

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 23/01/2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO EM
CONDIÇÕES DE ESTRESSES TÉRMICO E HÍDRICO**

Aretha Arcenio Pimentel Corrêa

Tecnóloga em Biocombustíveis

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO EM
CONDIÇÕES DE ESTRESSES TÉRMICO E HÍDRICO**

Aretha Arcenio Pimentel Corrêa

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Helena Unêda-Trevisoli

Coorientadora: Dra. Edina Regina Moresco

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Genética e Melhoramento de
Plantas)**

2018

Corrêa, Aretha Arcenio Pimentel
C824d Desempenho de cultivares de trigo em condições de estresses
térmico e hídrico / Aretha Arcenio Pimentel Corrêa. – – Jaboticabal,
2018
xvi, 71 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientadora: Sandra Helena Unêda-Trevisoli
Coorientadora: Edina Regina Moresco
Banca examinadora: Eduardo Custódio Gasparino, Everlon Cid
Rigobelo, Ivana Marino Bárbaro Torneli, Viviane Formice Vianna
Bibliografia

1. *Triticum aestivum*. 2. Calor. 3. Seca. 4. Cerrado. 5. Interação
genótipo x ambiente. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.11

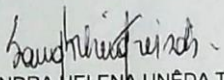
Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

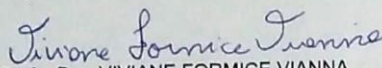
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

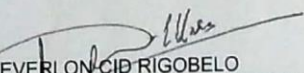
TÍTULO DA TESE: DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO EM CONDIÇÕES DE ESTRESSES
TÉRMICO E HÍDRICO

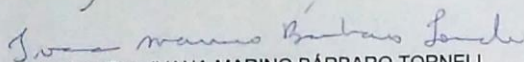
AUTORA: ARETHA ARCENIO PIMENTEL CORRÊA
ORIENTADORA: SANDRA HELENA UNÊDA TREVISOLI
COORIENTADORA: EDINA REGINA MORESCO

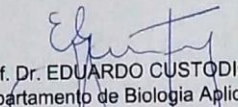
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. SANDRA HELENA UNÊDA TREVISOLI
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. VIVIANE FORMICE VIANNA
ITES - FETAQ / Taquaritinga/SP


Prof. Dr. EVERLON RICARDO RIGOBELLO
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisadora Dra. IVANA MARINO BÁRBARO TORNELI
Secretaria da Agricultura e Abastecimento / APTA / Colina/SP


Prof. Dr. EDUARDO CUSTODIO GASPARINO
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 23 de janeiro de 2018

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ARETHA ARCENIO PIMENTEL CORRÊA – nascida em 01 de dezembro de 1989 em Jaboticabal/SP. Ingressou em agosto de 2008 no curso de Tecnologia em Biocombustíveis na Faculdade de Tecnologia – Fatec de Jaboticabal, obtendo o grau de Tecnóloga em Biocombustíveis em fevereiro de 2012. No mês seguinte iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) pela Universidade Estadual Paulista - Unesp de Jaboticabal. Nesse período foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Obteve o título de Mestre em fevereiro de 2014, e em março do mesmo ano deu início ao curso de Doutorado, no qual foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes.

“When wheat is ripening properly, when the wind is blowing across the field, you can hear the beards of the wheat rubbing together. They sound like the pine needles in a forest. It is a sweet, whispering music that once you hear you never forget.”

Norman Borlaug

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof. Dra. Sandra Helena Unêda-Trevisoli, por me dar oportunidade de aprender diversas técnicas e trabalhar com diferentes espécies, além dos ensinamentos transmitidos desde a graduação, por todos esses anos;

À Dra. Edina Regina Moresco, pela valiosa coorientação;

Aos membros da Banca de Qualificação e Defesa, Dr. Rinaldo César de Paula, Dra. Cibele Chalita Martins, Dra. Viviane Formice Vianna, Dra. Ivana Marino Bárbaro Torneli, Dr. Eduardo Custódio Gasparino e Dr. Everlon Cid Rigobelo pelas contribuições e compreensão com as falhas;

Aos docentes do programa de Genética e Melhoramento de Plantas pelo conhecimento transmitido;

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, em especial ao Faro pelo auxílio no estabelecimento dos experimentos;

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação, em especial ao Diego e à Branca, por sempre me ajudarem e sanarem minhas dúvidas;

À UNESP Jaboticabal pela estrutura e por fazer parte da minha evolução profissional;

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado;

À minha colega e amiga Fabiana Mota da Silva, que tirou diversas dúvidas em relação ao trigo, que me auxiliou em tantos momentos nos experimentos e análises estatísticas, que foi fundamental para a finalização desse estudo;

Aos colegas do Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Melhoramento de Plantas, pela convivência e churrascos;

À toda minha família, especialmente minha mãe, Elba, que foi minha fortaleza quando as coisas ficaram difíceis e pelo auxílio para debulhar as espigas e contar os grãos, ao meu pai, Joel, que sempre incentivou a busca pelo conhecimento, e minha vó Carmem, por tantas orações em todos momentos de angústia;

