

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**ANTONIO HENRIQUE BOZI**

**CARACTERIZAÇÃO ONTOGENÉTICA E AGRO-FISIOLÓGICA DE  
CULTIVARES MODERNAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2017**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**ANTONIO HENRIQUE BOZI**

**CARACTERIZAÇÃO ONTOGENÉTICA E AGRO-FISIOLÓGICA DE  
CULTIVARES MODERNAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2017**

ANTONIO HENRIQUE BOZI

**CARACTERIZAÇÃO ONTOGENÉTICA E AGRO-FISIOLÓGICA DE  
CULTIVARES MODERNAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2017

**Bozi, Antonio Henrique**  
**Caracterização ontogenética e agro-fisiológica de cultivares modernas de trigo / Antonio Bozi.**  
**Pato Branco. UTFPR, 2017**  
**48 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin**  
**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2016.**

**Bibliografia: f. 40 – 48**

**1. Agronomia. 2. Subperíodos. 3. Caracteres fisiológicos. 4. Rendimento de grãos. I. Benin, Giovani. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Caracterização ontogenética e agro-fisiológica de cultivares modernas de trigo.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

**CARACTERIZAÇÃO ONTOGENÉTICA E AGRO-FISIOLOGICA DE CULTIVARES  
MODERNAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)**

por

**ANTONIO HENRIQUE BOZI**

Monografia apresentada às 10 horas 00 min. Do dia 22 de novembro de 2017 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**MATHEUS HENRIQUE TODESCHINI**  
UTFPR

**ANDRE DANIEL ZDZIARSKI**  
UTFPR

**Prof. Dr. GIOVANI BENIN**  
UTFPR  
Orientador

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico a realização desta monografia a todas as pessoas que, de uma forma ou outra, contribuíram na execução deste trabalho, e a toda minha família que foram essenciais durante toda esta longa caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades encontradas.

A minha família: pais Dirceu e Jucelia e irmãs Luana e Luiza, que me deram apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço e que me incentivaram na conclusão do curso

Ao meu orientador Prof. Dr. Giovani Benin, pela orientação e apoio na elaboração deste trabalho.

Aos amigos da universidade, colegas e amigos do grupo de Fitomelhoramento da UTFPR, pela amizade, companheirismo e auxílio na execução de inúmeros trabalhos.

A todos os meus amigos, em especial aos que conviveram comigo nestes cinco anos de graduação.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco e a todos os professores do curso de Agronomia pela oportunidade de aprendizado durante toda a graduação.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”

(Leonardo da Vinci)



## RESUMO

BOZI, Antonio Henrique. Caracterização ontogenética e agro fisiológica de cultivares modernas de trigo. 2017. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Conhecer os processos responsáveis pelos elevados rendimentos de grãos em diferentes cultivares de trigo disponíveis no mercado é uma etapa essencial para a escolha de genótipos mais produtivos. Os objetivos deste estudo foram: a) avaliar a duração dos subperíodos de diferentes cultivares modernas de trigo e quantificar a importância de cada subperíodo no rendimento de grãos e nos seus componentes b) caracterizar fisiológica e agronomicamente cultivares modernas de trigo, a fim de identificar caracteres fisiológicos e agrônômicos que tenham correlação direta com rendimento de grãos e seus componentes. Foram avaliadas 14 cultivares modernas de trigo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições. As parcelas foram constituídas de seis linhas de 5,0m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20 m, perfazendo uma área de 6,0m<sup>2</sup>. Foram avaliadas as durações dos subperíodos: semeadura – emergência (SM-EM); emergência – duplo anel (EM-DA); duplo anel – espiguetas terminal (DA-ET); espiguetas terminal – antese (ET-ANT); antese – maturação fisiológica (ANT-MF); semeadura – antese (SM-ANT) e semeadura – maturação fisiológica (SM-MF). Além deste também os caracteres rendimento de grãos, massa de mil grãos, número de grãos, estatura de planta, índice de colheita, rendimento biológico, teor relativo de clorofila e trocas gasosas para as diferentes cultivares modernas. Os dados foram submetidos a análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ). Adicionalmente foi realizada a correlação de Pearson e a análise de correlação canônica entre os grupos de caracteres. Os genótipos tiveram o subperíodo de espiguetas terminal a antese com a maior duração (307,19 graus dia), contribuindo com o incremento do rendimento de grãos ( $r= 0,88$ ), peso seco de espiga em antese ( $r= 0,81$ ), número de espiguetas por espiga ( $r= 0,80$ ) e número de grãos por espiguetas ( $r=0,88$ ). O rendimento de grãos foi positivamente associado com o índice de colheita ( $r= 0,77$ ), rendimento biológico ( $r=0,70$ ), número de grãos por espiga ( $r= 0,69$ ) e número de grãos por espiguetas ( $r= 0,73$ ). O teor de clorofila em pré antese, a condutância estomática e taxa fotossintética em pré e pós antese foram positivamente associados ao aumento do rendimento de grãos. Estes resultados sugerem que o incremento do subperíodo de espiguetas terminal a antese, o aumento do índice de colheita, rendimento biológico e número de grãos, conjuntamente com a elevação do potencial fotossintético e de condutância estomática em pré e pós antese, podem ser estratégias a serem utilizadas para o aumento do potencial de rendimento de grãos em trigo nos programas de melhoramento genético.

**Palavras-chave:** Subperíodos do desenvolvimento. Caracteres fisiológicos, Rendimento de grãos.

## ABSTRACT

BOZI, Antonio Henrique. Ontogenetic and agro-physiological characterization of modern wheat cultivars. 2017. 101 p. 48f. Work of Conclusion Course (Graduation in Agronomy) - Federal Technology University - Paraná. Pato Branco, 2017.

Knowing the processes responsible for high yields of grains in different genotypes available in the market is an essential step for the selection of more productive genotypes. The objectives of this study were: a) to evaluate the duration of subperiods of different modern wheat cultivars and to quantify the importance of each subperiod in grain yield and its components b) to characterize physiologically and agronomically modern wheat cultivars in order to identify characters physiological and agronomic characteristics that have a direct correlation with grain yield and its components. Fourteen modern wheat cultivars were evaluated. The experimental design was a randomized complete block design with three replications. The plots were constituted of six lines of 5.0m in length, with spacing between rows of 0.20m, making an area of 6.0sqm. The durations of the subperiods were evaluated: sowing - emergence (SM-EM); emergency - double ring (EM-DA); double ring - terminal spike (DA-ET); terminal spikelet - anthesis (ET-ANT); before - physiological maturation (ANT-MF); sowing - anthesis (SM-ANT) and sowing - physiological maturation (SM-MF). And also the characters yield of grains, mass of a thousand grains, number of grains, plant height, harvest index, biological yield, relative content of chlorophyll and gas exchanges for the different modern cultivars. Data were submitted to analysis of variance, and means were compared by the Tukey test ( $p = 0.005$ ). In addition, the Pearson correlation and the canonical correlation analysis were performed between the groups of characters. The genotypes had the terminal spikelet subperiod with the highest duration (307.19 degrees day), contributing with the increment of the grain yield ( $r = 0.88$ ), dry ear weight in anthesis ( $r = 0.81$ ), number of spikelets per spike ( $r = 0.80$ ) and number of grains per spikelet ( $r = 0.88$ ). Grain yield was also associated with an increase in the harvest index ( $r = 0.77$ ), biological yield ( $r = 0.70$ ), number of grains per spike ( $r = 0.69$ ) and number of grains per spikelet ( $r = 0.73$ ). Pretreatment chlorophyll content, stomatal conductance and photosynthetic rate in pre and post before were positively associated with increased grain yield. These results suggest that manipulation of the terminal spikelet subperiod at anthesis, increase of harvest index, yield and number of grains, together with elevation of photosynthetic potential and stomatal conductance in pre and post anthesis may be strategies to be used for the increase of grain yield potential in wheat in breeding programs.

**Keywords:** Developmental subperiods. Physiological characteristics. Grain yield

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 -- Tempo térmico em graus dias ( $^{\circ}\text{Cd}$ ) de semeadura a emergência (SM-EM), emergência a duplo anel (EM-DA), duplo anel a espiguetas terminal (DA-ET), espiguetas terminal a antese (ET-ANT), antese a maturação fisiológica (ANT-MF), semeadura a antese (SMANT) e semeadura a maturação fisiológica (SM-MF) de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016.....27
- Figura 2 Associação entre subperíodo semeadura a maturação fisiológica e rendimento de grãos (A), subperíodo antese a maturação fisiológica e rendimento de grãos (B), na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t..... 28
- Figura 3 Associação entre subperíodo semeadura a antese (A); subperíodo espiguetas terminal a antese (B); Semeadura a emergência (C) e Duplo anel a espiguetas terminal (D) com o rendimento de grãos, na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR.....29
- Figura 4 Associação entre espiguetas terminal antese peso seco da espiga em antese –Psea (A); número de grãos espiga<sup>-1</sup> – NGE (B) e número de grãos espiguetas terminal<sup>-1</sup> – NGET (C), na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR..... 30
- Figura 5 Associação entre rendimento biológico e rendimento de grãos(A) e associação entre rendimento biológico e índice de colheita (B) na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.....32
- Figura 6 Associação entre índice de colheita e rendimento de grãos (A) e número de grãos por espiguetas (B), na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.....32
- Figura 7 Associação entre número de grãos por espiga e rendimento de grãos(A) e número de grãos por espiguetas (B), na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5.....33

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Descrição dos genótipos, instituição geradora, ano de lançamento. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016..... 20
- Tabela 2 Análise de variância conjunta para a duração das fenofases, incluindo as fontes de variação, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 14 cultivares de trigo lançadas após o ano de 2012 avaliadas na safra agrícola de 2016, UTFPR, Pato Branco – 2016. 25
- Tabela 3 Análise de variância conjunta para seis caracteres agronômicos, incluindo as fontes de variação, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 14 cultivares de trigo lançadas após 2012 avaliadas na safra agrícola de 2016. UTFPR, Pato Branco, 2016...26
- Tabela 4 Análise de variância incluindo as fontes de variação, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 14 cultivares de trigo lançadas após 2012 avaliadas na safra agrícola de 2016. UTFPR, Pato Branco, 2016..... 31
- Tabela 5 Cargas dos caracteres fisiológicos (grupo 1) e agronômicos (grupo 2) nas correlações canônicas (r) entre os grupos, em 14 genótipos de trigo (*Triticum aestivum*) brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5..... 35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 GERAL.....	14
2.2 ESPECÍFICOS.....	14
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
3.1 FENOFASES NA CULTURA DO TRIGO.....	15
1.4 CARACTERES AGRONÔMICOS E FISIOLÓGICOS.....	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	19
4.2 SUBPERÍODOS.....	20
4.3 Caracteres agronômicos.....	21
4.3.3 Estatura de planta, Rendimento Biológico e Índice de Colheita.....	21
4.4 Componentes da planta.....	21
4.4.1 Trocas gasosas.....	21
4.4.2 Teor de Clorofila.....	22
4.5 Análises estatísticas.....	22
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
5.1 Subperíodos.....	24
4.2 Caracteres fisiológicos E AGRONÔMICOS.....	30
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é cultivado em mais de 215 milhões de hectares ao redor do mundo e fornece aproximadamente um quinto do total de entrada calorífica da população (FAO, 2016). Utilizado como matéria-prima para a elaboração de diversos alimentos consumidos diariamente pela população, na forma de biscoitos, massas, pães e bolos. Estes alimentos compõe a base alimentar, além de ter seu consumo incentivado pelo Guia Alimentar da População Brasileira (SCHEURER et al., 2011).

