentes principais, por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos. Para a escolha do método mais adequado deve ser considerada a precisão que se deseja, bem como a facilidade de análise e a forma com que os dados foram obtidos (Cruz, 1990; Cruz et al., 1994).

Para estimar a divergência genética podem-se utilizar além de técnicas de análise multivariadas as associações entre elas, como por exemplo, as variáveis canônicas e as distâncias multivariadas (Cruz, 1990).

Características tecnológicas e época de semeadura na cultura do trigo

O trigo (*T. aestivum* L.) é de extrema importância para a sustentabilidade de pequenas e grandes propriedades da região Sul do Brasil, estando altamente integrado em esquemas de rotação e/ou sucessão com as culturas da soja e do milho (Valério et al., 2009). De acordo com Fokar et al. (1998), a produtividade da cultura do trigo é prejudicada por altas temperaturas, sendo o fator de maior estresse ambiental. Baseado no contexto, o desenvolvimento de cultivares tolerantes à altas temperaturas é um dos objetivos dos programas de melhoramento (Machado et al., 2010).

O excesso de calor, além de induzir perdas quantitativas e qualitativas na produção, encurta a duração do ciclo, reduz a área foliar, a estatura e a porcentagem de fecundação das flores, acelera o período de enchimento e a senescência, além de diminuir o peso médio dos

grãos do trigo (Demirevska – Kepova et al., 2005). A temperatura ótima para o desenvolvimento de trigo está na faixa de 18-24°C, dessa forma, períodos curtos de exposição a temperaturas superiores a esta faixa, superior aos 30°C, proporcionam perdas significativas no rendimento de grãos e redução da qualidade dos mesmos (Stone e Nicolas, 1994).

De acordo com Majoul et al., (2003), a temperatura elevada é um dos fatores ambientais que afetam a qualidade do trigo, principalmente na fase de enchimento de grãos, comprometendo o conteúdo das proteínas provocando efeito deletério na qualidade da massa. A oportunidade de agregar valor de mercado ao produto é melhorando a qualidade industrial (Wrigley, 1994).

A Instrução Normativa nº 38 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2010), classifica os cultivares de trigo de acordo com a alveografia, estabilidade e o número de queda em cinco classes, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação do trigo destinado a moagem e a outras finalidades, de acordo com Instrução Normativa Nº 38 do MAPA de 30/11/2010.

| Classes | Força do Glúten (Valor Mínimo expresso em 10 ⁻⁴ J) | Estabilidade (Tempo em minutos) | Número de queda (Valor em segundos) |
|-------------|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| Melhorador | 300 | 14 | 250 |
| Pão | 220 | 10 | 220 |
| Doméstico | 160 | 6 | 220 |
| Básico | 100 | 3 | 200 |
| Outros Usos | Qualquer | Qualquer | Qualquer |

(Brasil, 2010).

A época de semeadura tem reflexo direto na produtividade e na qualidade industrial posicionando os principais estádios de desenvolvimento da cultura em épocas em que as variáveis meteorológicas apresentam menor ou maior efeito sobre o potencial de rendimento. O que pretende buscar é que a época minimize os riscos e maximize o potencial de rendimento, (Pires et al. 2005). No estado do Paraná foi evidenciado por Dotto et al. (1996), que as cultivares de trigo apresentaram respostas diferenciadas para rendimentos de grãos em função da época de semeadura.

Após a efetivação da revisão de literatura, evidenciou-se que alguns fatores afetam acentuadamente a qualidade do grão de trigo: resistência às principais doenças e os seguintes componentes de produção - número de dias para o estádio de espigamento, número de dias para maturação fisiológica, altura de planta, número de espiga por metro, número de

espiguetas por espiga, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos, peso do hectolitro e rendimento de grãos. Quanto aos aspectos tecnológicos e de qualidade industrial foram muitas vezes citadas as análises tecnológicas de alveografia: extensibilidade, tenacidade, força geral do glúten e número de queda.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, J.C. et al. Trigo BRS 207: cultivar com alto potencial de produtividade indicada para os Estados de Minas Gerais, Goiás e o Distrito Federal. Planaltina: **Embrapa Cerrados**, 2005. 22 p. (Documentos, 137).

AMARAL JUNIOR, A.T.; THIÉBAUT, J.T.J. **Análise multivariada na avaliação da diversidade genética em recursos genéticos vegetais**. Campos dos Goytacazes: UENF, 1999. 55p.

AMARAL JÚNIOR, A.T. **Análise multivariada e isoenzimática da divergência genética entre acessos de moranga (*Cucurbita maxima* Duchesne)**. 1994. 95 p. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

BOREM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**, Viçosa: UFV, 6ª Ed. 2013. 523p.