Ao meu namorado e parceiro de vida, Guilherme, pelo auxílio nos primeiros experimentos, por tirar dúvidas agronômicas, pela paciência que parece ser eterna e compreensão nos meus momentos de estresse;

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho;

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Trigo: origem e aspectos econômicos.....	3
2.2. Crescimento e desenvolvimento da planta	4
2.3. Zoneamento agroclimático	6
2.3.1. Sistema sequeiro	8
2.3.2. Sistema irrigado	9
2.4. Fisiologia do estresse	10
2.4.1. Estresse térmico	11
2.4.2. Estresse hídrico	13
2.5. Melhoramento genético de trigo no Brasil	14
2.5.1. Melhoramento para estresses térmico e hídrico	16
2.6. Análises estatísticas.....	17
2.6.1. Análise de correlações genéticas e fenotípicas	17
2.6.2. Análise multivariada.....	18
2.6.2.1. Análise de componentes principais	18
2.6.2.2. Análise de agrupamento.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Material genético.....	21
3.2. Condições experimentais	22
3.3. Avaliações.....	24
3.4. Análises estatísticas.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26

4.1. Análises de variância	26
4.2. Correlações genéticas e fenotípicas	44
4.3. Análises multivariadas	48
4.3.1. Análise de componentes principais.....	48
4.3.2. Análise de agrupamento	57
5. CONCLUSÕES.....	63
6. REFERÊNCIAS	63

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE TRIGO EM CONDIÇÕES DE ESTRESSES TÉRMICO E HÍDRICO

RESUMO – O melhoramento genético de trigo para a região do Cerrado brasileiro visa o desenvolvimento de genótipos adaptados às condições de calor e seca, além de produtivos. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a tolerância de cultivares de trigo submetidas aos estresses térmico e hídrico, por meio da avaliação de caracteres relevantes para o melhoramento da cultura, bem como estudar a relação entre eles. Para tanto, 30 cultivares de trigo foram submetidas às quatro condições em casa de vegetação: Controle, Seca, Seca+Calor, e Calor, aplicando os estresses do período do emborrachamento até o final da antese, por meio da suspensão da irrigação e da exposição às temperaturas elevadas. Foram avaliados os caracteres: dias para o emborrachamento, dias para o espigamento, dias para a antese, ciclo, altura da planta, nº de espigas por planta, peso médio de espigas, peso de grãos por espiga, tamanho médio de espigas, nº de espiguetas por espiga, nº de grãos por espiga e porcentagem de espiguetas férteis. Foram realizadas análises de variância individuais e conjunta, análise de correlações genéticas e fenotípicas, análise de componentes principais e análise de agrupamento pelos métodos de Ward e “K-means”. Os resultados da análise de variância conjunta entre os ambientes Controle, Seca e Calor indicaram a existência de interação genótipo x ambiente para as características ciclo, nº de espigas por planta, peso médio de espigas, peso de grãos por espiga, tamanho médio de espigas, nº de espiguetas por espiga, nº de grãos por espiga e porcentagem de espiguetas férteis. As correlações entre os caracteres de produção foram afetadas no ambiente Seca, quando comparadas às correlações obtidas nos ambientes Controle e Calor. O caráter nº de espigas por planta apresentou correlação negativa com os outros caracteres de produção em todos os ambientes. A fertilidade das espiguetas foi mais afetada no ambiente Seca. Nas análises de componentes principais, três autovalores explicaram uma variância superior a 80% em todos os ambientes. Na análise de componentes principais envolvendo os três ambientes simultaneamente, os componentes de produção ficaram retidos no primeiro componente, seguido por peso de grãos e porcentagem de espiguetas férteis no segundo componente, enquanto ciclo e altura ficaram retidos somente no terceiro. As análises de agrupamento formaram cinco grupos para os ambientes Controle e Calor e sete grupos para o ambiente Seca. Observou-se ainda que, em situação de estresse térmico, as cultivares mais produtivas foram IPR Catuara TM, BRS Gralha Azul, Anahuac 75 e IPR 144. Sob deficiência hídrica, destacaram-se Embrapa 21, Quartzo, BRS 208. As cultivares com menor adaptação às condições de estresse de modo geral, foram BRS 229, BRS 327 e Topázio.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, calor, seca, Cerrado, interação genótipo x ambiente.