Segundo dados da Conab (2017), a safra brasileira deste cereal em 2016 foi 17,1% inferior a safra passada, com mais de 5,57 milhões de toneladas. Devido a essa queda na produção, o cereal não atingiu a demanda nacional, e o país precisou importar 5,5 milhões de toneladas, tornando o Brasil um dos principais importadores deste cereal no mundo.

Com o constante crescimento da população brasileira, a qual em 2050 deve chegar as 226 milhões de pessoas, a produção de alimentos deve ser aumentada em 60% (FAO,2012). Considerando as alterações climáticas, restrições de recursos naturais e limitações das áreas de cultivo, um aumento significativo na produtividade deste cereal por unidade de área se faz necessário para atingir tal demanda (SEMENOV & STRATONOVITCH., 2014)

Durante o século 20 os avanços alcançados pelo melhoramento genético juntamente a prática de manejo, contribuíram para a elevação do potencial de rendimento das cultivares. A média global de aumento de 250% nos últimos 50 anos (de cerca de 1 a 2,5 toneladas ha<sup>-1</sup>) (CALDERINI & SLAFER 1998), é particularmente notável, considerando que os rendimentos de trigo permaneceram praticamente inalterados durante a primeira metade do século (SLAFER & SAVIN 1994). Entretanto, devido ao estreitamento da base genética e a não adoção de novas técnicas de produção, os ganhos genéticos na última década tem sido reduzidos (GRAYBOSCH e PETERSON 2010). Diversos estudos, no Brasil (BECHE et al.,2014; CARGNIM 2009), China (WU et al 2013; XIAO et al 2012) EUA (GREEN et al 2012) Índia e Paquistão (SHARMA et al 2012), tem comprovado incremento no rendimento de grãos, de 18 a 66 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com ganhos genéticos de 0.50 a 1% ano<sup>-1</sup> na última década. Nesse sentido, a compreensão de como caracteres

indiretos para o incremento no rendimento de grãos, pode auxiliar no processo de melhoramento e conseguinte progresso genético da cultura.

Inúmeros caracteres, agronômicos e fisiológicos, podem ser melhoradas na cultura do trigo, podendo resultar em incremento de rendimento de grãos (FISCHER, 2007; ZHANG et al., 2016). Podendo-se destacar: aumento do número de grãos por m<sup>2</sup>, otimização do crescimento da espiga, melhoria nas taxas de fotossíntese, condutância estomática e aumento do índice de colheita. O aumento da duração do período de crescimento da espiga e a melhor eficiência do uso de nutrientes também merecem destaque (SLAFER et al., 2005; HIREL et al., 2007 e MASCLAUX DAUBRESSE et al., 2010).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Caracterizar cultivares modernas de trigo quanto suas aptidões fisiológicas e agronômicas.

### 2.2 ESPECÍFICOS

-Avaliar a duração dos subperíodos de desenvolvimento de diferentes cultivares modernas de trigo

– Quantificar a importância de cada subperíodo sobre o rendimento de grãos e os seus componentes.

- Avaliar caracteres fisiológicos de cultivares modernas de trigo.

- Quantificar a importância de cada carácter fisiológico com relação ao rendimento de grãos e os seus componentes.

- Avaliar caracteres agronômicos de cultivares modernas de trigo.

Quantificar a importância de cada carácter agronomico com relação ao rendimento de grãos e os seus componentes.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 FENOFASES NA CULTURA DO TRIGO

Ao longo do ciclo o trigo possui três fases: vegetativa, reprodutiva e enchimento de grãos, as quais ocorrem em sequência e podem ser moduladas conforme o local e a época de semeadura (SLAFER et al., 2015). A duração de cada fase de desenvolvimento está relacionada com a sensibilidade ao fotoperíodo, a vernalização e o comprimento da sua fase basal (RODRIGUES et al., 2013). A sensibilidade ao fotoperíodo parece de certa forma ser independente nas diferentes fases de desenvolvimento, e cada genótipo responde de modo diferente ao estímulo, desta forma, a duração da fase vegetativa e reprodutiva podem ser manipuladas independentemente, para elevar o potencial de rendimento do trigo sem afetar seu ciclo total (RIBEIRO et al., 2010). Com relação as fenofases que acontecem ao longo do ciclo da cultura, o período vegetativo ocorre da emergência (EM) ao duplo anel (DA) e representa a definição do número de plantas por m<sup>2</sup> (RODRIGUES, 2000). O período reprodutivo tem início com a fase de duplo anel (DA) e se estende até a antese (ANT), podendo ser dividido em 2 subperíodos: duplo anel a espiguetas terminal (ET), onde o número de flores é determinado (FISCHER, 1985) e, espiguetas terminal a antese, onde o número de grãos por unidade de área é definido, devido principalmente ao ativo desenvolvimento da espiga (GONZÁLEZ et al., 2003). O último período de desenvolvimento do trigo é a fase de enchimento de grãos, que compreende a fenofase de ANT a maturação fisiológica (MF), onde é definido o peso ou massa final de grãos (RODRIGUES, 2000).

A maior duração do período reprodutivo, especificamente a maior duração do subperíodo ET-ANT e a sua correlação com elevados rendimentos, tem sido evidenciada ao longo dos anos (FISCHER, 2011). Este subperíodo, crítico para a definição do potencial de rendimento em trigo, coincide com a alongação dos colmos, onde o ponto de crescimento se eleva acima do solo. Nesta fase inicia-se o crescimento da espiga e definição do número de espiguetas por espiga e grãos por espiguetas (SERRAGO et al., 2008). Estudos de Fischer(2008) e Sanchez-Garcia et

al. (2012), tem mostrado que o componente que mais explica as variações no rendimento do trigo é o número de grãos por unidade de área. Portanto, o subperíodo ET – ANT é um dos mais importantes para a determinação do rendimento.

Aumento dos rendimentos em trigo via melhoramento genético nos últimos anos foram obtidos principalmente envolvendo o aumento não intencional da fase de alongamento dos colmos compreendida entre o subperíodo ET-ANT (SLAFER et al., 2001; BECHE, 2014). Ou seja, a medida que os programas de melhoramento genético selecionaram cultivares de maior potencial produtivo, indiretamente, selecionaram para uma maior duração do subperíodo ET-ANT.

#### 1.4 CARACTERES AGRONÔMICOS E FISIOLÓGICOS

A informação sobre a contribuição dos traços fisiológicos para o potencial de produção de trigo e a compreensão dos fatores limitantes para a melhoria do rendimento são importantes para que os programas de melhoramento continuem sendo efetivos na continuidade do progresso genético para rendimento de grãos (ZHANG et al., 2016). A fotossíntese é um dos processos metabólicos mais importantes das plantas e está significativamente correlacionado com a biomassa da cultura (QI et al., 2017).

O aumento do acúmulo de biomassa vegetal depende da eficiência da planta em interceptar e converter a radiação fotossinteticamente ativa em fotoassimilados (ACRECHE et al., 2009). Cultivares modernas de trigo apresentam melhor capacidade fotossintética, permitindo um aumento da produção de biomassa concomitante com o aumento da manutenção da capacidade de dreno (RODRIGUES et al., 2007). Entretanto, mesmo que a estrutura do dossel favoreça a absorção de radiação, é indispensável que a conversão dessa radiação em fotoassimilados seja equivalente, e que o aumento da radiação solar absorvida se relacione com a eficiência da conversão da energia solar em química (MOREIRA et al., 2005).

Genótipos modernos de trigo, além de apresentarem uma alta capacidade do uso da radiação, resultando em uma melhor capacidade fotossintética, também apresentam elevados índices de colheita (IC), (DE VITA et al., 2007). Este índice expressa a fração decimal da produção de biomassa acima do solo pela produtividade de grãos, indicando diretamente a alocação de biomassa para os grãos e indiretamente a partição entre os grãos e a palha (DAI et al., 2016). Valores de IC de cultivares modernos de trigo oscilam entre 0,4 - 0,6 (SADRAS et al., 2012; KHAN 2015). Porém, Segundo Fischer e Edmeades (2010), valores acima de 0,5 dificilmente são atingidos, principalmente nos ambientes marginais em que se tem o desenvolvimento da cultura. Nos últimos anos o aumento progressivo do IC foi correlacionado principalmente com a introdução de genes de nanismo que reduzem o tamanho de planta diminuindo assim os níveis de acamamento e aumento dos níveis de produção de grãos (WANG et al., 2014). Porém, segundo Fischer (2011) aumento no índice de colheita são improváveis, tornando assim, a eficiência fotossintética um dos gargalos para futuros aumentos de produtividade.

A captura e distribuição de radiação no dossel da planta, longevidade das folhas, principalmente da folha bandeira, e a atividade da rubisco, podem ser características efetivas para aumentos significativos da taxa de fotossíntese líquida em trigo (PARRY et al. 2010). Aumento das taxas fotossintéticas é particularmente importante na fase ET – ANT, uma vez que o número e tamanho final dos grãos está sendo definido (SADRAS e SLAFER, 2012).

Atividade fotossintética está diretamente relacionada com a condutância estomática, principalmente pela sua função de equilibrar a assimilação do CO<sub>2</sub> atmosférico e a perda de água (YU, 2004; FISCHER E EDMEADES, 2010). O acesso do CO<sub>2</sub> atmosférico às células fotossintéticas do mesófilo ocorre através da abertura estomática. Condições propícias à fixação de carbono favorecem a abertura do estômato, enquanto condições propícias à perda de água favorecem o fechamento. Plantas com maior eficiência na condutância estomática são aquelas que conseguem perder menos moléculas de água para absorver uma molécula de CO<sub>2</sub>. Maiores valores de condutância estomática, resultam em maior abertura dos estômatos, aumentando taxas de transpiração (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A fotossíntese tem efeitos significativos na transpiração da folha bandeira, e na eficiência do uso da água. O melhor uso da água pela folha bandeira ocorre quando as temperaturas médias foliares são mais baixas durante a fase de enchimento de grãos (HUI, 2008). As perdas de água podem reduzir o potencial de água na folha, conduzindo a turgescência reduzida, menor taxa fotossintética e menor condutância estomática, resultando em crescimento e rendimentos reduzidos (CHEN et al., 2012). Taxa de fotossíntese líquida diminui quando as temperaturas foliares excedem os valores ideais e as taxas de fotorrespiração são aumentadas (KHODADADI, 2014). Aumentos na fotossíntese são em geral correlacionadas com maiores valores de clorofila nas folhas (SHARMA et al., 2015).

