

MONIQUE REGINA CARVALHO FREITAS

**TERMOMETRIA INFRAVERMELHA E CARACTERES AGRONÔMICOS NA
INDICAÇÃO DE RESPOSTA DO TRIGO AO ESTRESSE DE CALOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013**

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

T

F866t
2013

Freitas, Monique Regina Carvalho, 1982-
Termometria infravermelha e caracteres agronômicos na
indicação de resposta do trigo ao estresse de calor / Monique
Regina Carvalho Freitas. – Viçosa, MG, 2013.
viii, 35f. : il. ; 29cm.

Orientador: Moacil Alves de Souza
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 27-32

1. *Triticum aestivum*. 2. Trigo - Efeito da temperatura.
3. Trigo - Rendimento. 4. Stress (Fisiologia). 5. Termômetros
e termometria. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.11

MONIQUE REGINA CARVALHO FREITAS

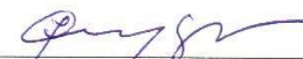
**TERMOMETRIA INFRAVERMELHA E CARACTERES AGRONÔMICOS NA
INDICAÇÃO DE RESPOSTA DO TRIGO AO ESTRESSE DE CALOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 05 de abril de 2013.



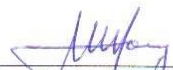
Tocio Sedyama
(Coorientador)



João Carlos Cardoso Galvão
(Coorientador)



Maria Aparecida Nogueira Sedyama



Moacil Alves de Souza
(Orientador)

“Nasceste no lar que precisavas,
Vestiste o corpo físico que merecias,
Moras onde melhor Deus te proporcionou, de acordo com teu adiamento,
Possuis os recursos financeiros coerentes com tuas necessidades,
Nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas,
Teu ambiente de trabalho é o que elegeste espontaneamente para a tua realização,
Teus parentes, amigos são as almas que atraístes, com tua própria afinidade.
Portanto, teu destino está constantemente sob teu controle.
Tu escolhes, recolhes, eleges, atraís, buscas, expulas, modificas tudo aquilo que te
rodeia a existência.
Teus pensamentos e vontades são a chave de teus atos e atitude...
São as fontes de atração e repulsão na tua jornada vivência.
Não reclames nem te faças de vítima.
Antes de tudo, analisa e observa.
A mudança está em tuas mãos.
Reprograme tua meta, busque o bem e viverás melhor.
Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,
qualquer um pode começar agora e fazer um NOVO FIM.”

Mensagem de Francisco do Espírito Santo Neto (ditado por Hammed)

Aos meus amados pais,
Linomir e Fátima, por todo amor,
dedicação e esforço realizado para que eu
me tornasse uma pessoa cada vez melhor.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** pela vida, saúde e pelas oportunidades de crescer ao longo da estrada em que Ele sempre abençoa e ensina a cada passo dado.

Aos meus pais **Linomir Luiz de Freitas e Fátima Silva Carvalho Freitas**, por todo amor, carinho e oportunidades, o meu eterno amor e agradecimento.

Ao meu noivo, **Guilherme Passos**, por todo amor, compreensão, esforço para lidar com a distância e dificuldades e por compartilhar ensinamentos.

Ao **Professor Moacil Alves de Souza**, pela orientação, ensinamentos valiosos e amizade durante a graduação e mestrado. Será sempre uma grande mãe!

Aos **Professores Tocio Sedyama e João Carlos Cardoso Galvão** pela coorientação. E à **Pesquisadora Maria Aparecida Nogueira Sedyama** pela participação da banca de defesa.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e à Universidade Federal de Viçosa** pela oportunidade, apoio e estrutura concedida.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)** pela concessão da bolsa de estudos.

Ao grande amigo e companheiro de trabalho **Adérico Badaró**, pelo auxílio, amizade e grandes ensinamentos que foram fundamentais ao longo desta caminhada.

Aos **funcionários do Vale da Agronomia** e aos **estagiários e amigos do Programa Trigo** (Adérico Badaró, Letícia Camargos, Guilherme Valory, Iara Golçalves, Dayane Borges, João Romero, Hemerson Freitas, Léo Risso, Héllen Lehner, Hilda Glória, Bernardo Vale, Isadora Martins, Carla Gonçalves, Jaine Calais, João Carlos, Pedro Paes, Wallisson Fonseca, Arthur Galvão e Rodrigo Almeida). A ajuda de vocês foi de grande importância e de grandes ensinamentos para todos nós. Obrigada pelo trabalho em equipe, sem vocês este trabalho não seria realizado.

À amiga **Leila Lins**, pela amizade, estudos, diversão e acolhimento. Você foi essencial nestes dois anos de convivência e desejo que continue eternamente.

Aos amigos **Juliana Freitas, Carla Milagres, César Fernandes, Érica Rodrigues, Danilo, José Maria Neves, Paulo Henrique, Diogo Brito, Bruno Miranda, Amigos do Camilo Chaves e demais colegas** pelos momentos de descontração e trocas de experiências.

E a **todos** que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

O meu eterno obrigado!

BIOGRAFIA

MONIQUE REGINA CARVALHO FREITAS, filha de Linomir Luiz de Freitas e Fátima Silva Carvalho Freitas, nasceu em 31 de dezembro de 1982 na cidade de Martinho Campos, Minas Gerais, Brasil.

Diplomada Engenheira Agrônoma no ano de 2008 pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG.

Em março de 2010 ingressou no curso de Mestrado em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, vindo a defender o título de *Magister Scientiae*, em abril de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Local e Época de Instalação dos Experimentos	8
3.2. Material Experimental.....	8
3.3. Procedimentos Experimentais	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
5. CONCLUSÕES	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
APÊNDICE	33

RESUMO

FREITAS, Monique Regina Carvalho, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2013. **Termometria infravermelha e caracteres agronômicos na indicação de resposta do trigo ao estresse de calor.** Orientador: Moacil Alves de Souza. Coorientadores: Tocio Sedyama e João Carlos Cardoso Galvão.