PERFORMANCE OF WHEAT CULTIVARS IN HEAT AND DROUGHT STRESSES CONDITIONS

ABSTRACT – Wheat breeding for Brazilian Cerrado region aims the development of productive genotypes adapted to heat and drought. In this sense, the objective of the present study was to evaluate the tolerance of wheat cultivars subjected to heat and drought stresses, as well as to study the relationships between traits that are relevant to wheat breeding. Therefore, 30 cultivars were conducted in four different greenhouse environments, namely: Control, Drought, Drought + Heat, and Heat, applying the stresses in the period of booting until final anthesis, by suspending the irrigation and exposing to high temperatures. Were evaluated the number of days to booting, number of days to heading, number of days to anthesis, cycle, plant height, number of spikes per plant, mean spike weight, mean grain weight, mean spike size, number of spikelets per spike, number of grains per spike and percentage of fertile spikelets. Was performed individual and joint analysis of variance, genotypic and phenotypic correlations analysis, principal component analysis and cluster analysis by Ward's and "K-means" methods. The results of the joint variance analysis between the Control, Drought, and Heat environments indicated the existence of genotype x environment interactions for the variables cycle, number of spikes per plant, mean spike weight, mean grain weight, mean spike size, number of spikelets per spike, number of grains per spike and percentage of fertile spikelets. The correlations between the production characters were affected in the drought stress environment when compared to Control and Heat environments. The variable number of spikes per plant showed a negative correlation with the other production characters in all environments. Drought stress affected the fertility of the spikelets. In the principal components analysis, three eigenvalues explained a variance greater than 80% in all environments. In the principal components analysis involving the three environments simultaneously, the yield traits were retained in the first component, followed by grain weight and percentage of fertile spikelets in the second component, while cycle and plant height were retained only in the third. The cluster analyzes formed five groups for the Control and Heat environments and seven groups for the Drought environment. It was also observed that, in the event of heat stress, the most productive cultivars were IPR Catuara TM, BRS Gralha Azul, Anahuac 75 and IPR 144. Under water deficiency, Embrapa 21, Quartzo and BRS 208 stood out. The cultivars that showed less adaptation under stress conditions were BRS 229, BRS 327 and Topázio.

Keywords: *Triticum aestivum*, thermal stress, water stress, Cerrado, genotype x environment interactions.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%EF	Porcentagem de Espiguetas Férteis;
ALT	Altura das Plantas;
CIC	Ciclo;
DAN	Dias para a Antese;
DEM	Dias para o Emborrachamento;
DES	Dias para o Espigamento;
NEE	Número de Espiguetas por Espiga;
NEP	Número de Espigas por Planta;
NGE	Número de Grãos por Espiga;
PCA	Análise de Componentes Principais;
PGE	Peso de Grãos por Espiga;
PME	Peso Médio de Espigas;
TME	Tamanho Médio de Espigas.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação das 30 cultivares de trigo avaliadas nos experimentos em casa de vegetação, suas respectivas genealogias e indicações de cultivo. FCAV/UNESP Jaboticabal, 2018.....	21
Tabela 2. Quadrados médios das análises de variância individuais e conjunta, médias e coeficientes de variação (CV%), para as características: dias para o emborrachamento (DEM), dias para o espigamento (DES), dias para a antese (DAN), ciclo (CIC), altura das plantas (ALT), número de espigas por planta (NEP), peso médio de espigas (PME), peso de grãos por espiga (PGE), tamanho médio de espigas (TME), número de espiguetas por espiga (NEE), número de grãos por espiga (NGE) e porcentagem de espiguetas férteis (%EF) avaliadas em experimentos de desempenho de cultivares de trigo.....	28
Tabela 3. Médias de 30 cultivares de trigo para características avaliadas em todos os ambientes e porcentagem de perda das características no ambiente Seca+Calor em comparação com os demais.....	29
Tabela 4. Médias das cultivares de trigo no ambiente Seca+Calor para todas as características avaliadas.....	30
Tabela 5. Teste de Scott-Knott para as médias das características que não apresentaram interação G x A nos experimentos de desempenho de cultivares de trigo sob estresses térmico e hídrico.....	32
Tabela 6. Teste de Scott-Knott para as médias das características ciclo (CIC) e número de espigas por planta (NEP) das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca.....	33
Tabela 7. Teste de Scott-Knott para as médias das características peso médio de espigas (PME) e peso de grãos por espiga (PGE) das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca.....	36
Tabela 8. Teste de Scott-Knott para as médias das características tamanho médio de espigas (TME) e número de espiguetas por espiga (NEE) das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca.....	39
Tabela 9. Teste de Scott-Knott para as médias das características número de grãos por espiga (NGE) e porcentagem de espiguetas férteis (%EF) das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca.....	42
Tabela 10. Matrizes de correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) de características avaliadas em 30 cultivares de trigo em condições de Controle, Calor e Seca.....	45
Tabela 11. Valores das correlações entre os componentes principais (CP) e as características avaliadas em 30 cultivares de trigo nos ambientes Controle, Calor e Seca.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais etapas do desenvolvimento da planta de trigo de acordo com a escala de Zadoks.....	5
Figura 2. Mapa das regiões homogêneas de adaptação para trigo no Brasil.....	7
Figura 3. Casa de vegetação onde os experimentos de avaliação de cultivares de trigo foram conduzidos (a); detalhe do plantio (b); visão geral do experimento após o plantio (c); plantas aos dez dias após a emergência, quando houve o desbaste (d).....	24
Figura 4. Estágios de (A) emborrachamento, (B) espigamento e (C) antese, da planta de trigo.....	25
Figura 5. Visão geral dos ambientes a) controle; b) seca; c) seca+calor e d) calor, durante a fase de espigamento, nos experimentos de avaliação de cultivares de trigo.....	27
Figura 6. Parcelas que apresentaram desenvolvimento fenológico desuniforme entre as plantas de trigo no experimento de avaliação de cultivares no ambiente Seca+Calor.....	31
Figura 7. Comportamento das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca para a característica ciclo.....	34
Figura 8. Comportamento das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca para a característica número de espigas por planta.....	35
Figura 9. Comportamento das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca para a característica peso médio de espigas.....	37
Figura 10. Comportamento das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca para a característica peso de grãos por espiga.....	38
Figura 11. Comportamento das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca para a característica tamanho médio de espigas.....	40
Figura 12. Comportamento das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca para a característica número de espiguetas por espiga.....	41
Figura 13. Anomalias na formação de espiguetas e espiga totalmente infértil de cultivares de trigo expostas ao estresse térmico.....	41
Figura 14. Comportamento das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca para a característica número de grãos por espiga.....	43
Figura 15. Comportamento das 30 cultivares de trigo avaliadas nos ambientes Controle, Calor e Seca para a característica porcentagem de espiguetas férteis.....	44