Os teores de clorofila 'a' e 'b' são correlacionados com a capacidade fotossintética do trigo, pois são os principais pigmentos da fotossíntese (ZHANG et al., 2009). A clorofila 'b' está envolvida na etapa fotoquímica da fotossíntese (o primeiro estágio do processo fotossintético), enquanto que, a clorofila 'a' auxilia na absorção de luz e na transferência de fótons para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. De modo geral as clorofilas 'a' e 'b' encontram-se nas plantas numa proporção de 3:1. (STREIT et al., 2005). Aumentos nos teores de clorofila resultam em maiores taxas fotossintéticas, gerando aumentos nos teores de biomassa e produção de grãos (WANG et al., 2008).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em sistema de plantio direto na cidade de Pato Branco-PR (26°13'S e 52°40'W a 700 m de altitude região de cultivo e uso 2), na Área experimental do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Pato Branco, na safra agrícola de 2016, durante os meses de junho a outubro. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com textura argilosa. A precipitação média anual é entre 1800 a 2000 mm, a temperatura média anual entre 19 a 20°C e a umidade relativa do ar entre 75 a 80% (IAPAR, 2016).

A semeadura foi realizada na primeira quinzena de Junho. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, sendo as parcelas constituídas por seis linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,20 m, e densidade de plantio de 350 sementes por m<sup>2</sup>. No estágio de pleno perfilhamento (Z 22 da escala Zadocks, 1974), foi efetuada uma aplicação de nitrogênio em cobertura (50 kg N ha<sup>-1</sup>). A fonte de nitrogênio utilizada foi ureia (45%N). Os tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura do trigo (Reunião, 2015). Foram avaliadas 14 cultivares modernas de trigo lançadas após o ano de 2012 (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos genótipos, instituição geradora, ano de lançamento. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016

CULTIVAR	EMPRESA	ANO DE LANÇAMENTO
LG PRISMA	DNAT	2014
LG ORO	DNAT	2014
ESTRELA ATRIA	BIOTRIGO	2013
TBIO SINUELO	BIOTRIGO	2012
TBIO MESTRE	BIOTRIGO	2012
TBIO TORUK	BIOTRIGO	2014
TBIO SOSSEGO	BIOTRIGO	2015
VINTECINCO	OR SEMENTES	2013
ORS 1403	OR SEMENTES	2016
ORS 1401	OR SEMENTES	2015
CD 1104	COODETEC	2015

CD 1303	COODETEC	2015
CD 1705	COODETEC	2015
TRIUNFO	CCGL TEC	2012

#### 4.2 SUBPERÍODOS

Foram determinados a duração dos subperíodos: semeadura - emergência (SM-EM); emergência – duplo anel (EM-DA); duplo anel- espiguetas terminal (DA-ET); espiguetas terminal – antese (ET-ANT); antese - maturação fisiológica (ANT-MF); semeadura – antese (SM-ANT) e semeadura – maturação fisiológica (SM- MF). A emergência das plântulas foi estimada quando 50% das plantas apresentaram a primeira folha expandida. O estágio de DA-ET foram determinados morfológicamente, seguindo as metodologias descritas por Nerson et al. (1980). Uma lupa foi usada para visualização do meristema apical. O estágio de duplo anel tem início quando o meristema apical possui dois anéis, um de espiga e outro de folha. O estágio de espiguetas terminal se inicia quando a última espiguetas é formada e se encontra com um ângulo de 90° entre as demais espiguetas. A antese foi estimada quando 50% das espigas nas parcelas apresentaram as anteras extrusadas.

Em cada parcela, 50 plantas homogêneas foram marcadas para a determinação da maturação fisiológica. Próximo a grão leitoso (Z 77) teve início a coleta de 3 espigas a cada 72 horas, sendo secas em estufa com temperatura de 60°C. Posteriormente, em balança de precisão, foi realizada a pesagem de 5 espiguetas centrais das 3 espigas coletadas por parcela. Considerou-se o dia da ocorrência da maturação fisiológica, quando as espiguetas atingiram massa constante.

A duração dos subperíodos foi expressa em tempo térmico (Tt), sendo calculado usando a equação:  $t = Tt / (Tm - Tb)$ , onde t é o tempo que foi expresso em dias que foram necessários para cada estágio alcançar o seu desenvolvimento; Tt, tempo térmico entre subperíodos (°Cd); Tm, temperatura média (°C) no subperíodo e Tb, temperatura base (°C) para cada subperíodo. As temperaturas bases consideradas para cada subperíodo foram de 2,1 °C para SM-EM, 4,8 °C para

EM-DA, 0,8°C para DA-ET, 8,4 °C para ET-ANT e 8,0 para ANT-MF. (RODRIGUES et al., 2001).

#### 4.3 CARACTERES AGRONÔMICOS

O número de grãos por espiga (NGE) e número de grãos por espiguetta (NGET) foram avaliados em 10 plantas escolhidas de forma aleatória, em cada parcela. Na maturação, procedeu-se a colheita e foi avaliada a massa de mil grãos (MMG), em gramas e a massa dos grãos da parcela e, posteriormente, estimado o rendimento de grãos (RG) em kg ha<sup>-1</sup>, corrigido a 13% de umidade. No momento da antese, foi colhido 0,2 m<sup>2</sup> de área da parcela e as espigas separadas e secadas, com as quais foi estimado o peso seco de espiga na antese (PSEa, em g m<sup>-2</sup>).

##### 4.3.3 ESTATURA DE PLANTA, RENDIMENTO BIOLÓGICO E ÍNDICE DE COLHEITA.

A estatura de planta (EP), foi mensurada após a antese com o auxílio de uma régua, medindo do solo até a ponta da espiga. Na maturação foi colhido 0,5m<sup>2</sup> de cada parcela para mensurar o rendimento biológico (RB), e o índice de colheita (IC). O RB é a soma da massa seca do caule, espigas e grãos, seus valores foram expressos em Kg ha<sup>-1</sup>. O IC que foi expresso em % foi definido pela fórmula:

$$ic() = \frac{\text{produção de grãos}(g)}{\text{produção de fitomassa}(g)} \times 100$$

#### 4.4 COMPONENTES DA PLANTA

##### 4.4.1 TROCAS GASOSAS

Foram realizadas medições da temperatura foliar e das taxas de fotossíntese (Pn), transpiração (E), condutância estomática (gs) em folhas

bandeiras, totalmente expandidas em pré e pós-antese (estádios 55-60 e 65-70 de Zadcocks,1974), utilizando-se analisador de gases infravermelho portátil (Irga), modelo Li – 6400XT (Portable Photosynthesis System - LI) da LICOR. Com os dados de trocas gasosas foram determinadas a eficiência do uso da água (WUE). As medições foram realizadas sempre no período da manhã.

#### 4.4.2 TEOR DE CLOROFILA

As mesmas folhas utilizadas para a determinação do potencial fotossintético também foram usadas para avaliar os teores totais e individuais de clorofila (clorofilas a e b), sendo a medição feita com o auxílio de um medidor eletrônico de clorofila óptico portátil modelo ClorofiLOG CFL 130 (Falker, Porto Alegre, Brasil), o sensor analisa três faixas de frequência de luz e através de relações de absorção em diferentes frequências, determina um índice relativo de clorofila (Índice de Clorofila Falker, ICF), levando em consideração a presença das clorofilas “a” (ICFA) e “b” (ICFB). As mensurações foram realizadas em pré e pós-antese (estádios 55-60 e 65-70 de Zadcocks,1974), em folhas sadias e completamente desenvolvidas.

#### 4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Foi realizada a análise de variância conjunta para todas as características em estudo, considerando os efeitos de cultivar como fixos. As médias dos de tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Scott Knott 5% de probabilidade de erro. Adicionalmente foi feita a correlação de Pearson entre os caracteres avaliados. Os dados foram, então, submetidos à análise de variância e à análise de correlação canônica para cada grupo. A verificação da significância entre os grupos de caracteres foi avaliada com base na estatística qui-quadrado (Cruz & Regazzi, 1997). Após verificada a normalidade dos resultados, foi realizada a análise de multicolinearidade, tendo se utilizado o número de



condição (NC) como critério para verificar sua ocorrência (Cruz & Carneiro, 2003). O grupo de caracteres agronômicos apresentou multicolinearidade moderada e foi necessária a eliminação do caractere de número de grãos por espiga (NGE). No grupo de caracteres fisiológicos, foram eliminados os caracteres taxa de transpiração (E); índice de clorofila falker B (ICF B); índice de clorofila falker A+B (ICF A+B) em pré e pós antese e o caractere índice de clorofila falker A em pós antese. Com os caracteres que restaram dentro de cada grupo: agronômicos (estatura de planta, peso seco de espiga em antese, rendimento biológico índice de colheita, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas, rendimento de grãos e massa de mil grãos) e fisiológicos (taxa fotossintética, eficiência do uso da água, condutância estomática em pré e pós antese e índice de clorofila falker A em pré antese) foi realizada a análise de correlação canônica. As análises foram implementadas utilizando o software estatístico Genes (Cruz, 2013).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 SUBPERÍODOS

Houve interação significativa ( $p < 0.01$ ) e ( $p < 0,05$ ) entres genótipos, para a duração de todos os subperíodos (Tabela 2), com exceção da fenofase de emergência a duplo anel (EM-DA). Esses resultados revelam diferenças nas fenofases entre o grupo de genótipos avaliados.

Tabela 2 Análise de variância conjunta para a duração das fenofases, incluindo as fontes de variação, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 14 cultivares de trigo lançadas após o ano de 2012 avaliadas na safra agrícola de 2016, UTFPR, Pato Branco – 2016

FONTES DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		SM-EM	EM-DA	DA-ET	ET-ANT	ANT-MF	SM-ANT	SM-MF
GENÓTIPO	13	238,65 <sup>NS</sup>	357,26*	981,66**	4366,39**	5024,18**	3462,60**	13484,69**
BLOCOS	2	4158,85	6715,30	7594,85	3821,53	7993,5	86737,17	146644,11
ERRO	26	77,39	178,58	103,13	215,11	156,42	648,90	739,77
AS		0,80	0,70	0,94	0,97	0,98	0,90	0,96
CV (%)		6,55	6,34	3,91	4,77	4,21	2,79	2,25
MÉDIA		134,12	210,73	259,59	307,19	296,88	911,64	1208,53

SM-EM, semeadura a emergência; EM-DA, emergência a duplo anel; DA-ET, duplo anel a espiguetta terminal; ET-ANT, espiguetta terminal a antese; ANT-MF, antese a maturação fisiológica; SM-ANT, semeadura a antese; SM-MF, semeadura a maturação fisiológica; GL, graus de liberdade; AS, Acurácia seletiva; CV, coeficiente de variação; <sup>NS</sup>, \*\* e \* são efeitos não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Todos os caracteres agronômicos apresentaram interação significativa ( $p < 0,01$ ) ( $p < 0,05$ ) entre os genótipos (Tabela 3). O coeficiente de variação se manteve baixo, com valores entre 4,83 e 8,78. A acurácia seletiva (AS) dos caracteres se manteve entre 0,75 e 0,98, considerada alta a muito alta, indicando boa precisão experimental (STORCK et al., 2010).