A ocorrência de temperaturas elevadas constitui o principal fator limitante para o desenvolvimento pleno das plantas de trigo na região do Brasil-Central. O conhecimento de metodologias de acesso fácil e de uso prático, que sejam eficientes para a seleção de plantas em condições de campo são imprescindíveis. Objetivou-se avaliar a termometria infravermelha como metodologia na predição de tolerância ao estresse térmico e comparar a sua eficiência associada a caracteres agronômicos indicadores de estresses na planta de trigo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado sendo o experimento conduzido em vasos com capacidade de oito litros com 10 repetições para cada tratamento no campo experimental Prof. Diogo Alves de Melo - UFV, Viçosa-MG. Utilizaram-se seis cultivares recomendadas para o Brasil Central: Aliança, Anahuac, Embrapa 22, BRS 254, BRS 264 e BRS 207. As cultivares foram semeadas em três épocas com temperaturas crescentes ao longo do desenvolvimento das plantas: junho, julho e agosto. Avaliaram-se as características: duração da fase do espigamento, do enchimento de grãos e do ciclo total, altura de planta, perfilhos úteis, comprimento de espiga, espiguetas por espiga, espiguetas férteis por espiga, grãos por espiga, massa de mil grãos, matéria seca total, rendimento de grãos, índice de colheita e depressão da temperatura da planta. Para a maioria dos caracteres agronômicos avaliados houve redução quantitativa com a elevação da temperatura, sobretudo nas duas épocas mais tardias. Para depressão da temperatura nos órgãos da planta houve efeito somente de época e com alto coeficiente de variação, o que indica baixa precisão desta metodologia como indicadora de tolerância ao estresse de calor. Entre as características agronômicas houve correlação significativa e de magnitude alta, sobretudo entre os componentes da produção de grãos. Os caracteres fisiológicos, depressão da temperatura dos órgãos da planta, não correlacionaram com a maioria dos demais caracteres avaliados. Em condições de baixa densidade de plantas em vasos, as características agronômicas como duração das fases de espigamento, de enchimento de grãos e do ciclo total, altura da planta, rendimentos de grãos, peso médio de grãos, número de grãos por espiga e matéria seca total são indicadores adequados do efeito de estresse de calor em trigo.

ABSTRACT

FREITAS, Monique Regina Carvalho, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2013. **Infrared thermometry and agronomic traits in wheat indication of response to heat stress.** Adviser: Moacil Alves de Souza. Co-advisers: Tocio Sedyama and João Carlos Cardoso Galvão.

The occurrence of high temperatures is the main limiting factor for the full development of wheat plants in Brazil-Central region. Is essential the Knowledge of methodologies with practical use and easy access that are efficient for selection of plants under field conditions. This study aimed to evaluate the methodology as infrared thermometry for predicting thermal stress tolerance and compare their efficiency associated with agronomic traits indicators of stress in wheat plant. The experimental design was completely randomized and the experiment being conducted in pots with a capacity of eight liters with 10 repetitions for each treatment in the experimental area of Professor Diogo Alves de Melo - UFV, Viçosa-MG. Were used six cultivars recommended for Brazil Central: Aliança, Anahuac, Embrapa 22, BRS 254, BRS 264 and BRS 207. The cultivars were sown in three seasons with temperatures rising throughout the plant development: June, July and August. We evaluated the characteristics: length of silking stage of grain filling and total cycle, plant height, tillers useful length of spike, spikelets per spike, fertile spikelets per spike, grains per spike, thousand grain weight, total dry matter yield, harvest index and plant temperature depression. For most agronomic traits evaluated quantitatively decreased with increasing temperature, especially in the two seasons later. For depression of temperature in plant organs were only effect of seasons and with a high coefficient of variation, which indicates low accuracy of this methodology as an indicator of tolerance to heat stress. Among the agronomic characteristics they had high significant correlation, especially among the components of grain production. The physiological characters, the temperature depression of plant organs, not correlated with most other traits. In conditions of low density potted plants, agronomic traits such as length of time of silking, grain filling and total cycle, plant height, grain yield, grain weight, number of grains per spike and dry total matter yield are appropriate indicators of the effect of heat stress on wheat.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil consome, por ano, cerca de 10,5 milhões de toneladas de grãos de trigo e na safra 2012/2013 a produção nacional foi de 5,5 milhões de toneladas, colhidos em aproximadamente 2 milhões de hectares (CONAB, 2012), sendo necessária a importação em torno de 50% para abastecer a demanda do consumo brasileiro.

O volume das importações pode ser intensificado pelas intempéries que a cultura enfrenta na região Sul, responsável por 90% da produção nacional. Geadas durante a floração e excesso de chuvas após a maturação fisiológica dos grãos limitam a produção, reduzindo-a e depreciando o produto para a produção de farinha de qualidade (CUNHA et al., 2001). A logística de distribuição e armazenamento dos grãos também é afetada pela concentração da produção no sul do País, sendo que o consumo é anual e em todo o território nacional (BRAGAGNOLO et al., 2007).

Neste contexto, novas fronteiras agrícolas são necessárias para dar estabilidade à produção nacional e dinamizar a cadeia produtiva do trigo. A região dos Cerrados do Brasil Central oferece condições favoráveis para a produção do trigo, em regime de sequeiro ou irrigado. Esta região pode garantir estabilidade na produção e boa qualidade de grãos, principalmente no cultivo irrigado, em que se tem obtidas produtividades superiores a 7.000 kg ha^{-1} (SOUZA, 1999).