Figura 16. Gráfico biplot com dispersão dos genótipos de trigo no ambiente Controle em função dos componentes principais CP1xCP2 (a) e CP1XCP3 (b) e projeção dos vetores das características: CIC: ciclo; ALT: altura das plantas; NEP: número de espigas por planta; NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; TME: tamanho de espigas; PGE: peso de grãos por espiga; PME: peso médio de espigas e %EF: porcentagem de espiguetas férteis.....50

Figura 17. Gráfico biplot com dispersão dos genótipos de trigo no ambiente Calor em função dos componentes principais CP1xCP2 (a) e CP1XCP3 (b) e projeção dos vetores das características: CIC: ciclo; ALT: altura das plantas; NEP: número de espigas por planta; NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; TME: tamanho de espigas; PGE: peso de grãos por espiga; PME: peso médio de espigas e %EF: porcentagem de espiguetas férteis.....52

Figura 18. Gráfico biplot com dispersão dos genótipos de trigo no ambiente Seca em função dos componentes principais CP1xCP2 (a) e CP1XCP3 (b) e projeção dos vetores das características: CIC: ciclo; ALT: altura das plantas; NEP: número de espigas por planta; NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; TME: tamanho de espigas; PGE: peso de grãos por espiga; PME: peso médio de espigas e %EF: porcentagem de espiguetas férteis.....53

Figura 19. Gráfico biplot com dispersão dos genótipos (A-Controle; B-Calor; C-Seca) de trigo em todos os ambientes em função dos componentes principais CP1xCP2 (a) e CP1XCP3 (b) e projeção dos vetores das características: CIC: ciclo; ALT: altura das plantas; NEP: número de espigas por planta; NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; TME: tamanho de espigas; PGE: peso de grãos por espiga; PME: peso médio de espigas e %EF: porcentagem de espiguetas férteis.....55

Figura 20. Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico utilizando a distância Euclidiana e método de aglomeração de Ward para cultivares de trigo no ambiente Controle.....57

Figura 21. Gráfico do perfil da distribuição do centroide dos grupos da análise de agrupamento por “K-means” formados a partir das características: CIC: ciclo; ALT: altura das plantas; NEP: número de espigas por planta; NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; TME: tamanho de espigas; PGE: peso de grãos por espiga; PME: peso médio de espigas e %EF: porcentagem de espiguetas férteis; para cultivares de trigo no ambiente Controle.....58

Figura 22. Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico utilizando a distância Euclidiana e método de aglomeração de Ward para cultivares de trigo no ambiente Calor.....59

Figura 23. Gráfico do perfil da distribuição do centroide dos grupos da análise de agrupamento por “K-means” formados a partir das características: CIC: ciclo; ALT: altura das plantas; NEP: número de espigas por planta; NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; TME: tamanho de espigas; PGE:

peso de grãos por espiga; PME: peso médio de espigas e %EF: porcentagem de espiguetas férteis; para cultivares de trigo no ambiente Calor.....60

Figura 24. Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico utilizando a distância Euclidiana e método de aglomeração de Ward para cultivares de trigo no ambiente Seca.....61

Figura 25. Gráfico do perfil da distribuição do centroide dos grupos da análise de agrupamento por “K-means” formados a partir das características: CIC: ciclo; ALT: altura das plantas; NEP: número de espigas por planta; NEE: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; TME: tamanho de espigas; PGE: peso de grãos por espiga; PME: peso médio de espigas e %EF: porcentagem de espiguetas férteis; para cultivares de trigo no ambiente Seca.....62

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma monocotiledônea anual, pertencente à Família botânica Poaceae, que engloba todas as gramíneas. É considerado um cereal básico para a civilização, sendo uma das espécies mais cultivadas no mundo.