Tabela 3 Análise de variância conjunta para seis caracteres agrônômicos, incluindo as fontes de variação, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 14 cultivares de trigo lançadas após 2012 avaliadas na safra agrícola de 2016. UTFPR, Pato Branco, 2016

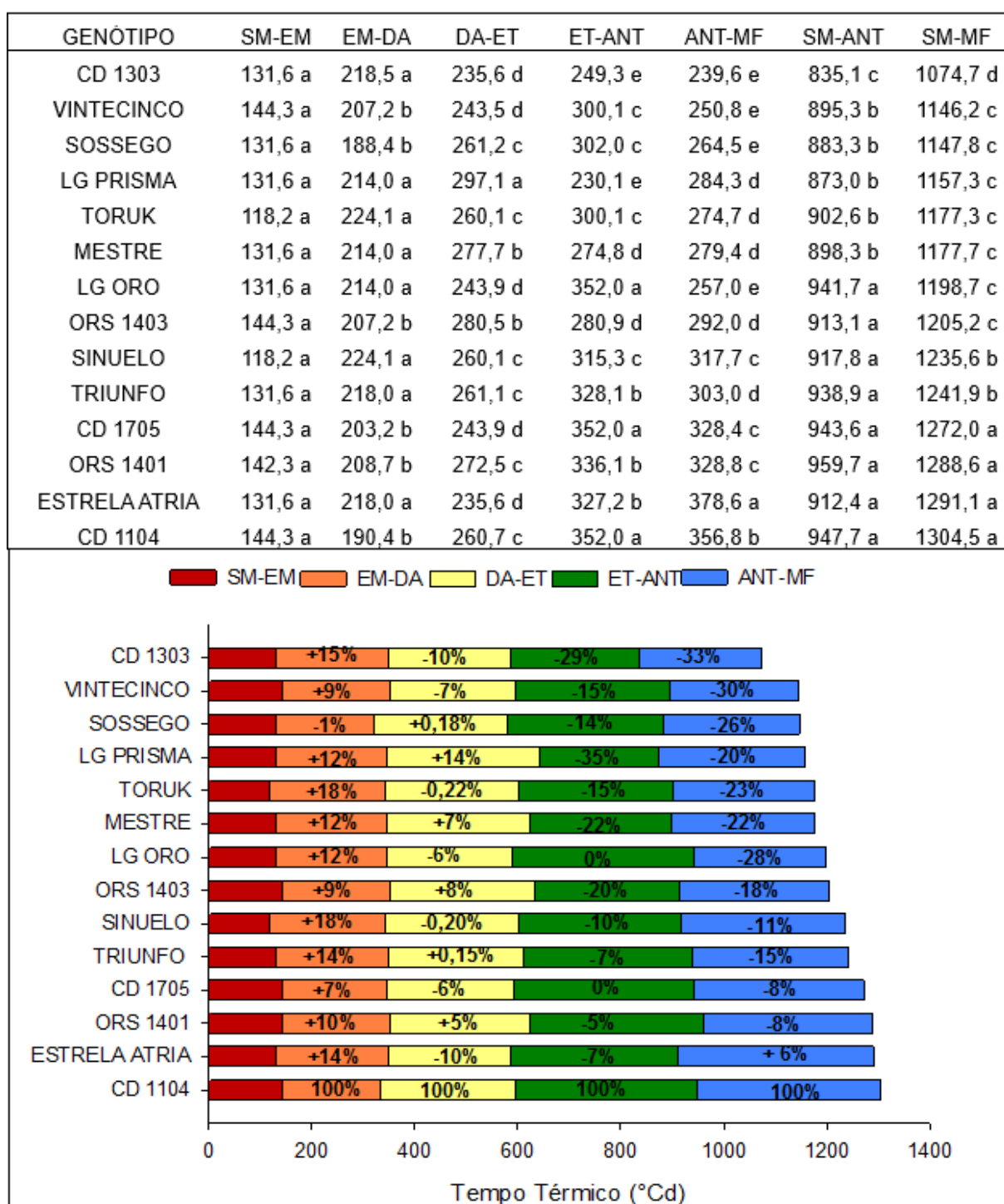
FONTES DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		PSEA	NEE	NGE	NGET	MMG	RG
GENÓTIPO	13	3476,24**	2,64*	48,89**	0,13*	20,59**	564253,34**
BLOCOS	2	162,29	1,02	12,16	0,07	0,06	223090,06
ERRO	26	114,16	1,07	13,37	0,05	3,06	115616,12
AS		0,98	0,75	0,85	0,75	0,90	0,85
CV (%)		6,01	6,43	8,32	8,78	4,83	5,59
MÉDIA		177,75	16,11	43,90	2,72	36,15	6074,41

Psea, Peso seco da espiga na antese; NEE, Número de espiguetas por espiga; NGE, Número de grãos por espiga, NGET, Número de grãos por espiguetas; MMG, Massa de mil grãos; RG, Rendimento de grãos, GL, Graus de liberdade; AS, Acurácia seletiva; CV, Coeficiente de variação; <sup>ns</sup>, são efeitos não significativos; \*\* e \* são efeitos significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Para o subperíodo semeadura a emergência (SM-EM), não houve diferença significativa entre genótipos. Houve uma diferença de 19% do subperíodo emergência a duplo anel (EM-DA) entre os genótipos Toruk e Sossego, os quais representam o maior e menor valor, respectivamente, apresentando assim uma distância de  $-35,7^{\circ}\text{Cd}$  no período vegetativo dos mesmos. O subperíodo de duplo anel a espiguetas terminal (DA-ET) apresentou uma diferença de 24% entre os genótipos LG Prisma (+14%) e CD 1303 (-10%), essa redução foi de  $28,5^{\circ}\text{Cd}$  para a definição floral destes genótipos mais precoces. O subperíodo espiguetas terminal a antese (ET-ANT) apresentou uma diferença de 35%, para os genótipos nos extremos, CD 1104 (0%) e LG Prisma (-35%), o que representa um incremento de  $121,9^{\circ}\text{Cd}$  na média. A maior diferença entre genótipos modernos foi observada no subperíodo entre a antese a maturação fisiológica (ANT-MF), comparado aos demais subperíodos de desenvolvimento. Essa fenofase foi incrementada em 39% para o genótipo Estrela Atria, com um aumento da duração de  $139^{\circ}\text{Cd}$  para este subperíodo (Figura 1).

O subperíodo ET-ANT, apresentou a mais longa duração, comparado aos demais subperíodos de desenvolvimento, corroborando com os resultados de

Rodrigues et al., (2007); Beche (2014) e Isidro et al., (2011), que encontraram a mais longa duração para este período, comparando cultivares antigas e modernas.



**Figura 1** -- Tempo térmico em graus dias (°Cd) de semeadura a emergência (SM-EM), emergência a duplo anel (EM-DA), duplo anel a espiguetas terminal (DA-ET), espiguetas terminal a antese (ET-ANT), antese a maturação fisiológica (ANT-MF), semeadura a antese (SM-ANT) e semeadura a maturação fisiológica (SM-MF) de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016.

Médias seguidas da mesma letra no gráfico e na tabela não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade do erro. Percentagens entre parênteses e na tabela representam a diferença (+ ou -) entre genótipos, considerando o genótipo CD 1104 como 100%.

Segundo Beche (2014), a redução do período SM-ANT é uma característica evolutiva do trigo, altamente desejável em ambientes estressantes para a minimização dos riscos. A associação negativa ( $p < 0,01$ ) da duração do subperíodo SM-MF com o RG ( $r = -0.73^{**}$ ) (Figura 2A), indica que o aumento do potencial produtivo foi acompanhado pela redução do ciclo total, o que também foi observado por outros autores (GIUNTA et al., 2007; ROYO et al., 2008). A associação significativa, do subperíodo de ANT-MF com o RG ( $r = -0.72^{**}$ ) (Figura 2B) corrobora com resultados de Royo et al. (2006), os quais sugerem que a redução do período de enchimento de grãos, em cultivares modernos, permitiu menor predisposição a condições ambientais desfavoráveis, acarretando em maiores rendimentos. Isso ocorre, pois, o menor período entre ANT-MF, expõe a cultura a menor incidência de ataque de pragas e doenças.

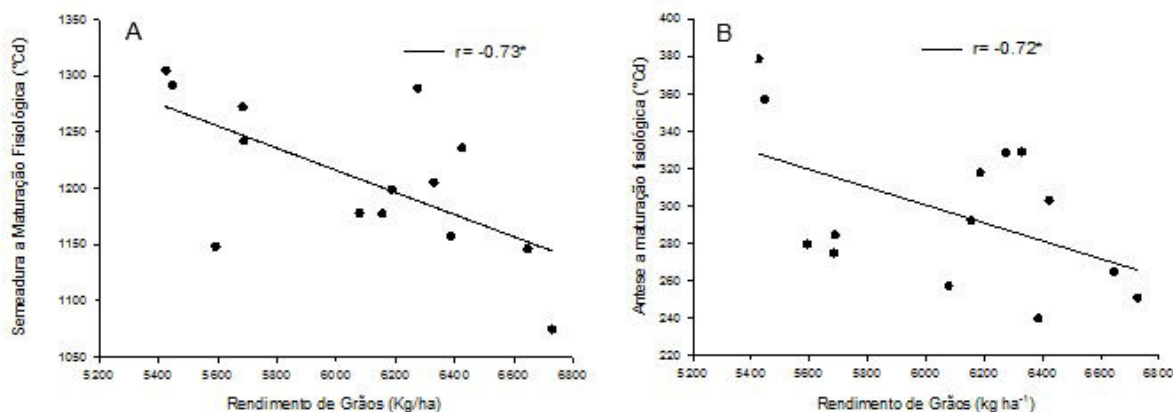


Figura 2 Associação entre subperíodo semeadura a maturação fisiológica e rendimento de grãos (A), subperíodo antese a maturação fisiológica e rendimento de grãos (B), na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

A maior duração do subperíodo SM-ANT esteve correlacionado positivamente com o RG ( $r = 0.79^{**}$ ) (Figura 3A). Esse aumento foi devido principalmente pela maior duração do subperíodo ET-ANT, o qual obteve correlação

de ( $r = 0.88^{**}$ ) (Figura 3B) com o RG, pois, com a maior duração desse período, mais primórdios florais serão polinizados, e conseqüentemente, maior será o número de grãos por unidade de área (MIRALLES et al., 2000; MIRALLES e SLAFER, 2007). No entanto, o período vegetativo SM-EM, e reprodutivo DA-ET, onde o número de flores é determinado (FISCHER, 1985), apresentaram associações negativas com o RG ( $r = -0.77^{**}$  e  $r = -0.50$ , respectivamente) (Figura 3C e 3D), corroborando com resultados de Isidro et al., (2011), que, em seus estudos com cultivares espanholas, observou que essas fases tiveram sua duração reduzida. O período em que o número de grãos por unidade de área é definido foi alongado (ET-ANT), permitindo que um maior número de primórdios florais se tornem férteis na antese. Sendo assim, a maior duração do subperíodo de ET-ANT, aumenta o rendimento de grãos por planta, devido ao maior número de grãos por m<sup>2</sup> (GARCIA et al., 2011).