A ocorrência de temperaturas elevadas constitui o principal fator limitante para o desenvolvimento pleno das plantas na região tritícola do Brasil-Central. Temperaturas acima ou abaixo das temperaturas críticas para a cultura do trigo induz perdas quantitativas e qualitativas na produção. Na região do Brasil-Central a produtividade de grãos de trigo pode reduzir em 50%, quando se compara as semeaduras no final do verão com as de inverno (SOUZA e RAMALHO, 2001).

Para a expansão expressiva da triticultura na região central do Brasil há necessidade de estudos detalhados sobre o efeito do calor sobre o crescimento e

desenvolvimento da planta, bem como a obtenção de cultivares que se adaptem ao cultivo neste ambiente (SOUZA e RAMALHO, 2001; CARGNIN et al., 2006a).

Para o melhoramento do trigo com tolerância ao calor torna-se necessário o conhecimento de metodologias de acesso fácil e de uso prático, que sejam eficientes para a seleção de plantas em condições de campo.

Assim, objetivou-se avaliar a termometria infravermelha como metodologia na predição de tolerância ao estresse térmico e comparar a sua eficiência associada a caracteres agronômicos indicadores de estresses na planta de trigo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estresse térmico é caracterizado pelo aumento da temperatura acima de um valor crítico da cultura, com duração suficiente para causar danos irreversíveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas (SOUZA et al., 2011).

Este estresse pode afetar as plantas por diferentes mecanismos. A resistência às altas temperaturas implica em vários complexos de tolerâncias e mecanismos de defesa, sendo que a membrana é o local primário onde ocorre a injúria fisiológica (BLUM, 1988).

O estresse de calor desencadeia reações nas plantas por meio de perturbações de seu metabolismo, da fluidez da membrana, conformação de proteínas e arranjo do citoesqueleto (RUELLAND e ZACHOWSKI, 2010).

Quando ocorre estresse térmico na planta de trigo, há redução da fotossíntese devido às perturbações da estrutura e funcionamento dos cloroplastos como também redução no conteúdo de clorofila (XU et al., 1995). Os sistemas de membranas internas do cloroplasto, os tilacóides, os quais contêm a clorofila, sofrem degradação acelerada levando a senescência foliar devido a estresse por calor (HARDING et al., 1990a).

As taxas fotossintéticas da folha são reduzidas pelo estresse de calor devido à inativação de enzimas do cloroplasto, pois há estresse oxidativo que induz a peroxidação de lipídeos, degradação das proteínas e, consequentemente, ruptura da membrana (SAIRAM et al., 2000).

Segundo Taiz e Zeiger (2009), sob altas temperaturas, a taxa fotossintética reduz e a taxa respiratória aumenta, sendo esta a maior razão para o efeito deletério do estresse. A planta ao se encontrar sob este tipo de estresse terá a composição e estrutura das membranas celulares comprometidas, uma vez que os lipídeos destas membranas ficam excessivamente fluídicos, logo há perda da função fisiológica. Com isto ocorre redução na síntese de amido e sua deposição nos grãos, reduzindo a produtividade (HARDING et al., 1990b). Temperaturas elevadas alteram o movimento da água, íons e solutos orgânicos através da membrana da planta, interferindo então na fotossíntese e respiração (CHRISTIANSEN, 1978). Hede et al., (1999) observaram que o conteúdo de clorofila foliar estava correlacionado com o peso de mil grãos em cultivares de trigo mexicanas.

Existem diversas metodologias de carácter fisiológico que se relacionam com a produção de trigo em ambientes predispostos a temperaturas elevadas, como a depressão da temperatura do dossel, a termoestabilidade da membrana, o conteúdo de clorofila na folha durante o enchimento de grãos, a condutância foliar e a fotossíntese (REYNOLDS et al., 1998).

A fluorescência da clorofila é uma técnica utilizada para quantificar os efeitos de temperatura elevada sobre as plantas, avaliando a tolerância entre e dentro de diversas espécies. Esta técnica avalia os danos do estresse de calor que ocorrem nas membranas dos tilacoides e reações ligadas à fotossíntese e na quantidade de absorção de luz solar sobre a folha (MOFFATT et al., 1990). O teste do trifeniltetrazólio (CTT) também é

uma técnica quantitativa de estresse ao calor, o qual avalia a cadeia de transporte de elétrons das mitocôndrias (PORTER et al., 1994).

Tem sido encontradas variações nas taxas fotossintéticas entre cultivares de trigo quando expostas a temperaturas elevadas em condições controladas (WARDLAW et al., 1980; BLUM, 1986). Reynolds et al. (1994) observaram correlações positivas entre os valores de termoestabilidade da membrana e rendimento de grãos em cinco países com altas temperaturas durante a fase produtiva. Os resultados sugerem que em condições quentes de campo a produção de grãos está associada com a variabilidade nas taxas fotossintéticas antes do efeito clorótico, tanto quanto com senescência prematura durante o enchimento de grãos. A fotossíntese e área foliar sofrem declínio em temperaturas elevadas, reduzindo a massa da parte aérea, o peso e conteúdo de açúcar dos grãos, com diminuição na eficiência do uso da água (SHAH e PAULSEN, 2003).

Para cada espécie, cultivar e fase do desenvolvimento existe uma faixa de temperatura ótima na qual a planta consegue expressar todo seu potencial. O trigo se desenvolve numa faixa de temperatura ótima de 18-24°C, logo exposições a temperaturas acima desta faixa causam perdas significativas no rendimento de grãos e, conseqüentemente, na qualidade industrial da farinha (STONE e NICOLAS, 1994).