No Brasil, a produção anual oscila entre cinco e seis milhões de toneladas, sendo cultivado nas regiões Sul (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-oeste (MS, GO e DF). Entretanto, a produção nacional, embora tenha números expressivos, não supre a demanda interna. Para complementar o consumo, o Brasil tem importado milhões de toneladas do cereal anualmente. Na safra 2016/17, a importação brasileira de trigo foi de 7,09 milhões de toneladas, a um custo de US\$1346,8 milhões (CONAB, 2017).

Para reduzir a dependência externa e o gasto com a importação de trigo, é importante buscar alternativas de áreas produtoras. Neste contexto, a região do Brasil Central, envolvendo Minas Gerais, parte de São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Distrito Federal, parte da Bahia e do Mato Grosso do Sul, constitui ótima alternativa para expansão da área tritícola brasileira; tanto para cultivo de sequeiro quanto irrigado (CONDÉ et al., 2013a).

A principal limitação do trigo nesta região é a ocorrência de temperaturas muito elevadas durante o ciclo da cultura, causando prejuízos em todas as fases de crescimento da planta, levando à redução no rendimento final de grãos. Cargnin et al. (2006) e Oliveira et al. (2011) registraram perdas de até 50% no potencial produtivo do trigo em função do estresse térmico. Longas horas de exposição à temperatura moderadamente alta (22 a 28 °C) assim como breve exposição à temperatura muito alta (> 30 °C) afetaram o desenvolvimento do trigo e ocasionaram redução de produtividade (STONE; NICOLAS, 1994). Outro fator limitante, segundo Ribeiro Junior et al. (2006), são os veranicos. A produtividade do trigo depende da quantidade de água disponível no solo, sendo que o rendimento médio das culturas irrigadas chega a ser três vezes maior que em condições de sequeiro.

Dessa forma, o desenvolvimento de genótipos tolerantes ao estresse térmico e hídrico e com elevado rendimento de grãos é um dos objetivos dos programas de melhoramento genético de trigo (ACUÑA-GALINDO et al., 2014; AL-KARAKI, 2012;

MONDAL et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2011; PINTO; REYNOLDS, 2015; TAHMASEBI et al., 2015), especialmente para as condições do Brasil Central (MACHADO et al., 2010). Deve-se então, havendo disponibilidade de variabilidade genética, desenvolver cultivares adaptadas a altas temperaturas e à seca, para subsidiar a expansão da cultura em áreas não tradicionais (SOUZA; PIMENTEL, 2013). Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram: i) estudar o efeito dos estresses térmico e hídrico sobre a fenologia, morfologia, componentes de produção e fertilidade da espiga; ii) analisar as relações entre essas características; iii) caracterizar cultivares de trigo quanto à tolerância ao calor e à seca, buscando subsídio de informações aos programas de melhoramento de trigo.

5. CONCLUSÕES

- As correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres de produção foram afetadas no ambiente Seca (estresse hídrico) quando comparadas com o ambiente Calor (estresse térmico) e Controle.
- A característica número de espigas por planta correlacionou-se negativamente com os outros caracteres de produção avaliados, em todos os ambientes.
- A fertilidade das espiguetas foi mais afetada pelo estresse hídrico do que pelo térmico.
- No ambiente Calor (estresse térmico), as cultivares em destaque foram IPR Catuara TM, BRS Gralha Azul, Anahuac 75, IPR 144, apresentando bons desempenhos em cultivo irrigado.
- No ambiente Seca (estresse hídrico), as cultivares BRS 208, Quartzo, e Embrapa 21 apresentaram boa produção de grãos e alta fertilidade de espiguetas, mostrando bom potencial produtivo em condições de sequeiro.
- Para fins de fonte de tolerância aos estresses estudados, não recomenda-se a utilização das cultivares: BRS 229 e Topázio, por estarem presentes nos grupos de baixa produtividade em todos os ambientes e BRS 327 pela dificuldade de mudar do estágio vegetativo para o estágio reprodutivo.

6. REFERÊNCIAS

- ABITRIGO, Associação Brasileira da Indústria do Trigo. **Brasil – importação de trigo 2017** (por país). Disponível em: <www.abitrigo.com.br/associados/arquivos/importacao_trigo.pdf>. Acesso em: 03 de março de 2017.
- ACEVEDO, E.; NACHIT, M.; FERRARA, G. O. Effects of heat stress on wheat and possible selection tools for use in breeding for tolerance. In: International Conference Wheat for the Non-traditional Warm Areas. Foz do Iguaçu, **Proceedings...** Mexico: CIMMYT, 1991. p. 401-421.
- ACUÑA-GALINDO, M. A.; MASON, R. E.; SUBRAMANIAN, N. K.; HAYS, D. B. Meta-analysis of wheat QTL regions associated with adaptation to drought and heat stress. **Crop Science**, Vol. 55 No. 2, p. 477-492, 2014.