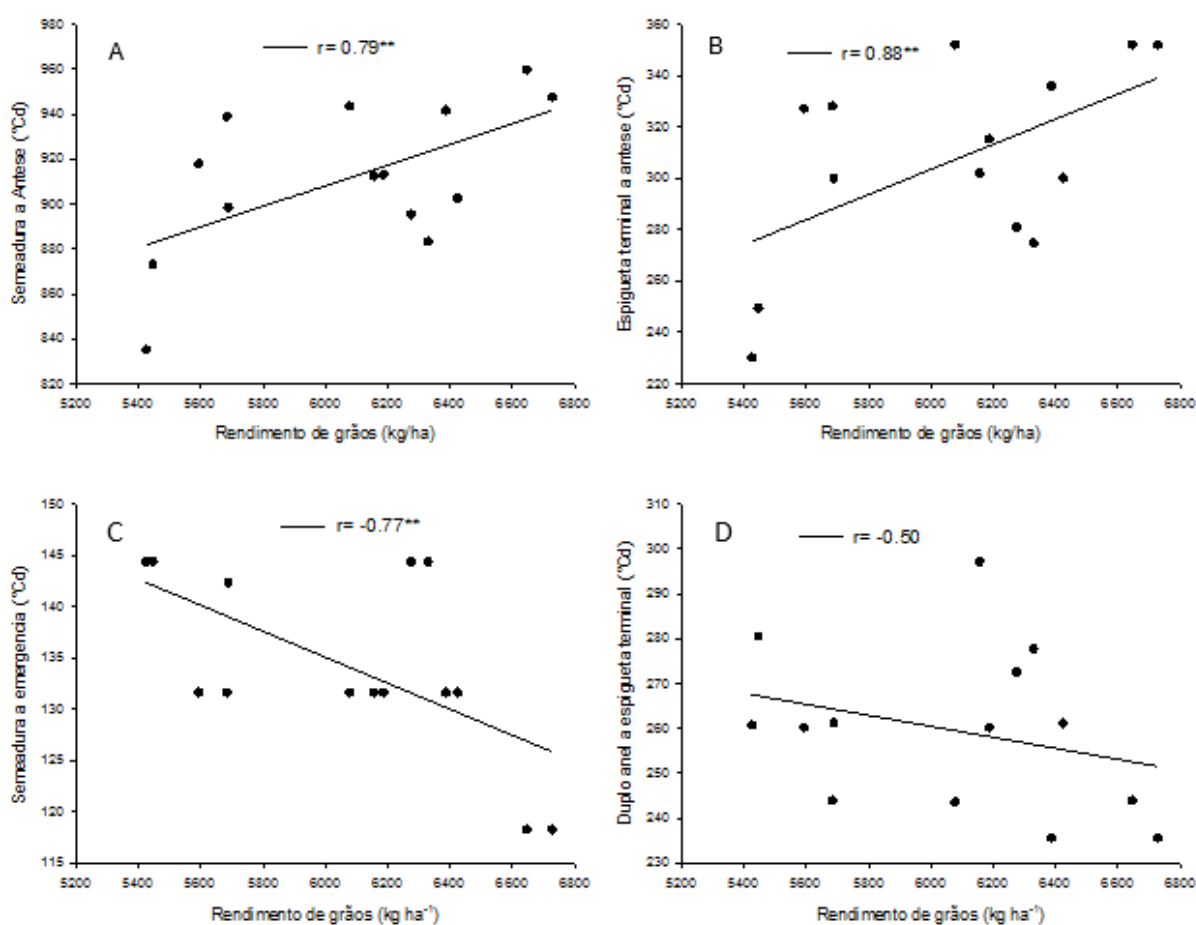


Figura 3 Associação entre subperíodo semente a antese (A); subperíodo espiguetas terminal a antese (B); Semente a emergência (C) e Duplo anel a espiguetas terminal (D) com o rendimento de grãos, na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR.

Foram observadas correlações positivas significativas e de elevada magnitude entre o subperíodo ET-ANT e o Psea ( $r= 0.81^{**}$ ), ET-ANT e o NEE ( $r= 0.80^{**}$ ), e ET-ANT e o NGET ( $r= 0.88^{**}$ ) (Figura 4 A, B e C.), corroborando com os resultados encontrados por outros autores (GONZÁLEZ et al., 2003; ACRECHE et al., 2008; ISIDRO et al., 2011). Miralles et al., (2000), Serrago et al., (2008) e González et al., (2011), também observaram que o aumento da fenofase ET-ANT esteve associado ao incremento do número de flores férteis na antese e número de grãos, e conseqüentemente, com o rendimento de grãos. Portanto, a manipulação da duração do subperíodo de alongamento (ET-ANT), sem aumento do período de florescimento, pode ser uma estratégia útil para aumento do potencial de rendimento de grãos em trigo (SLAFER et al., 2005; MIRALLES; SLAFER, 2007).

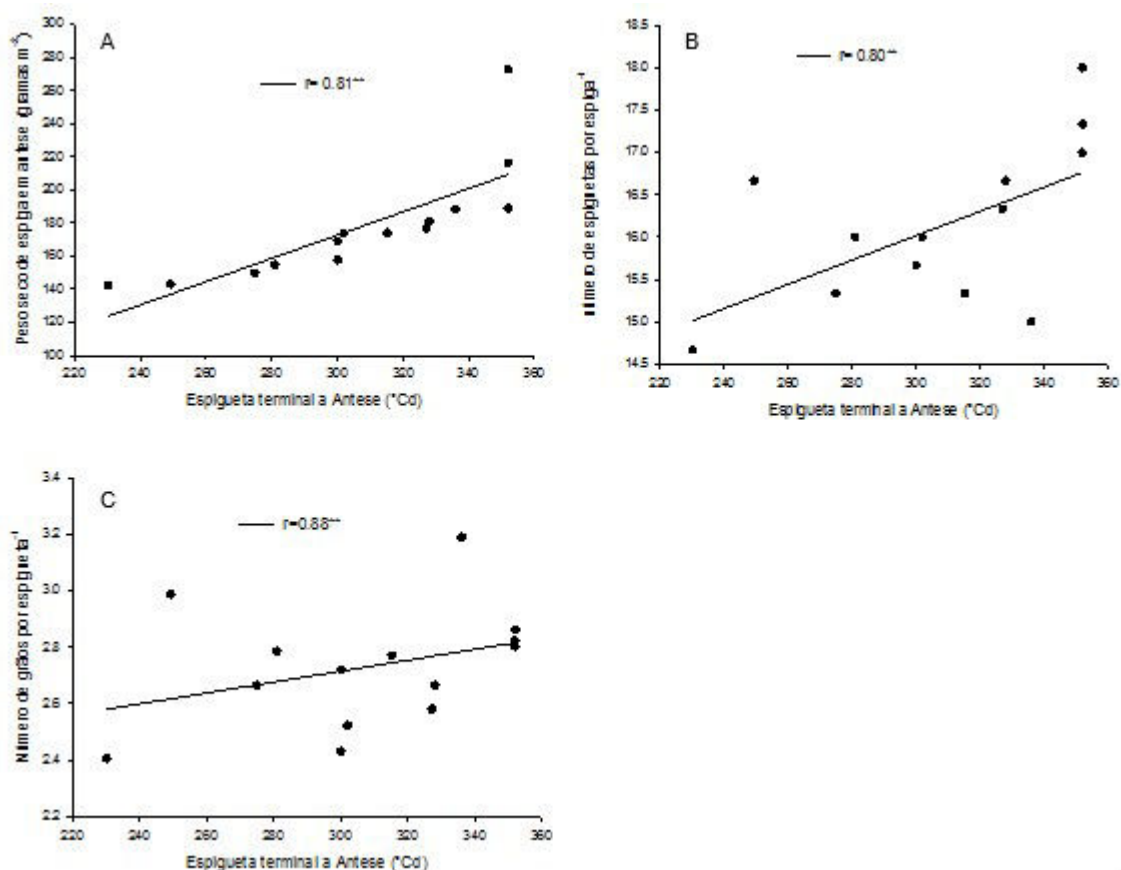


Figura 4 Associação entre espiguetas terminal antese peso seco da espiga em antese –Psea (A); número de grãos espiga<sup>-1</sup> – NGE (B) e número de grãos espiguetas<sup>-1</sup> – NGET (C), na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR.

## 4.2 CARACTERES FISIOLÓGICOS E AGRONÔMICOS

Todos os caracteres avaliados apresentaram significância ( $p < 0,01$ ) para o efeito de genótipo (G), com exceção dos caracteres índice de clorofila A ( $ICF_A$ ), índice de clorofila B ( $ICF_B$ ) e índice de clorofila A+B ( $ICF_{A+B}$ ) em pós antese (Tabela 4). A acurácia seletiva (AS) dos caracteres se manteve entre 0,75 e 0,97, considerada alta a muito alta, indicando elevada precisão experimental (STORCK et al., 2010), com exceção dos caracteres Índice de clorofila B ( $ICF_B$ ) e índice de clorofila A+B ( $ICF_{A+B}$ ) em pós antese os quais apresentaram valores inferiores aos demais.

Tabela 4 Análise de variância incluindo as fontes de variação, seus respectivos quadrados médios e significâncias, de 14 cultivares de trigo lançadas após 2012 avaliadas na safra agrícola de 2016. UTFPR, Pato Branco, 2016.

GL	Fontes De Variação			AS	MÉDIA	CV (%)	
	BLOCO	GENÓTIPO	RESIDUO				
	2	13	26				
Caracteres	QUADRADOS MÉDIOS						
EP <sup>1</sup>	0.166	245.025**	5.91	0.77	90.33	2.69	
Psea	162.297	3476.243**	114.16	0.82	177.76	6.01	
RB	7678244.571	35472012.659**	3971965.19	0.90	17845.71	11.17	
IC	2.095	81.779**	16.55	0.79	39.51	10.30	
NEE	1.024	2.646*	1.08	0.85	16.12	6.43	
NGE	12.167	48.893**	13.37	0.82	43.90	8.33	
NGET	0.078	0.134*	0.06	0.95	2.73	8.79	
RG	223090.066	564253.344**	115616.12	0.97	6074.42	5.60	
MMG	0.066	20.595**	3.06	0.79	36.15	4.84	
PRÉ-ANTESE	WUE	0.005	0.002**	0.0004	0.82	0.35	5.89
	P	7.505	4.822**	0.34	0.83	18.09	3.24
	G	0.000	0.025**	0.0024	0.88	0.62	7.98
	E	3.624	0.572**	0.16	0.90	5.32	7.58
	ICF A	75.486	13.165**	3.81	0.91	33.11	5.90
	ICF B	0.058	7.842**	0.60	0.78	10.83	7.15
	ICF A+B	79.628	39.502**	6.36	0.75	43.95	5.74
PÓS-ANTESE	WUE	0.001	0.001**	0.00005	0.96	0.14	5.19
	P	10.601	21.858**	0.75	0.85	13.63	6.35
	G	0.014	0.043**	0.00192	0.98	0.73	6.04
	E	0.286	1.655**	0.07	0.97	9.89	2.71
	ICF A	3.719	11.299	2.22	0.94	33.68	4.43
	ICF B	0.293	6.180	0.60	0.60	10.31	7.50
	ICF A+B	4.758	33.769	4.60	0.55	44.00	4.87

<sup>1</sup>EP, estatura de planta; Psea, peso seco de espiga em antese; RB, rendimento biológico; NEE, número de espiguetas por espiga; NGE, número de grãos por espiga; NGET, número de grãos por espiguetas; RG, rendimento de grãos; MMG, massa de mil grãos; WUE, eficiência do uso da água;  $P_n$ , taxa fotossintética;  $G_s$ , condutância estomática; E taxa de transpiração; ICF A, índice de clorofila falker A; ICF B, índice de clorofila falker B; ICF A+B, índice de clorofila falker A+B; CV, coeficiente de variação. <sup>ns</sup>, \* e \*\*, são valores não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro.