A produtividade de grãos pode ser afetada pela queda no número grãos por espiga, do peso médio dos grãos (WARDLAW e WRIGLEY, 1994; McMASTER, 1997), esterilidade do grão de pólen (MASCARENHAS e CRONE, 1996; TAIZ e ZEIGER, 2009), menor ciclo (KHANNA-CHOPRA e VISWANATHAN, 1999), redução da área foliar e conteúdo de açúcar no grão (SAINI e WESTGATE, 2000; SHAH e PAULSEN, 2003) e senescência prematura da folha (HARDING et al., 1990a e REYNOLDS et al., 1994).

Wahid et al. (2007) definiram tolerância ao calor como a capacidade de sobrevivência e boa produção das culturas quando submetidas à condição de estresse.

Para diminuir os danos causados pelo calor, as plantas utilizam de seus próprios mecanismos ajustando sua morfologia e ontogenia, como a perda de folhas, redução de tamanho e espessamento de folhas, enrolamento de folhas, encurtamento do período de crescimento, resfriamento via transpiração entre outros.

O “stay-green” é uma característica de tolerância ao calor, onde há a manutenção da clorofila e da capacidade fotossintética da folha (FOKAR et al., 1998). Esta característica tem evoluído em diversas culturas (HARRIS et al., 2007; KUMARI et al., 2007), entretanto no melhoramento do trigo a utilização do “stay-green” tem sido limitada.

Espécies reativas de oxigênio (EROs) são naturalmente produzidas, mas quando há condição de estresse térmico ocorre desencadeamento acelerado na produção e acúmulo de EROs (SAIRAM et al., 2000; ALMESELMANI et al., 2009). Para desintoxicar a planta do excesso de EROs sistemas oxidantes são importantes para a proteção da planta nestas condições (ASADA, 2006; SUZUKI e MITLER, 2006). Os sistemas envolvidos no processo de antioxidantes podem ser enzimáticos (BALLA et al., 2009; ZHAO et al., 2007; GOYAL E ASTHIR, 2010) e não enzimáticos (SAIRAM et al., 2000; GOYAL e ASTHIR, 2010).

As proteínas de choque térmico (HSPs) constituem uma estratégia da planta em tolerar o calor. As plantas expostas às temperaturas elevadas desencadeiam a indução de genes que codificam HSPs, como resposta natural a este estresse térmico (KIMPEL e KEY 1985; LINDQUIST, 1986; VIERLING, 1991). Nestas condições a síntese normal de proteínas no trigo são reduzidas, mas a HSPs são produzidas (BLUMENTHAL et al., 1994). Correlações positivas são encontradas entre os níveis de HSPs e tolerância ao estresse (SUN et al., 2001;. Wang et al., 2005), mas este processo ainda é pouco conhecido.

Diversos mecanismos contribuem para conferir tolerância ao calor em plantas. Tanto os processos fisiológicos quanto os caracteres morfológicos/agronômicos têm sido investigados quanto às suas associações com tolerância ao calor. Os caracteres fisiológicos apresentam o inconveniente de serem pouco viáveis quando se tem grande número de plantas a serem estudadas, além de variações devidas aos protocolos experimentais e complexidade de associação dos resultados com interferência nos processos que definem o rendimento final (HALL, 1992).

Os caracteres morfológicos/agronômicos são ou estão diretamente associados aos componentes de produção. Alguns desses caracteres são: duração dos estádios de desenvolvimento, número de plântulas emergidas, capacidade de perfilhamento, peso médio de grãos, número de grãos por espiga, índice de colheita e produção. Esses caracteres são considerados medida direta de tolerância ao calor e mais simples de serem obtidos; logo a utilização em estudos de caracteres morfológicos/agronômicos tornam-se mais viáveis e práticos. A identificação de genótipos tolerantes e caracteres que se relacionam com tolerância ao calor têm sido buscados por diversos pesquisadores (FOKAR et al., 1998; AYENEH et al., 2002; YANG et al., 2002; SHAH E PAULSEN, 2003; RANE e NAGARAJAN, 2004; CARGNIN et al., 2006ab; MACHADO et al., 2010).

No trabalho de Souza e Ramalho (2001) foi constatado que, há variabilidade genética e comportamento diferenciado entre cultivares de trigo, indicadas para a região do Brasil Central, em relação à tolerância ao calor; o calor afeta o rendimento de grãos e vários caracteres da planta.

Estudando o estresse de calor em algumas cultivares de trigo, Cargnin et al. (2006b) encontraram reduções no ciclo até o espigamento, na altura da planta, no peso médio de grãos e na produção de grãos. Essa informação é corroborada por Souza et al. (2011) que relataram que a planta estressada possui altura inferior à normal, ciclo

menor, baixa percentagem de flores fecundadas e período de enchimento de grãos acelerado, reduzindo o peso médio de grãos.

A depressão da temperatura do dossel tem sido utilizada como indicadora da tolerância ao calor em trigo. As plantas que mantêm a temperatura dos tecidos abaixo da temperatura do ar, sob estresse de calor, possuem mecanismos fisiológicos que as tornam mais tolerantes a este estresse. A técnica da termometria de infravermelho, para avaliar a capacidade da planta de reduzir a temperatura do dossel ou de algum órgão específico da planta em relação à temperatura do ar, foi utilizada em trabalhos de Reynolds et al. (1992), sob condições irrigadas e quentes; estes autores constataram variações dos genótipos de trigo com a produtividade de grãos. A transpiração por unidade de área da folha bandeira é variável entre cultivares de trigo (BLUM, 1985). Logo a condutância estomática varia de cultivar para cultivar devido às diferenças genéticas da folha bandeira que influenciará na depressão da temperatura (AYENEH et al., 2002).

Com relação aos outros órgãos da planta, Ayeneh et al. (2002) verificaram alta associação do rendimento de grãos com o uso da depressão da temperatura do dossel e de outros órgãos como a folha bandeira, espiga e pedúnculo. As temperaturas de folha e da espiga podem ser menores do que a temperatura do ar (BLUMENTHAL et al., 1991; STONE e NICOLAS, 1994). Estudos realizados por Hatfield et al. (1984), com relação ao dossel com ou sem espiga, relataram que em plantas de trigo com espigas foram mais quentes do que as sem espiga em condições irrigadas.