AL-KARAKI, G. N. Phenological development-yield relationships in durum wheat cultivars under late-season high-temperature stress in a semiarid environment. **ISRN Agronomy**, v.2012, 7p., 2012.

ASSAD, M. T.; PAULSEN, G. M. Genetic changes in resistance to environmental stresses by U.S. great plains wheat cultivars. **Euphytica**, v.128, p.87-96, 2002.

ASSENG, S.; VAN HERWAARDEN, A. F. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. **Plant and soil**, 256(1) 217-229, 2003.

BÄNZIGER, M.; EDMEADES, G. O.; BECK, D.; BELLON, M. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize. **CIMMYT Special Publication**. Mexico, D.F.: CIMMYT 68p. 2000.

BENIN, G.; SILVA, G. O.; PAGLIOSA, E. S.; LEMES, C.; SIGNORINI, A.; BECHE, E.; CAPELIN, M. A. Capacidade de combinação em genótipos de trigo estimada por meio de análise multivariada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.44, n.9, p. 1145-1151, 2009.

BENNANI, S.; NSARELLAH, N.; BIROUK, A.; OUABBOU, H.; TADESSE, W. Effective selection criteria for screening drought tolerant and high yielding bread wheat genotypes. **Universal journal of agricultural research** 4:134-142, 2016.

BLUM, A.; KLUEVA, N.; NGUYEN, H. T. Wheat cellular thermotolerance is related to yield under heat stress. **Euphytica** 117:117-123, 2001.

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

BRAMMER, S. P.; SCAGLIUSI, S. M. M.; LAU, E.Y. Biotecnologia. In: **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / Claudia De Mori ... [et al.], editores técnicos – Brasília, DF: Embrapa, 2016.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA, p. 319, 2006.

CAIERÃO, E.; SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; SÓ E SILVA, M. Origem, evolução e melhoramento genético. In: **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / Claudia De Mori ... [et al.], editores técnicos – Brasília, DF: Embrapa, 2016.

CAMARGO, C. E. O.; FERREIRA FILHO, A. W. P.; FELICIO, J. C. Herdabilidade e correlações entre características agrônômicas em populações híbridas de trigo. **Bragantia**, 57(1), 1998.

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

CAVATTE, P. C.; MARTINS, S. C. V.; MORAIS, L. E.; SILVA, P. E. M.; SOUZA, L. T.; DAMATTA, F. M. A fisiologia dos estresses abióticos. In: **Melhoramento de Plantas para condições de estresses abióticos** / Roberto Fritsche-Neto, Aluizio Borém. Visconde do Rio Branco: Suprema, cap. 3, p. 39-79. 2011.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acomp. Safra Bras. Grãos, v.4** - Safra 2016/17, Décimo Primeiro Levantamento, Brasília, p. 1-171, agosto 2017. – Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 02 de setembro. 2017.

CONDÉ, A. B. T.; ANDRADE, A. T.; MARTINS, F. A. D.; SOBRINHO, J. S.; MORESCO, E. R.; CAIXETA, C. G. **Trigo de sequeiro: potencialidades**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.34, n. 274, p.24-29, junho 2013. Bimestral. 2013a.

CONDÉ, A. B. T.; MORESCO, E. R.; MARTINS, F. A. D.; ANDRADE, A. T. **Trigo irrigado: potencialidades**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.34, n. 274, p.19-23, junho 2013. Bimestral. 2013b.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1990.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 648p. 2001.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2, 3. ed. Viçosa: UFV, p. 668, 2014.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, p. 620. 2011.

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

CUNHA, G. R. da; SCHEEREN, P. L.; PIRES, J. L. F.; MALUF, J. R. T.; PASINATO, A.; CAIERÃO, E.; SÓ E SILVA, M.; DOTTO, S. R.; CAMPOS, L. A.C.; FELÍCIO, J. C.; CASTRO, R. L. de; MARCHIORO, V.; RIEDE, C. R.; ROSA FILHO, O.; TONON, V. D.; SVOBODA, L. H. **Regiões de adaptação para trigo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. html. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online, 20). Disponível: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci20.htm. Acesso em: 18 de agosto de 2017.

CUNHA, G. R.; PASINATO, A.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; GOUVÊA, J.A. Bioclimatologia e zoneamento agrícola. In: **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / Claudia De Mori ... [et al.], editores técnicos – Brasília, DF: Embrapa, 2016.

DE MORI, C. Aspectos comerciais e econômicos do trigo. In: **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / Claudia De Mori ... [et al.], editores técnicos – Brasília, DF: Embrapa, 2016.

DE MORI, C.; SÓ E SILVA, M. **Panorama da triticultura no Brasil e em Minas Gerais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.34, n. 274, p.7-18, junho 2013. Bimestral.