O rendimento biológico (RB) associou-se positivamente ( $r= 0.70^{**}$ , Figura 5A) com o rendimento de grãos (RG) e com o índice de colheita (IC) ( $r=0.59$ , Figura 5B), indicando que o aumento da biomassa total acima do solo, eleva o RG, através do aumento da capacidade de fonte das plantas e diminuição da drenolimitação no enchimento de grãos (DAI et al., 2016; SANCHEZ-GARCIA et al., 2012).

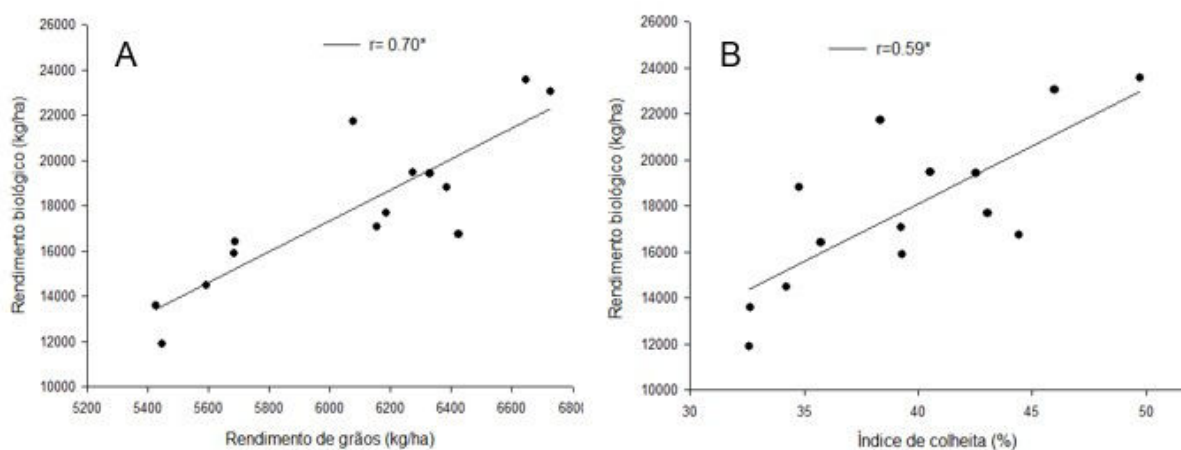


Figura 5 Associação entre rendimento biológico e rendimento de grãos(A) e associação entre rendimento biológico e índice de colheita (B) na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste *t*.

O IC associou-se positivamente ( $r=0.80$ , figura 6B) com o número de grãos por espiguetas (NGET) e com o RG ( $r= 0.77^{**}$ , figura 6A), corroborando com os trabalhos de Royo et al. (2007), Acreche et al. (2008) e Beche (2013) que, dentre outros, atribuíram os ganhos de RG ao aumento do IC. Porém, um IC elevado não sugere necessariamente um alto ou baixo rendimento de grãos. O IC sozinho indica uma elevada capacidade de partição da biomassa para os grãos e não a produtividade (DAI et al., 2016). Por isso, a avaliação do IC deve basear-se em biomassa relativamente constante para ser significativa (FOULKES et al., 2013).

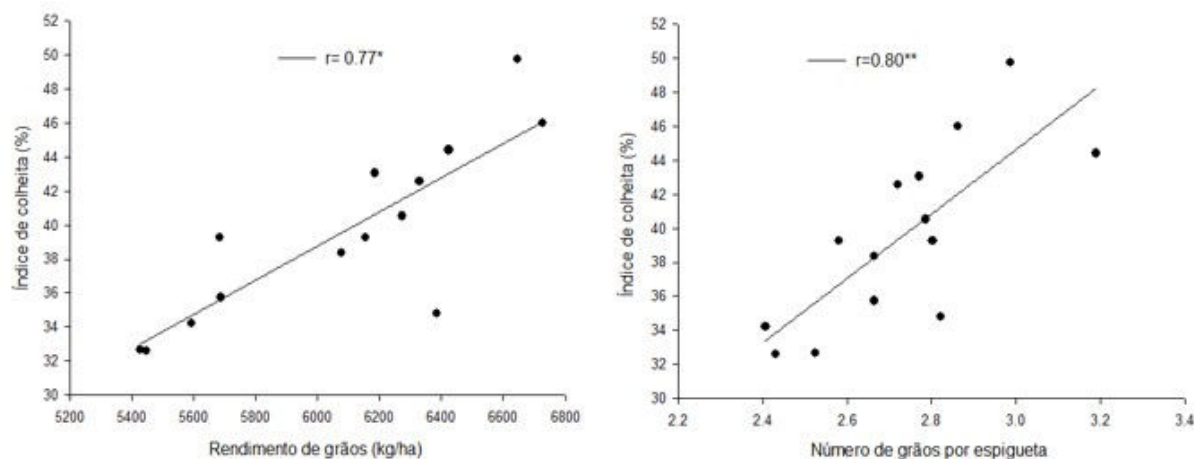


Figura 6 Associação entre índice de colheita e rendimento de grãos (A) e número de grãos por espiguetas (B), na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Os caracteres número de grãos por espiga NGE ( $r=0.69^{**}$ , Figura 7A) e NGET ( $r=0.73^{**}$ , Figura 7B), associaram se positivamente com o RG, corroborando com os trabalhos de Gaju et al. (2014), Bustos et al. (2013) e Slafer et al. (2014), que atribuíram os ganhos de rendimento ao aumento do número de grãos por unidade de área.

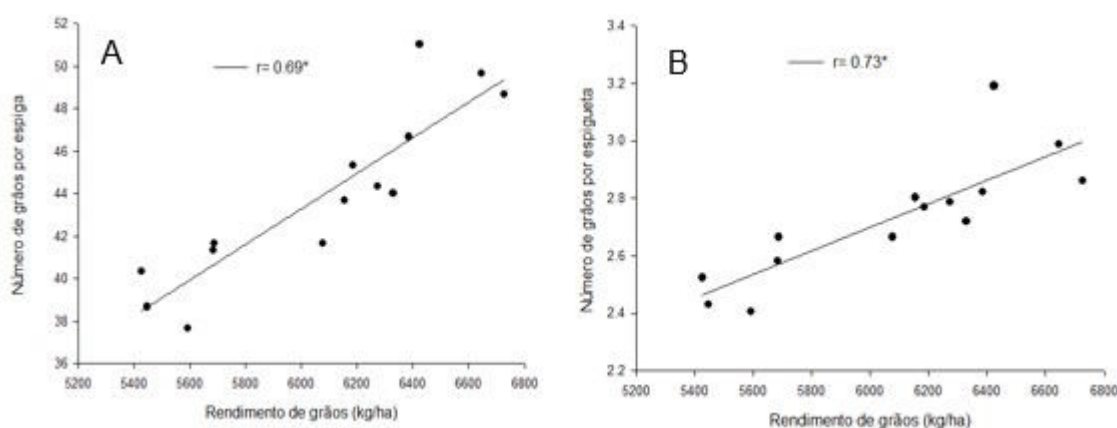


Figura 7 Associação entre número de grãos por espiga e rendimento de grãos(A) e número de grãos por espiguetas (B), na média de 14 genótipos de trigo brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5.

A análise de correlação canônica (Tabela 4) permitiu observar que os caracteres agrônômicos e fisiológicos apresentam dependência linear, ou seja, os grupos são dependentes. Apenas os dois primeiros pares canônicos ( $r=0.80$  e

$r=.076$ ), foram significativos pelo teste qui-quadrado, portanto, são os únicos pares de interesse no estudo. As taxas fotossintéticas ( $P_n$ ) em pré e pós antese estiveram diretamente relacionadas com o rendimento de grãos, corroborando com os resultados de Xiao et al. (2012), que observaram que o rendimento biológico foi maior em altas taxas fotossintéticas pós-antese, visto que grande parte da fotossíntese produzida durante o período pós-antese é direcionada para os drenos (grãos), podendo ainda causar incrementos significativos de biomassa (PARRY et al., 2011).

As taxas fotossintéticas correlacionadas positivamente com o RG são influenciadas principalmente, pela maior condutância estomática apresentada pelos genótipos (DRIEVER et al., 2014), pois, segundo Flexas (2016), a fotossíntese é limitada por 3 fatores, sendo o principal deles a condutância estomática. O RG correlacionado negativamente com a WUE é influenciado principalmente pelo ambiente, e os resultados encontrados corroboram com estudo de (FLEXAS, 2016),

Portanto, aumentos gerais em caracteres fisiológicos, devem ser considerados conjuntamente, pois, em geral, manipulações de um único elemento fotossintético resultam em efeitos pleiotrópicos que anulam os efeitos esperados, e pequenas melhorias podem ser alcançadas pela manipulação de um único caractere, devido a limitação compartilhada da fotossíntese pelos três fatores limitantes (FLEXAS, 2016). Em outras palavras, um aumento real da capacidade fotossintética está condicionado a melhoria de forma conjunta dos fatores que a compõe. Isto é, o aumento de forma singular da condutância estomática não proporcionara um aumento direto da fotossíntese, pois, a mesma é também dependente da condutância mesofílica e da translocação no floema (ADAMS et al., 2007).

Tabela 5 Cargas dos caracteres fisiológicos (grupo 1) e agronômicos (grupo 2) nas correlações canônicas (r) entre os grupos, em 14 genótipos de trigo (*Triticum aestivum*) brasileiros modernos, no ano de 2016. UTFPR, Pato Branco-PR, 2016. \*\* e \* indicam valores significativos a 1 e 5.

Caracteres <sup>1</sup>	Par Canônico						
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
<b>Grupo 1</b>	Caracteres fisiológicos						
<b>P<sub>n</sub></b>	0.33214	-0.32262	0.82017	0.18159	0.75903	0.07883	0.05196
<b>WUE</b>	-0.03895	-0.33926	-0.34971	0.61786	-0.52264	0.80042	-0.1485
<b>G<sub>s</sub></b>	0.49431	0.7018	-0.2715	0.66064	-0.31184	-0.07208	-0.58488
<b>ICF A</b>	0.14274	0.23993	-0.47776	-0.23727	0.355	0.86145	0.22148
<b>WUE</b>	-4.43176	3.22292	-0.19347	-1.21893	-1.56424	-1.01097	0.69534
<b>P<sub>n</sub></b>	5.53429	-3.57983	0.23327	1.94015	2.44302	0.5972	0.45614
<b>G<sub>s</sub></b>	1.47203	0.93147	0.50751	-1.25406	-1.23047	0.72007	-0.16503
<b>Grupo 2</b>	Caracteres agronômicos						
<b>EP</b>	1.10283	0.04117	-0.32987	0.17125	0.08724	-0.12663	-0.04003
<b>Psea</b>	-0.40236	0.32018	0.30442	0.33449	-0.90409	0.17288	-0.21314
<b>RB</b>	0.63416	0.04735	0.48473	0.35578	0.28518	-0.29759	0.48636
<b>IC</b>	1.04281	0.5431	-0.17797	-0.08144	0.135	-0.53877	-0.65342
<b>NEE</b>	-0.06167	-0.38942	-0.59679	-0.05468	-0.43946	-0.5625	0.26496
<b>NGET</b>	0.0138	-0.44575	-0.47956	0.79463	0.45302	0.20831	0.11681
<b>RG</b>	0.33749	0.04888	-0.38376	-0.7737	-0.45952	0.54557	0.3225
<b>MMG</b>	0.41974	-1.03636	0.34499	0.08875	-0.42008	0.27593	0.19392
<b>r</b>	0.80**	0.76*	0.67 <sup>ns</sup>	0.49 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>
<b>GL</b>	56	42	30	20	12	6	2

(<sup>1</sup>) Grupo 1:WUE, eficiência do uso da água; P<sub>n</sub>, taxa fotossintética; G<sub>s</sub>, condutância estomática; ICF A, índice de clorofila falker A. Grupo 2:EP, estatura de planta; Psea, peso seco de espiga em antese; RB, rendimento biológico; NEE, número de espiguetas por espiga; NGET, número de grãos por espiguetas; RG, rendimento de grãos; MMG, massa de mil grãos; <sup>ns</sup>, \* e \*\*, são valores não significativos e significativos a 1 e 5% de probabilidade de erro.