Ribeiro (2012) confirmou a possibilidade de seleção de plantas tolerantes ao calor com base no rendimento de grãos e pela seleção indireta pela depressão da temperatura da folha bandeira e da espiga. Essa informação é apoiada por outros trabalhos que constataram a eficiência da alta depressão da temperatura do dossel como

critério de seleção de cultivares tolerantes ao calor e à seca (BLUM, 1996; FISCHER et al, 1998; KARIMIZADEH e MOHAMMADI, 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Época de Instalação dos Experimentos

Os experimentos foram conduzidos em vasos de polietileno preto, com diâmetro de 25 cm e altura de 30 cm, com capacidade de oito litros, mantidos em condições de campo, no campo experimental Prof. Diogo Alves de Melo, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (20°45'S, 42°51'W e altitude de 651 metros).

Obteve-se o estresse térmico por meio da semeadura em três épocas distintas no ano de 2012. A primeira época foi semeada no dia 6 de junho a qual representa condição favorável de cultivo. As demais épocas foram semeadas em intervalos de 35 dias, condição que propicia cultivos em níveis crescentes de temperatura ao longo do desenvolvimento das plantas.

3.2. Material Experimental

Para a realização do trabalho utilizou-se seis cultivares de trigo selecionadas com base na adaptabilidade e estabilidade de produção nos diferentes ambientes de cultivo da região central do Brasil. Essas cultivares foram:

a) **Aliança:** cultivar desenvolvida pela EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) com áreas de adaptação ao cultivo de sequeiro nos estados de MG, GO, DF e MT (CONDÉ et al., 2011). Destaca-se por ser tolerante à seca e devido ao seu desempenho em múltiplos ambientes. Possui tolerância mediana ao calor (OLIVEIRA et al., 2011).

b) **Anahuac:** cultivar desenvolvida pelo Centro de Melhoramento de Milho e Trigo e introduzida pelo Instituto Agrônomo do Paraná na década de 80. Apresenta porte baixo e ciclo precoce. É cultivada no Brasil-Central com irrigação e possui boa

adaptação e tolerância ao calor (SOUZA e RAMALHO, 2001; CARGNIN et al., 2006b).

c) **Embrapa 22:** cultivar desenvolvida pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e indicada para cultivo irrigado nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Distrito Federal, Goiás e Bahia. Apresenta ciclo precoce e porte médio/baixo. É recomendada para cultivo em ambientes favoráveis ao cultivo de trigo irrigado (ALBRECHT et al., 2007).

d) **BRS 254:** cultivar indicada para cultivo irrigado nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Distrito Federal e Goiás. Apresenta ciclo precoce, porte médio, alto potencial produtivo e boa qualidade industrial. É recomendada para cultivo em ambientes desfavoráveis ao cultivo de trigo irrigado (ALBRECHT et al., 2007).

e) **BRS 264:** cultivar indicada para cultivo irrigado nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Distrito Federal e Goiás. Apresenta ciclo precoce, porte médio/alto e alto potencial produtivo. Esta cultivar apresenta adaptabilidade geral para o Cerrado do Brasil-Central (ALBRECHT et al., 2007).

f) **BRS 207:** cultivar indicada para cultivo irrigado nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Distrito Federal e Goiás. Apresenta ciclo médio e porte médio. Recomendado para condições favoráveis ao cultivo de trigo irrigado no Cerrado do Brasil-Central (ALBRECHT et al., 2007).

3.3. Procedimentos Experimentais

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições para cada tratamento. A unidade experimental foi composta por um vaso contendo quatro plantas. As sementes foram desinfetadas mediante imersão em solução comercial de hipoclorito de sódio comercial (2%), por 3 a 5 minutos, enxaguando-as em seguida com seis passagens em água (EMBRAPA TRIGO, 2006). Os vasos foram preenchidos com solo coletado do Horizonte A sob mata. As adubações foram realizadas de acordo com a

análise de solo (Quadro 1) e a recomendação para a cultura do trigo (COMISSÃO..., 2011), sendo os cálculos refeitos para sete litros de solo por vaso.

A necessidade de calagem foi de 2,22 t/ha. O superfosfato simples (SS) foi a fonte de fósforo utilizada, com recomendação de 400 mg de P_2O_5 /kg solo. A fonte de potássio foi o cloreto de potássio (KCl) e a de nitrogênio o sulfato de amônio (SA) sendo 60 kg de K_2O /ha e 20 kg de N/ha, respectivamente. O preparo do solo foi realizado em cada época, incorporando calcário e fósforo e incubado por cinco dias. No quinto dia realizou-se a adubação com o KCl e SA. Os vasos foram completados com solo, misturando-o com a camada superficial para realizar a semeadura. Adubações de cobertura com SA foi realizada aos 15 dias e 35 dias após emergência, utilizando dose de 60 kg de N/ha. A terceira adubação de cobertura foi realizada por volta dos 50 dias após emergência, utilizando 300 kg/ha da fórmula 20-5-20 e adição de uma solução contendo 6 kg de Bórax/ha, como fonte de boro.