DENYER, K.; HYLTON, C. M.; SMITH, A. M. The effect of high temperature on starch synthesis and the activity of starch synthase. **Australian journal of plant physiology**, 21, p.783-789, 1994.

DIAS, A. S.; BAGULHO, A. S.; LIDON, F. C. Ultrastructure and biochemical traits of bread and durum wheat grains under heat stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 20 (4), 323-333, 2008.

DOLFERUS, R.; JI, X.; RICHARDS, R. A. Abiotic stress and control of grain number in cereals. **Plant science**, v. 181, p. 331-341, 2011.

FAROOQ, M.; BRAMLEY, H.; PALTA, J. A. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. **Critical reviews in plant sciences** 30: 491-507, 2011.

FERRAUDO, A. S. **Técnicas de análise multivariada – uma introdução**. Apostila. Jaboticabal. 2010. 72p.

FERREIRA, D. F. Estatística Multivariada. 2. ed. Lavras: UFLA, 2011. p. 676.

FISCHER, R. A. Number of kernels in wheat crop and the influence of solar radiation and temperature. **Journal of Agricultural Science**, London, v. 105. p. 147-161, 1985.

FISCHER, R. A. The effect of. water stress at various stages of development on yield processes in wheat. **The 1973 Unesco Congress**. The Sun in The Service of Mankind: Global Renewable Energy Implementation, Paris, pp. 233-241, 1973.

FONSECA, S.; PATTERSON, F. L. Yield components, heritabilities and interrelationships in winter wheat. (*Triticum aestivum* L.). **Crop Science**, 8:614-617, 1968.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Funep, Jaboticabal, 2008, 338p.

FRONZA, V.; SOUZA, M. A.; MOLINA, R. M. S.; YAMANAKA, C. H. Trigo (*Triticum aestivum* L.) In: PAULA JUNIOR, T. J. VENZON, M. (Ed.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte, EPAMIG, 2007, p. 751-762.

GOMES, C. N.; CARVALHO, S. P.; JESUS, A. M. S.; CUSTÓDIO, T. N. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1121-1130, 2007.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R.; DEL DUCA, L. J. A.; CAMARGO, C. M. O. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** 23(3): 500-510, 2003.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHUAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre, Artmed Editora S. A. 2005. p. 593.

HAIR, J. F.; BLACK, W.; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de dados**. Editora Bookman, Porto Alegre, 6ª ed., 2009. p. 688.

HALL, A. E. The mitigation of heat stress. In: **Plant Stress**. Ed A Blum. http://www.plantstress.com/Articles/heat_m/heat_m.htm 2003. Acesso em: 18 de agosto de 2017.

HARTWIG, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; VIEIRA, E. A.; SILVA, J. A. G.; BERTAN, I.; RIBEIRO, G.; FINATTO, T.; REIS, C. E. S.; BUSATO, C. C. Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. **Bragantia**, 66 (2), 203-218, 2007.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 767p.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, p. 187-200, 1958.

LAWLOR, D. W.; DAY, W.; JOHNSTON, A. E.; LEGG, B. J.; PARKINSON, K. J. Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content, **Journal of Agricultural Science**, vol. 96 (pg. 167-186), 1981.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress**. II: Water radiation, salt and other stress. New York: Academics Press, 1980. 606 p.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. Fisiologia do estresse vegetal. In: _____. **Fisiologia da produção**. Viçosa, Editora UFV, 2015, 482p.

MACHADO, J. C.; SOUZA, M. A.; OLIVEIRA, D. M. Recurrent selection as breeding strategy for heat tolerance in wheat. **Crop breeding and applied biotechnology** 10: 9-15, 2010.

MONDAL, S.; SINGH, R. P.; HUERTA-ESPINO, J.; KEHEL, Z.; AUTRIQUE, E. Characterization of heat and drought stress tolerance in high yielding spring wheat. **Crop Science**, Vol. 55 No. 4, p. 1552-1562, 2015.

MORESCO, E. R.; ALBRECHT, J. C.; SOBRINHO, J. S.; CARGNIN, A.; SÓ e SILVA, M. **Estratégias de melhoramento para o trigo tropical**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.34, n. 274, p.40-43, junho 2013. Bimestral.

MUNIZ, C. A. S. D.; QUEIROZ, S. A.; MASCIOLI, A. S.; ZADRA, L. E. F. Análise de componentes principais para características de crescimento em bovinos de corte. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p.1569-1576, 2014.

MUSICK, J. I.; DUSCK, D. A. Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. **Agronomy Journal**, 72: 45-52. 1980.

OLIVEIRA, D. M.; SOUZA, M. A.; ROCHA, V. S.; ASSIS, J. C. Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor. **Bragantia** 70(1):25-32, 2011.

PINTO, R. S.; REYNOLDS, M. P. Common genetic basis for canopy temperature depression under heat and drought stress associated with optimized root distribution in bread wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, Vol. 128, n.4, p. 575-585, 2015.