Atualmente, a melhoria da condutância estomática pode ser alcançada com a manipulação de múltiplos genes. No entanto, a seleção para genes que controlam a condutância estomática pode acarretar a seleção de características indesejáveis, como redução da WUE. Devido a isso, melhorar o carregamento e o transporte do floema é uma área de pesquisa que deve ser desenvolvida em paralelo para melhorar a fotossíntese das folhas (PEUKE et al., 2015).

O conceito de uso efetivo da água (EUW) ganhou maior importância para complementar o conceito de WUE e para abordar alguns pontos críticos em relação a nos últimos anos (BLUM, 2009). Com isso, pode-se inferir que os resultados apresentados são coerentes com os resultados encontrados na literatura e que as estimativas de correlação constituem uma estratégia básica para

estabelecer diretrizes e orientar o melhoramento genético de trigo. Esses resultados possibilitam obter ganhos para um dos caracteres por meio da seleção indireta, tornando o processo do melhoramento mais rápido.

## 6 CONCLUSÕES

O incremento do rendimento de grãos em cultivares modernas de trigo esta associado ao incremento do subperíodo espiguetta terminal a antese e diminuição dos períodos semeadura a antese e semeadura a maturação fisiológica.

A seleção indireta através dos componentes de rendimento massa seca de espiga em antese, número de grãos por espiga, número de grãos por espiguetta, índice de colheita, rendimento biológico e número de grãos, mostraram conduzir a um maior progresso no potencial de rendimento.

Para a continuidade do aumento do potencial de rendimento, os programas de melhoramento devem focar no aumento do potencial fotossintético e de condutância estomática em pré e pós antese.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento do período entre a espiguetta terminal e a antese, sem aumentar o período de florescimento, é uma estratégia útil para os programas de melhoramento, a fim de aumentar o rendimento de grãos em cultivares modernos. Entretanto, seu uso como estratégia de seleção ainda é pouco utilizado.

A Elevação do rendimento de grãos esteve associado ao aumento do índice de colheita, número de grãos por espiga e por espiguetta e rendimento biológico, contudo essa elevação tem sido reduzida ao longo dos anos, sendo necessário usar novas estratégias de seleção. Com isso, o incremento do aparato fotossintético pode ser uma ferramenta interessante para maximizar a partição de fotoassimilados para os grãos.

Trabalhos como este devem ser realizados em diferentes anos, para maximizar os fatores genéticos, procurando minimizar os fatores ambientais, que influenciam diretamente aos valores do aparato fotossintético.

Por fim, os resultados deste estudo indicam que para a seleção de genótipos superiores, é necessário utilizar estratégias de seleção multidisciplinares, envolvendo fisiologia, melhoramento de plantas e práticas de manejo.

## REFERÊNCIAS

ACRECHE, Martín M et al. Radiation interception and use efficiency as affected by breeding in Mediterranean wheat. **Field Crops Research**, v. 110, n. 2, p. 91–97, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429008001408>>. Acesso em: 12 set. 2017.

ADAMS, William W et al. Photosynthetic acclimation in the context of structural constraints to carbon export from leaves. **Photosynthesis Research, Springer**, v. 94, n.2-3, p.455–466, 2007. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11120-006-9123-3>>. Acesso em: 25 set. 2017.

ALVES MOREIRA, Mauricio et al. Variação espectral e eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa em ensaio com genótipos de trigo. **Bragantia**, v. 64, n. 3, 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/908/90864303/>>. Acesso em: 30 out. 2017.

BECHE, Eduardo. **Caracteres agronômicos e fisiológicos associados ao progresso do melhoramento genético de trigo no Brasil**. Dissertação (Mestrado) — UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/465/1/PBPPGAG\\_MBeche](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/465/1/PBPPGAG_MBeche), 2013. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/465/1/PB\\_PPGAG\\_M\\_Beche,%20Eduardo\\_2013.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/465/1/PB_PPGAG_M_Beche,%20Eduardo_2013.pdf)> acesso em: 23/04/2016.

BECHE, Eduardo et al. Genetic gain in yield and changes associated with physiological traits in Brazilian wheat during the 20th century. **European journal of agronomy**, v. 61, n. 49–59, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030114000975>>. Acesso em: 23 set. 2017.

BLUM, A. Effective use of water ( $\epsilon_{w}$ ) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Research**, Elsevier, v. 112, n. 2, p. 119–123, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429009000860>>. Acesso em: 23 set. 2017.

BUSTOS, Daniela V et al. Combining high grain number and weight through a DH-population to improve grain yield potential of wheat in high-yielding environments. **Field Crops Research**, Elsevier, v. 145, p. 106–115, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429013000312>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

CALDERINI, Daniel F; SLAFER, Gustavo A. Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century. **Field Crops Research**, v. 57, n. 3, p.335–347, 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037842909800080X>>. Acesso em: 20 jul. 2017.



CARGNIN, Adeliano et al. Progressos do melhoramento genético do trigo irrigado no cerrado de minas gerais. **Embrapa Cerrados-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2009. Disponível em: <[http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2009/bolpd/bolpd\\_238.pdf](http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2009/bolpd/bolpd_238.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2017.

CHEN, Xiaojie et al. Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). **Field Crops Research**, v. 137, p. 195–201, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429012002948>>. Acesso em: 30 set. 2017.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de grãos julho**. Brasília, 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads-/arquivos/17\\_07\\_12\\_11\\_17\\_01\\_boletim\\_graos\\_julho\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads-/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf)>. Acesso em: 23 ago.2017.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Minas Gerais: Editora UFV,2006.

CRUZ, CD; REGAZZI, AJ; CARNEIRO, PCS. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Minas Gerais: Ed. UFV, 1997. Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/IsisScript=DOCFOR.xismethod=postformato=2c>> Acesso em: 20 set. 2017.

CRUZ, CD Regazzi. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Minas Gerais, 2004. Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=agrono.xismethod=postformato=2cantidad=1expresion=mfn=005438>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CUNHA, Gilberto R; BACALTCHUK, Benami. Tecnologia para produzir trigo no rio grande do sul. **Embrapa Trigo-Livros técnicos (INFOTECA- E)**, 2000. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca-/handle/doc/820367>>. Acesso em: 23 out. 2017.

DAI, Jing et al. Harvest index and straw yield of five classes of wheat. **Biomass and Bioenergy**, Elsevier, v. 85, p. 223–227, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953415301951>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

DE VITA, Pasquale et al. Breeding progress in morpho-physiological, agronomical and qualitative traits of durum wheat cultivars released in italy during the 20th century. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 1, p.39–53, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030106001031>>. Acesso em: 20 out. 2017.

DRIEVER, Steven M et al. Natural variation in photosynthetic capacity, growth, and yield in 64 field-grown wheat genotypes. **Journal of experimental botany**, Oxford University Press UK, v. 65, n. 17, p. 4959–4973, 2014. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jxb/article/65/17/4959/557658-/Natural-variation-in-photosynthetic-capacity>>. Acesso em: 30 set. 2017.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World Food Situation**. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/i3027e-i3027e.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2017.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Biannual report on global food markets**. [S.l.], 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-I5703E.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2017.

FISCHER, RA. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. **The Journal of Agricultural Science**, v. 105, n. 2, p. 447–461, 1985. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core-/journals/journal-of-agricultural-science/article/number-of-kernels-in-wheat-crops-and-the-influence-of-solar-radiation-and-temperature/80B47ABEE823AB8EA5B16671DE8CAFD8>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

FISCHER, RA. Understanding the physiological basis of yield potential in wheat. **The Journal of Agricultural Science**, v. 145, n. 2, p. 99–103, 2007. Disponível em: <<https://search.proquest.com/docview/203705225?pq-origsite=gscholar>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

FISCHER, RA. The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson. **Field Crops Research**, v. 105, n. 1, p. 15–21, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429007000445>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

FISCHER, RA; EDMÉADES, Gregory O. Breeding and cereal yield progress. **Crop Science**, v. 50, p. 5–85, 2010. Disponível em: <[https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/50/Supplement 1/S-85](https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/50/Supplement%201/S-85)>. Acesso em: 02 jul. 2017.

FLEXAS, J. Genetic improvement of leaf photosynthesis and intrinsic water use efficiency in C3 plants: Why so much little success? **Plant Science**, Elsevier, v. 251, p. 155–161, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945216300711>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

FOULKES, M John et al. Optimizing harvest index through increasing partitioning to spike growth and maximizing grain number. **Wheat Yield Consortium**, p. 26, 2013. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&id=ZoqgAgAAQB\\_AJoi=fndpg=PA26dq=association+between+harvest+index+and+constant](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&id=ZoqgAgAAQB_AJoi=fndpg=PA26dq=association+between+harvest+index+and+constant)>. Acesso em: 12 set. 2017.

GAJU, Oorbessy et al. Leaf photosynthesis and associations with grain yield, biomass and nitrogen-use efficiency in landraces, synthetic-derived lines and cultivars in wheat. **Field Crops Research**, Elsevier, v. 193, p. 1–15, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429016301022>>. Acesso em: 07 set. 2017.

GARCÍA, Guillermo A et al. Variability of duration of pre-anthesis phases as a strategy for increasing wheat grain yield. **Field Crops Research**, Elsevier, v. 124, n. 3, p. 408–416, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429011002541>>. Acesso em: 07 set. 2017.

GIUNTA, Francesco; MOTZO, Rosella; PRUNEDDU, Giovanni. Trends since 1900 in the yield potential of italian-bred durum wheat cultivars. **European Journal of Agronomy**, Elsevier, v. 27, n. 1, p. 12–24, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030107000044>>. Acesso em: 08 set. 2017.

GONZÁLEZ, FG; TERRILE, Ignacio Ismael; FALCÓN, MO. Spike fertility and duration of stem elongation as promising traits to improve potential grain number (and yield): variation in modern Argentinean wheats. **Crop Science**, The Crop Science Society of America, Inc., v. 51, n. 4, p. 1693–1702, 2011. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/51-4/1693>>. Acesso em: 19 set. 2017.