Quadro 1. Análise de solo.

pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	P-rem
H ₂ O	mg/dm ³			cmolc/dm ³							%		mg/L
4,6	1,4	54		1,9	0,7	0,4	5,28	2,74	3,14	8,02	34	13	24,4

A semeadura foi realizada em vasos, os quais foram mantidos em condições de campo, espaçados de 30 x 30 cm. Foram semeadas 12 sementes de cada cultivar em cada vaso. Após a emergência procedeu-se desbaste, mantendo-se quatro plantas por vaso. A irrigação foi de acordo com a necessidade e estágio de desenvolvimento das plantas, mantendo a umidade do solo próximo à capacidade de campo. O controle químico de doenças foi realizado de modo preventivo utilizando a mistura de Trifloxistrobina+Tebuconazole, na dose de 750 mL p.c./ha e as pulverizações foram realizadas aos 45 e 60 dias após a emergência das plantas. Quando necessário, pulverizou-se inseticida Decis, na dose de 200 mL p.c./ha; para o controle de plantas daninhas realizou-se a capina manual.

A escala de Zadoks et al. (1974) foi utilizada na determinação dos estádios de desenvolvimento da planta nos quais procederam as avaliações dos caracteres. Nas três épocas de semeadura foram mensurados e avaliados os caracteres descritos abaixo:

- a) **Espigamento** – número de dias da emergência das plântulas até o espigamento do colmo principal das quatro plantas de cada vaso (estádios 56 a 58 da escala de Zadoks).
- b) **Enchimento de grãos** – número de dias entre o espigamento (estádios 56 a 58 escala de Zadoks) e a maturação fisiológica dos grãos (estádios 87 a 89 da escala de Zadoks) das espigas do colmo principal das quatro plantas de cada vaso.
- c) **Ciclo total** – número de dias compreendidos entre a emergência das plântulas e a maturação fisiológica dos grãos (estádios 87 a 89 da escala de Zadoks) das espigas do colmo principal das quatro plantas de cada vaso.
- d) **Altura de planta** – mensuração no colmo principal, da superfície do solo até o ápice das espigas, sem incluir as aristas, de cada planta por vaso quando estas atingiram a fase de maturação fisiológica (estádios 87 a 89 da escala de Zadoks).
- e) **Comprimento da espiga** – distância existente entre a inserção da espiguetas inferior e o ápice da espiguetas superior, excluindo as aristas, na espiga do colmo principal de cada planta por vaso e na fase de maturação fisiológica (estádios 87 a 89 da escala de Zadoks).
- f) **Número de perfilhos úteis por planta** – contagem direta de perfilhos com espigas e com grãos formados, realizado no momento da colheita em todas as plantas dos vasos.
- g) **Número de espiguetas por espiga** – contagem do número de espiguetas de cada espiga do colmo principal de cada planta por vaso.
- h) **Número de espiguetas férteis por espiga** – espiguetas férteis, com pelo menos um grão, de cada espiga do colmo principal de cada planta por vaso.

- i) **Número de grãos por espiga** – obtido pela contagem do número de grãos de cada espiga do colmo principal de cada planta por vaso.
- j) **Matéria seca total** – obtida pela massa total da parte aérea da planta, incluindo os grãos e palha, determinada após as amostras serem submetida à secagem sob temperatura de 70 °C por 72 horas até atingirem massa constante.
- k) **Rendimento de grãos** – determinado por meio da massa total de grãos colhidos em cada vaso.
- l) **Massa de mil grãos** – determinada de acordo com as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os grãos foram submetidos à secagem sob temperatura de 70°C, por 72 horas, até atingirem massa constante. Foram contados manualmente quatro repetições de 100 grãos; a média obtida foi extrapolada para massa de 1000 grãos.
- m) **Índice de colheita** – foi obtido pela razão entre a massa de grãos e a massa da matéria seca total da parte aérea. A determinação foi realizada após as amostras serem submetida à secagem sob temperatura de 70 °C por 72 horas até atingir massa constante.
- n) **Temperatura da folha e espiga** – As aferições foram realizadas em cada uma das quatro plantas-mães de cada vaso. No estágio correspondente à fase de diferenciação floral (estádios 36 e 37 da escala de Zadoks) o órgão medido foi à última folha completamente desenvolvida. Na fase de pós-espigamento (estádio 59 da escala de Zadoks) os órgãos alvos foram à folha bandeira e a espiga. Utilizou-se um termômetro digital portátil com dispositivo de luz infravermelha (Mult Temp – Incoterm com escala de -60 a +500°C e precisão $\pm 2^{\circ}\text{C}$), sendo a relação entre a distância (D) e o tamanho do ponto do laser (S) de 12:1.

A posição do aparelho foi com o laser sempre perpendicular ao órgão a ser medido. Para medir a temperatura em folha, esta foi estendida na horizontal e o laser

atingindo sua face adaxial na porção mediana. Para medir a temperatura na espiga, o laser foi apontado para a parte mediana da espiga e para um dos lados que continham as espiguetas. As medições foram entre 13 e 15h, em pleno sol e ausência de nuvens. Os dados da temperatura máxima do ar foram obtidos na Estação Meteorológica da Universidade Federal de Viçosa. O valor da depressão da temperatura dos órgãos da planta foi calculado subtraindo a temperatura do ar da temperatura de cada órgão medido, obtendo-se então a depressão da temperatura na diferenciação, da folha bandeira e a da espiga.

Os dados obtidos por cada época de semeadura foram analisados pelo *software* Genes (CRUZ, 2007), onde foram submetidos à análise individual de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade. Uma posterior análise conjunta foi realizada atendendo as pressuposições da análise de variância relativa à homogeneidade de variância dos erros, na qual a relação entre o menor e maior coeficiente de variação deve ser inferior a 7 (GOMES, 2009). As médias dos caracteres avaliados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os diferentes caracteres analisados foram submetidos à análise de correlação de Pearson.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas análises de variâncias individuais, por época de semeadura, constataram-se diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os cultivares para a maioria dos caracteres avaliados, exceto o caráter rendimento de grãos e depressão da temperatura na folha bandeira na época 3 que foi significativo a 5% de probabilidade. Para as demais depressões de temperatura não houve diferenças significativas. O erro experimental foi aceitável para a maioria dos caracteres onde o coeficiente de variação máximo foi de 18,22% para número de perfilhos não úteis. Entretanto para as características de leitura

da depressão da temperatura, o erro experimental foi elevado, variando de 24,05% a 107, 94% nas três épocas.