PITTA, R. M.; BOIÇA JR, A. L.; JESUS, F.; TAGLIARI, S. R. A. Seleção de genótipos resistentes de amendoimzeiro a *Anticarsia gemmatilis* hübner (Lepidoptera: Noctuidae) com Base em Análises Multivariadas. **Neotropical Entomology** ,v. 39, n. 2, p. 260-265, 2010.

POEHLMAN, J. M.; SLEPER, D. A. **Breeding field crops**. Ames: Iowa State University Press. 1995. 494p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. Ligação, permuta genética e pleiotropia. In: _____. **Genética na agropecuária**. Lavras, Editora UFLA, 565p. 2012.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; VASCONCELOS, U.; TRINDADE, M. da G.; FERREIRA, F. M.; SIQUEIRA, M. M. H.; SILVA, H. L. M. da.; RODRIGUES, G. C.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; AMÁBILE, R. F.; ALBUQUERQUE, A. C.; SÓ E SILVA, M.; ALBRECHT, J. C.; DURÃES, F. O. M. **Fenotipagem para tolerância à seca visando o melhoramento genético do trigo no cerrado**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 24p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica, 21). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci21.htm>. Acesso em 15 de março de 2017.

RIBEIRO, G. **Estratégia de melhoramento para tolerância ao estresse de calor em trigo**. 2012. 59 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; MARCHESE, J. A.; SCIPIONI, C. Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. **Pes. Agropec. Bras.**, Brasília, v.33, n.6, p.839-846, 1998.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; COSTENARO, E. R.; SANA, D. Ecofisiologia de trigo: bases para elevado rendimento de grãos. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 5, p. 115-134.

SAINI, H. S.; LALONDE, S. L. Injuries to reproductive development under water stress, and their consequences for crop productivity. **Journal of crop production** 1:223-248, 1998.

SALTER, P. J. Cereals. In: SALTER, P.J.; GOODE, J.E. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham, **Commonwealth Agricultural Bureau**, 1967. p. 15-48.

SANTOS, J.; VENCOSKY, R. Correlação fenotípica e genética entre alguns caracteres agrônômicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, v.10, p.265-272, 1986.

SARTORIO, S. D. **Aplicações de técnicas de análise multivariada em experimentos agropecuários usando o software R**. 2008. 130f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SAS. **STATISTICAL ANALYSES SYSTEM**. Institute Inc. The SAS System, release 9.3. Cary: NC, 2011.

SCHEEREN, P. L.; CAIERÃO, E.; SÓ E SILVA, M.; BONOW, S. Melhoramento de trigo no Brasil In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 17, p. 427-452.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, 30: 507–512. 1974.

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

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

SILVA, F. M. **Estratégias de condução de populações segregantes de soja portadoras do gene RR e seleção por meio de análises uni e multivariada.** 2015. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas). Unesp, Jaboticabal, 2015.

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; LABATE, C. A.; GUIDETTI-GONZALEZ, S.; BORGES, J.S.; FERREIRA, L. C.; DELIMA, R. O.; FRITSCHÉ-NETO, R. Melhoramento para eficiência no uso da água. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Eds.) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, cap. 6, p.127-149.

SLATYER, R. O. Physiological significance of internal water relations to crop yield. J.D. Eastin; F. A. Haskins; C.Y. Sullivan; C.H.M. van Bavel (Eds.), **Physiological Aspects of Crop Yield**, Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am, Madison, Wisc (1969), p. 396

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

SÓ E SILVA, M.; SOBRINHO, J. S.; ALBRECHT, J. C.; CHAGAS, J. H. Trigo no Brasil Central. In: **Trigo: o produtor pergunta, a Embrapa responde** / Claudia De Mori ... [et al.], editores técnicos – Brasília, DF: Embrapa, 2016.

SOUZA, M. A.; PIMENTEL, A. J. B. **Estratégias de seleção para melhoramento do trigo com tolerância ao estresse por calor.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.34, n. 274, maio/jun, p. 30-39, 2013.

SOUZA, M. A.; PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Eds.) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. cap.9. p.199-226.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA (data analysis software system)**, version 7. www.statsoft.com. 2004.

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. 21:887–900, 1994.

STRECK, N. A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, p.734-744, 2005.

TAHMASEBI, S.; HEIDARI, B.; PAKNIYAT, H.; MCINTYRE, C. L. Mapping QTLs associated with agronomic and physiological traits under terminal drought and heat stress conditions in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Genome**, 60(1):26-45, 2015.

USDA, United States Department of Agriculture. **Wheat: World Market and trade. 2018.** Disponível em <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-wheat.pdf>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2018.

WAHID A.; GELANI S.; ASHRAF M.; FOOLAD M. R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and experimental botany** 61:199-223, 2007.

WARRINGTON, I. J.; DUNSTONE, R. L.; GREEN, L. M. Temperature effects at three developmental stages on yield of the wheat ear. **Australian Journal Agricultural Research**. Victoria v.28, n.1, p. 11-27, 1977.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code the growth stage of cereals. **Weed research**, vol. 14, 415-421, 1974.