GONZÁLEZ, Fernanda G; SLAFER, Gustavo A; MIRALLES, Daniel J. Grain and floret number in response to photoperiod during stem elongation in fully and slightly vernalized wheats. **Field Crops Research**, v. 81, n. 1, p. 17–27, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429002001958>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

GRAYBOSCH, Robert A; PETERSON, C. James. Genetic improvement in winter wheat yields in the Great Plains of North America, 1959–2008. **Crop Science**, v. 50, n. 5, p. 1882–1890, 2010. Disponível em: <[http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1920&context=usda\\_arsfacpub](http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1920&context=usda_arsfacpub)>. Acesso em: 13 nov. 2017.

GREEN, Andrew J et al. Genetic yield improvement in soft red winter wheat in the Eastern United States from 1919 to 2009. **Crop science**, v. 52, n. 5, p. 2097–2108, 2012. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/52/5/2097>>. Acesso em: 01 set. 2017.

HIREL, Bertrand et al. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 9, p. 2369–2387, 2007. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jxb/article/58/9/2369/543374>>. Acesso em: 08 set. 2017.

HUI, Zhao et al. Genetic correlation and path analysis of transpiration efficiency for wheat flag leaves. **Environmental and Experimental Botany**, v. 64, n. 2, p. 128–134, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009884720-7002213>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

IAPAR, Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. 2016. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-677.html>>. Acesso em: 23 ago.2017.

ISIDRO, Julio et al. Changes in duration of developmental phases of durum wheat caused by breeding in Spain and Italy during the 20th century and its impact on yield. **Annals of botany**, v. 107, n. 8, p. 1355–1366, 2011. Disponível em: <<https://academic.oup.com/aob/article/107/8/1355/172773>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

KHAN, Imran; MOHAMMAD, Fida; KHAN, Fahim Ullah. Estimation of genetic parameters of yield and yield traits in wheat genotypes under rainfed conditions. **International Journal of Environment**, v. 4, n. 2, p.193–205,2015. Disponível em: <<https://www.nepjol.info/index.php/IJE/article/view-/12637>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

KHODADADI, M et al. Genetic diversity and heritability of chlorophyll content and photosynthetic indexes among some iranian wheat genotypes. **J. Bio. Env. Sci**, v. 4, p. 12–23, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate-.net/profile/Mostafa\\_Khodadadi/publication/259563290Geneticdiversityandheritabilityofchlorop/links/0deec52c84af940844000000.pdf](https://www.researchgate-.net/profile/Mostafa_Khodadadi/publication/259563290Geneticdiversityandheritabilityofchlorop/links/0deec52c84af940844000000.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2017.

MASCLAUX DAUBRESSE, Céline et al. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. **Annals of botany**, v. 105, n. 7, p. 1141–1157, 2010. Disponível em: <<https://academic-.oup.com/aob/article/105/7/1141/148741>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

MIRALLES, Daniel J; RICHARDS, Richard A; SLAFER, Gustavo A. Duration of the stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat and barley. **Functional Plant Biology**, CSIRO, v. 27, n. 10, p.931–940, 2000. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/FP/PP00021>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

MIRALLES, Daniel J; SLAFER, Gustavo A. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? **Journal of Agricultural Science**, Cambridge University Press, v. 145, n. 2, p. 139–149, 2007. Disponível em: <<https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/30343>>. Acesso em: 23 jul. 2017.

NERSON, H; SIBONY, M; PINTHUS, MJ. A scale for the assessment of the developmental stages of the wheat (*triticum aestivum* L.) spike. **Annals of Botany**, v. 45, n. 2, p. 203–204, 1980. Disponível em: <<http://www.jstor-.org/stable/42761310>>. Acesso em: 12 set. 2017.

PARRY, Martin AJ et al. Raising yield potential of wheat. ii. increasing photosynthetic capacity and efficiency. **Journal of experimental botany**, v. 62, n. 2, p. 453–467, 2011. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jxb/article/62/2/453/591861>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

PEUKE, Andreas D et al. Phloem flow and sugar transport in *ricinus communis* L. is inhibited under anoxic conditions of shoot or roots. **Plant, cell & environment**, Wiley Online Library, v. 38, n. 3, p. 433–447, 2015. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pce.12399/full>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

QI, Xueli et al. Physiological characteristics and metabolomics of transgenic wheat containing the maize c4 phosphoenolpyruvate carboxylase (pepc) gene under high temperature stress. **Protoplasma**, v. 254, n. 2, p. 1017–1030, 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00709-016-1010-y>>. Acesso em: 09 jul. 2017.

RIBEIRO, Tanaka Lima Parreira et al. Respostas fenológicas de cultivares brasileiras de trigo à vernalização e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1383–1390, 2010. Disponível em: <<http://seer-.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/2009>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

RODRIGUES, Osmar. **Desenvolvimento de trigo: efeito da temperatura**. Embrapa Trigo, 2001. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br-/biblio/pci031.htm>>. Acesso em: 16 set. 2017.

RODRIGUES, Osmar et al. Fifty years of wheat breeding in southern Brazil: yield improvement and associated changes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 817–825, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br-/scielo.php?pid=S0100-204X2007000600008script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br-/scielo.php?pid=S0100-204X2007000600008script=sci_arttext)>. Acesso em: 22 jul. 2017.

RODRIGUES, O et al. Caracterização ontogenética de cultivares brasileiras de trigo. Embrapa Trigo-Comunicado Técnico (**INFOTECA-E**), 2013. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/988430-/1/2013comunicado-tecnicoonline324.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2017.

ROYO, C et al. Changes in yield and carbon isotope discrimination of Italian and Spanish durum wheat during the 20th century. **Agronomy Journal**, American Society of Agronomy, v. 100, n. 2, p. 352–360, 2008. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/100/2/352>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

ROYO, C et al. Grain growth and yield formation of durum wheat grown at contrasting latitudes and water regimes in a Mediterranean environment. **Cereal Research Communications**, Akadémiai Kiadó, v. 34, n. 2, p. 1021–1028, 2006. Disponível em: <<http://akademai.com/doi/abs/10.1556/CRC-.34.2006.2-3.233>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

SADRAS, VO; LAWSON, C; MONTORO, A. Photosynthetic traits in australian wheat varieties released between 1958 and 2007. **Field Crops Research**, v. 134, p. 19–29, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429012001578>>. Acesso em: 12 set. 2017.

SADRAS, Victor O; SLAFER, Gustavo A. Environmental modulation of yield components in cereals: heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. **Field Crops Research**, v. 127, p. 215–224, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429011003807>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

SANCHEZ GARCIA, Miguel et al. Breeding effects on the genotype× environment interaction for yield of bread wheat grown in Spain during the 20th century. **Field crops research**, v. 126, p. 79–86, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429011003406>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

SCHEUER, Patrícia Matos et al. Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p.211–222, 2011. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev132-/Art13211.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2017.

SEMENOV, Mikhail A; STRATONOVITCH, Pierre. Designing high-yielding wheat ideotypes for a changing climate. **Food and Energy Security**, 2013. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fes3.34/epdf>>. Acesso em: 29 set. 2017.

SERRAGO, A; MIRALLES, Daniel J; SLAFER, Gustavo A. Floret fertility in wheat as affected by photoperiod during stem elongation and removal of spikelets at booting. **European Journal of Agronomy**, v. 28, n. 3, p.301–308, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030107001001>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

SHARMA, Dew Kumari et al. Wheat cultivars selected for high fv/fm under heat stress maintain high photosynthesis, total chlorophyll, stomatal conductance, transpiration and dry matter. **Physiologia plantarum**, v. 153, n. 2, p.284–298, 2015. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppl.12245/full>>. Acesso em: 11 set. 2017.

SHARMA, RC et al. Genetic gains for grain yield in CIMMYT spring bread wheat across international environments. **Crop science**, v. 52, n. 4, p. 1522–1533, 2012. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs-abstracts/52/4/1522>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

SLAFER, GA et al. Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. In: **Wheat in a Global Environment**. Springer, 2001. p. 487–496. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3674-9\\_64](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3674-9_64)>. Acesso em: 22 jul. 2017.

SLAFER, Gustavo A. et al. Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in mediterranean environments. **Annals of Applied Biology**, v. 146, n. 1, p. 61–70, 2005. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.2005.04048.x/full>. Acesso em: 12 jun.2017.

SLAFER, Gustavo A et al. Genetic and environmental effects on crop development determining adaptation and yield. **Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy**, p. 285–319, 2015. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBrlr=id=WiKOAwwAAQBAJoi=fndpg=PA285dq=G.ots=SmqWOWhKPsig=4ybZ2kewwwvAtyNC7xoOXeewWKEv=onepageqf=fals>e>. Acesso em: 19 set. 2017.

SLAFER, Gustavo A; SAVIN, Roxana. Source–sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. **Field Crops Research**, v. 37, n. 1, p. 39–49, 1994. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/-/science/article/pii/S0378429094900809>>. Acesso em: 27 jul. 2017.

SLAFER, Gustavo A; SAVIN, Roxana; SADRAS, Victor O. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. **Field Crops Research**, Elsevier, v. 157, p. 71–83, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429013004085>>. Acesso em: 30 ago. 2017.

STORCK, Lindolfo et al. Avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 03, p. 572–578, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/LindolfoStorck/publication/262648753Experimentalprecisionevaluationofsoybeancultivaryieldtrials-/links/0a85e539038c384901000000.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

STREIT, Nivia Maria et al. The chlorophylls. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p.748–755, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000300043script=sciarttext>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. [S.l.]: Artmed, 2009.

WANG, Fenghua et al. Heredity, physiology and mapping of a chlorophyll content gene of rice (oryza sativa l.). **Journal of plant physiology**, v. 165, n. 3,p. 324–330, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/-pii/S0176161706003105>>. Acesso em: 03 set. 2017.

WANG, Yushen et al. Genetic effect of dwarfing gene rht13 compared with rht-d1b on plant height and some agronomic traits in common wheat (triticum aestivum l.). **Field Crops Research**, v. 162, p. 39–47, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429014000689>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

WU, Wei et al. Genetic progress in wheat yield and associated traits in China since 1945 and future prospects. **Euphytica**, v. 196, n. 2, p. 155–168, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-013-1033-9>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

XIAO, YG et al. Genetic gains in grain yield and physiological traits of winter wheat in shandong province, china, from 1969 to 2006. **Crop Science**, The Crop Science Society of America, Inc., v. 52, n. 1, p. 44–56, 2012. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/52/1/44>>. Acesso em: 22 jul. 2017.

YU, Qiang et al. Simulation of the stomatal conductance of winter wheat in response to light, temperature and co2 changes. **Annals of Botany**, v. 93, n. 4, p. 435–441, 2004. Disponível em: <<https://academic.oup.com/aob/article-/93/4/435/196365>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

ZADOKS, Jan C; CHANG, Ting T; KONZAK, Cal F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed research**, v. 14, n. 6, p. 415–421, 1974. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084-.x/full>>. Acesso em: 13 set. 2017.

ZHANG, Kunpu et al. Genetic dissection of chlorophyll content at different growth stages in common wheat. **Journal of genetics**, v. 88, n. 2, p. 183–189, 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12041-009-0026-x>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

ZHANG, Yu et al. Progress in genetic improvement of grain yield and related physiological traits of chinese wheat in henan province. **Field Crops Research**, v. 199, p. 117–128, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429016303732>>. Acesso em: 30 jun. 2017.