Realizou-se a análise de variância conjunta (Tabelas 1 e 2), uma vez que a pressuposição da ANOVA, relativa à homogeneidade de variância dos erros, foi atendida e a relação entre o menor e o maior coeficiente de variação foi inferior a sete (GOMES, 2009).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância conjunta de caracteres de trigo em três épocas de semeadura e em seis cultivares. Viçosa-MG, 2013

Caracteres	FV	GL	QM	Média	CV(%)
Depressão da temperatura na diferenciação (T°)	Cultivares (C)	5	4,56ns	3,48	54,71
	Épocas (E)	2	43,79**		
	C x E	10	3,60ns		
	Resíduo Médio	162	3,64		
Depressão da temperatura da folha bandeira (T°)	Cultivares (C)	5	3,69ns	3,15	43,05
	Épocas (E)	2	82,62**		
	C x E	10	2,17 ns		
	Resíduo Médio	162	1,83		
Depressão da temperatura da espiga (T°)	Cultivares (C)	5	1,15ns	2,80	44,83
	Épocas (E)	2	138,68**		
	C x E	10	1,17ns		
	Resíduo Médio	162	1,57		
Espigamento (dias)	Cultivares (C)	5	380,09**	55,81	1,56
	Épocas (E)	2	2323,79**		
	C x E	10	29,76**		
	Resíduo Médio	162	0,76		
Enchimento de grãos (dias)	Cultivares (C)	5	53,67**	33,3	3,53
	Épocas (E)	2	1136,05**		
	C x E	10	20,03**		
	Resíduo Médio	162	1,38		
Ciclo (dias)	Cultivares (C)	5	193,91**	89,09	1,33
	Épocas (E)	2	6682,13**		
	C x E	10	20,13**		
	Resíduo Médio	162	1,39		
Altura da planta (cm)	Cultivares (C)	5	580,94**	80,26	3,6
	Épocas (E)	2	3613,07**		
	C x E	10	37,05**		
	Resíduo Médio	162	8,35		
Comprimento da espiga (cm)	Cultivares (C)	5	48,48**	10,94	3,66
	Épocas (E)	2	51,7**		
	C x E	10	1,18**		
	Resíduo Médio	162	0,16		

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

Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta de caracteres de trigo em três épocas de semeadura e em seis cultivares. Viçosa-MG, 2013

Caracteres	FV	GL	QM	Média	CV(%)
Nº de Espiguetas por Espiga	Cultivares (C)	5	42,41**	20,26	2,90
	Épocas (E)	2	122,92**		
	C x E	10	1,28**		
	Resíduo Médio	162	0,35		
Nº de espiguetas férteis por espiga	Cultivares (C)	5	30,36**	19,73	3,31
	Épocas (E)	2	123,59**		
	C x E	10	0,73ns		
	Resíduo Médio	162	0,43		
Nº de perfilhos úteis	Cultivares (C)	5	7,37**	4,96	16,61
	Épocas (E)	2	21,01**		
	C x E	10	2,57**		
	Resíduo Médio	162	0,68		
Nº de grãos por espiga	Cultivares (C)	5	1800,31**	69,06	6,07
	Épocas (E)	2	4328,466**		
	C x E	10	143,88**		
	Resíduo Médio	162	17,56		
Massa de mil grãos (g)	Cultivares (C)	5	86,23**	32,47	7,25
	Épocas (E)	2	3311,52**		
	C x E	10	40,54**		
	Resíduo Médio	162	5,53		
Matéria seca total (g)	Cultivares (C)	5	77,94ns	52,88	11,49
	Épocas (E)	2	26423,21**		
	C x E	10	285,4**		
	Resíduo Médio	162	36,91		
Rendimento de grãos	Cultivares (C)	5	42,92ns	33,22	13,22
	Épocas (E)	2	12327,56**		
	C x E	10	132,34**		
	Resíduo Médio	162	19,29		
Índice de colheita	Cultivares (C)	5	0,03**	0,62	5,30
	Épocas (E)	2	0,02**		
	C x E	10	0,01**		
	Resíduo Médio	162	0,00		

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

Conforme os resultados apresentados na Tabela 1, para a depressão da temperatura houve diferenças significativas apenas para o efeito entre épocas de semeadura nas avaliações realizadas na folha bandeira e na espiga. A depressão da temperatura do limbo da última folha totalmente emergida na fase de diferenciação floral, obtida pela termometria infravermelha, não diferiu estatisticamente entre as épocas (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias dos caracteres da planta de trigo por cultivar e por época de semeadura. Viçosa-MG, 2013