BOREM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**, Viçosa: UFV, 2009. 529p.

BRAMMER, S.P. **A citogenética na caracterização genômica do trigo**. 2007. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do31.htm>. Acesso em: 10 de junho, 2015.

BRAMMER, S.P.; MARTINELLI, P.; FERNANDES, M.I.B.M.; PRESTES, A.M.; ANGRA, D.C. **A potencialidade de Agropyron, espécie afim ao trigo cultivado, como fonte de introgressão de genes agronomicamente importantes**. 2005. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do08.htm. Acesso em: 05 de junho, 2015.

BREIMAN, A.; GRAUR, A. D. **Wheat evolution**. Israel Journal of Plant Sciences, v.43, p. 85-98, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Instrução normativa nº 38, 10 de novembro de 2010. Define as características de identidade e qualidade do trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 de Novembro de 2010.

CARGNIN, A. et al. Tolerância ao estresse térmico em genótipos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 41, n. 8, p. 1269-1276, 2006.

CASTRO, P. R. C.; KLUNGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. 128p.

CHIORATO, A.F. **Divergência genética em acessos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) do banco de germoplasma do Instituto Agrônomo-IAC**. 2004. 85p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Instituto Agrônomo-IAC, Campinas, 2004.

COELHO, M.M.; COIMBRA, J.L.M.; SOUZA, C.A.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A.F. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris*. L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1241-1247, 2007.

COIMBRA, J.L.M.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; GUIDOLIN, A.F. Criação de variabilidade genética no caráter estatura de planta em aveia: hibridação artificial x mutação induzida. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.10, n.3, p.273-280, 2004.

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

COSTA, M.N.; PEREIRA, W.E.; BRUNO, R.L.A.; FREIRE, E.C.; NÓBREGA, M.B.M.; MILANI, M.; OLIVEIRA, A.P. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1617-1622, 2006.

COSTELLO, A.B; OSBORNE, J.W. Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. **Practical Assessment Research & Evaluation**, v.10, n.7, p.13-24, 2005.

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

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

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

CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R.; CARVALHO, S.P. Estudo sobre divergência genética. III. Comparação de técnicas multivariadas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.234, p.191-201, 1994.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2006. 585p.

CRUZ, C.D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

DEL DUCA, L.J.A.; SOUSA, C.N.A.; LINHARES, A.G.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do; BARCELLOS, A.L.; PRESTES, A.M.; ZANATTA, A.C.A.; IORCZESKI, E.J.; GUARIENTI, E.M.; BEVILAQUA, G.A.P.; CUNHA, G.R.; COSTAMILAN, L.M.; SÓ E SILVA, M.; LIMA, M.I.P.M.; MIRANDA, M.Z.; FONTANELI, R.S.; RODRIGUES, O.; SCHEEREN, P.L.; BRAMMER, S.P.; CAETANO, V.R.; ZANOTELLI, V.; DÁVALOS, E.D.; VIEIRA, L.C. Desenvolvimento de genótipos de trigo para a região tritícola sul-brasileira. 2009. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp10.htm Acesso em: 25, maio, 2015.

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

DEMIREVSKA-KEPOVA, K.; HÖLZER, R.; SIMOVA-STOILOVA, L. et al. Heat stress effects on ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, rubisco binding protein and rubisco activase in wheat leaves. **Biologia Plantarum**, v.49, p.521- 525, 2005.

DIARIO AGRÁRIO. **Previsão de produção do trigo. 2015**. Disponível em: http://diarioagrario.blogspot.com.br/2015/03/fao-previsao-de-producao-de-trigo_para.html. Acessado em 06 de junho de 2015.

DIXON, J. et al. (Eds.). **Wheat facts and futures** Mexico: CIMMYT. 2009.

DOTTO, S. R.; BRUNETTA, D.; FRANCO, F. de A.; RIEDE, C.; BASSOI, M. C. Avaliação de genótipos de trigo em diferentes regiões tritícolas do Paraná, em solos sem alumínio, na safra de 1996. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. 40p. (EMBRAPA-CNPSo, Documentos, 109).

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1981. 340p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 2 de Junho, 2015.

FARIAS, A. R.; MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; SPADOTTO, C. A.; FILHO, E. L.; MORI, C.; CUNHA, G. R.; DOSSA, A. A.; FERNANDES, J. M. C.; SILVA, M. S.; **Potencial de produção de trigo no Brasil a partir de diferentes cenários de expansão da área de cultivo. 2019. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1061115>. Acesso: 26 abr. 2019.

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

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

FERREIRA, R. A. **Trigo: o alimento mais produzido no mundo**. Nut. Brasil, São Paulo, v.2, n. 1, p. 45-52, 2003.

FONSECA, J.R.; SILVA, H.T. Banco ativo de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005 Goiânia. **Anais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.1131-1135.

FRANCESCHI, L.; BENIN, G.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N.; SILVA, R. R.; SILVA, C. L. Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.797-805, 2010.

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

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Informações técnicas para a cultura do trigo e triticale no Paraná 2003**. Londrina, 202 p. 2003. Circular Técnica, 126.

JOSHI, A.K.; KUMARY, M.; SINGH, V.P.; REDDY, S.M.; KUMAR, S.; RANE, J.; CHAND, R. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 153, n.1, p. 59-71, 2007.

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

LARGE, E. C. Growth stage in cereals: illustration of the Feekes scale. **Plant Pathology**, v. 3, p. 128-129, 1954.

LOARCE, Y.; GALLEGO, R.; FERRER, E. A comparative analysis of the genetic relationship between rye cultivars using RFLP and RAPD markers. **Euphytica**, Wageningen, v.88, n.2, p.107-115, 1996.

MACHADO, J.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, D.M. et al. Recurrent selection as breeding strategy for heat tolerance in wheat. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.10, p.9-15, 2010.

MAPA. **Projeções do agronegócio**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/imagens/MAPA/arquivos_portal/proj_agro.pdf. Acesso em: 29 de maio, 2018.

MAGNUSSON, W.E.; MOURÃO, G. **Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e a análise**. Curitiba: Planta, 2003. 136p.

MAJOU, T.; BANCEL, E.; TRIBOÏ, E. et al. Proteomic analysis of the effect of heat stress on hexaploid wheat grain: Characterization of heat-responsive proteins from total endosperm. **Proteomics**, v.3, p.175-183, 2003.

MORAES-FERNANDES, M.I.B. **Genética e novas biotecnologias no melhoramento de trigo**. 2000. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do04.htm. Acessado em: 16 de maio, 2015.

MOREIRA, J.A.N.; SANTOS, J.W.; OLIVEIRA, S.R.M. **Abordagens e metodologias para avaliação de germoplasma**. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1994. 115p.

MUNDSTOCK, C. M. **Cultivo dos cereais de estação fria: trigo, cevada, aveia, centeio, alpiste e triticale**. 1 ed. Porto Alegre. 1983. 265p.

OLIVEIRA NETO, A. A.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. 218p.

OSÓRIO, E. A.; WENDT, W. Duração do período de formação do grão de trigo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 395-398, 1995.

PEREIRA, A.V.; VENCOVSKY, R.; CRUZ, C.D. Selection of botanical and agronomical descriptors for the characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germoplasm. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.15, n.1, p.115-124, 1992.

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

PIRES, J. L. F.; LIMA, M. I. P. M.; VOSS, M.; SCHEEREN, P. L.; WIETHÖLTER, S.; CUNHA, G. R.; IGNACZAK, J. C.; CAIERÃO, E. Avaliação de cultivares de trigo em sistema de manejo tradicional e otimizado. Passo Fundo, 2004. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 19 p. Embrapa Trigo. **Documentos Online**, n. 54. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do54.htm> Acesso em: 05 maio 2015.

QUEROL, D. **Recursos genéticos, nosso tesouro esquecido: A abordagem técnica e sócio-econômica**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 206p.

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

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

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

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

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Emergência a campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.2, p.97-101, 2000.

SILVA, S. A. et al. Genetic basis of stay-green trait in bread wheat. **Journal of New Seeds**, Binghamton, v. 2, n. 1, p. 55-68, 2000.

SLEPER, D.A.; POEHLMAN, J.M. **Breeding field crops**. Ames: Blackwell Pub Iowa, 2006. 424 p.

STONE, P.J.; NICOLAS, M.E. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain-yield and quality to short periods of post-anthesis heat-stress. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, p.887– 900, 1994.

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

SZARESKI, V. J. **Estratégias para o posicionamento de genótipos de trigo visando a produção de sementes de alta *Performance***. 2017. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

TOQUICA, S.P.; RODRÍGUEZ, F.; MARTINEZ, E.; DUQUE, M.C.; TOHME, J. Molecular characterization by AFLPs of capsicum germplasm from the Amazon Department in Colombia. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.50, n.6, p.639-647, 2003.

VALERIO, I.P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. et al. Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, s.1, p.1207-1218, 2009.

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