Épocas	Cultivares						Médias
	Aliança	Anahuac	Embrapa 22	BRS 254	BRS 264	BRS 207	
Depressão da Temperatura na Diferenciação (°C)							
1	4,40	3,09	3,93	3,75	4,27	5,40	4,41 A
2	3,89	3,78	3,23	3,55	3,92	4,40	3,80 A
3	3,15	2,75	3,27	1,60	2,04	2,30	2,52 A
Médias	3,81 a	3,21 a	3,48 a	2,97 a	3,41 a	4,03 a	
Depressão da Temperatura da Folha Bandeira (°C)							
1	2,59	2,25	2,60	2,69	3,08	3,39	2,77 B
2	3,87	4,78	4,35	4,75	4,37	4,65	4,46 A
3	2,25	1,98	1,04	3,28	2,31	2,39	2,21 B
Médias	2,90 a	3,00 a	2,66 a	3,57 a	3,25 a	3,48 a	
Depressão da Temperatura da Espiga (°C)							
1	0,74	0,83	1,01	1,34	1,52	1,72	1,19 B
2	4,17	4,27	4,41	4,28	4,17	4,00	4,22 A
3	2,96	2,94	2,42	3,63	3,24	2,72	2,99 A
Médias	2,62 a	2,68 a	2,61 a	3,08 a	2,98 a	2,81 a	
Espigamento (dias)							
1	57,4 Ae	66,5 Ab	61,1 Ad	62,8 Ac	55,9 Af	68,5 Aa	62,0
2	53,9 Bd	57,6 Bab	56,4 Bc	56,7 Bbc	52,4 Be	57,9 Ba	55,8
3	48,4 Cb	54,3 Ca	48,5 Cb	48,4 Cb	44,1 Cc	53,8 Ca	49,6
Médias	53,3	59,5	55,3	55,3	50,8	60,1	
Enchimento de Grãos (dias)							
1	38,7 Ab	35,6 Ac	38,9 Ab	38,3 Ab	41,4 Aa	34,7 Ac	37,9
2	30,6 Bc	32,2 Bb	32,7 Bb	34,9 Ba	33,1 Bb	32,7 Bb	32,7
3	30,2 Bab	27,5 Cc	28,9 Cbc	30,3 Cab	30,7 Ca	28,1 Cc	29,3
Médias	33,2	31,7	33,5	34,5	35,0	31,8	
Ciclo Total (dias)							
1	96,0 Ad	102,0 Aab	99,9 Ac	101,1 Abc	97,3 Ad	103,2 Aa	99,9
2	84,5 Bd	89,8 Bbc	89,1 Bc	91,6 Ba	85,5 Bd	90,6 Bab	88,5
3	78,6 Cb	81,8 Ca	77,4 Cb	78,7 Cb	74,8 Cc	81,9 Ca	78,8
Médias	86,4	91,2	88,8	90,4	85,8	91,9	
Altura da Planta (cm)							
1	94,4 Aa	91,8 Aab	88,6 Abc	85,4 Acd	83,7 Ad	87,7 Ac	88,6
2	89,5 Ba	80,0 Bb	77,1 Bb	72,6 Bc	77,9 Bb	76,7 Bb	78,9
3	80,9 Ca	74,2 Cb	69,9 Cc	69,9 Bc	71,6 Cbc	72,8 Cbc	73,2
Médias	88,3	82,0	78,5	75,9	77,7	79,1	
Comprimento da Espiga (cm)							
1	9,7 Af	12,5 Ac	13,8 Aa	13,1 Ab	10,9 Ae	11,8 Ad	11,9
2	9,2 Bc	11,2 Bb	12,2 Ba	11,4 Bb	9,3 Bc	11,0 Bb	10,7
3	8,8 Bc	10,8 Bab	11,3 Ca	10,8 Cab	8,7 Bc	10,6 Cb	10,2
Médias	9,2	11,5	12,4	11,8	9,6	11,1	

Obs.: Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e pelas letras minúsculas na linha não diferem entre si, à probabilidade pelo teste de Tukey, a 5%.

Em condições de adequada disponibilidade de água, a planta de trigo mantém a temperatura de seus órgãos abaixo da temperatura do ar, quando o ambiente externo tem elevação da temperatura do ar acima do ideal para o seu crescimento. Esta característica

é controlada geneticamente, é herdável e tem sido utilizada na seleção de genótipos com maior tolerância ao calor (REYNOLDS et al., 1992; AYENEH et al., 2002; RIBEIRO, 2012).

A depressão da temperatura na folha bandeira atingiu valor de 4,46°C na época 2 sendo esta depressão maior do que nas demais épocas. Com relação à depressão da temperatura na espiga, as épocas 2 e 3 apresentaram maiores depressões de temperatura (Tabela 3). Nos trabalhos de Ayeneh et al. (2002) as médias da depressão da temperatura na folha bandeira e na espiga foram de 4,06°C e 3,64°C, respectivamente, enquanto que nos trabalhos de Ribeiro (2012) a média destas depressões foram de 7,97°C e 8,25°C, respectivamente.

Em trabalho realizado por Nóbrega et al. (2000) foi encontrada variabilidade da temperatura do dossel em estudo com diferentes densidades de plantas de cultivares de feijão, em condições de campo, onde nas densidades menores ocorreram maiores temperaturas do dossel. Por estes resultados pode-se inferir que o fato do presente trabalho ser conduzido em vaso e haver menor densidade de plantas por vaso a depressão da temperatura foi de magnitude baixa e não se constataram diferenças entre as cultivares avaliadas. É provável que o volume de solo em cada vaso não foi suficiente para manter a temperatura em níveis adequados, diferentemente do que seria em condições de lavoura no campo. De acordo com Bascur et al. (1985), o aumento da temperatura do dossel pode ocorrer devido ao efeito da radiação solar incidindo diretamente no solo proporcionando maior evaporação e consequentemente ocorrendo redução no suprimento de água gerando um déficit hídrico.

Maior valor de depressão da temperatura significa maior capacidade da planta em manter a temperatura dos tecidos em níveis que não comprometem suas atividades fisiológicas, mesmo se o valor da temperatura do ar for elevado. Menor depressão da temperatura da espiga (1,19°C) foi na época 1, pois a planta encontrava-se em

temperaturas ideais de desenvolvimento da cultura. Nas demais épocas, devido ao aumento da temperatura ambiente, a planta reduziu a temperatura foliar (Tabela 3), todavia esta não foi suficiente para evitar os danos causados pelo estresse de calor.

Os elevados coeficientes de variação obtidos nas características de depressões de temperatura (Tabelas 1 e 2) indica baixa precisão desta metodologia como indicadora de tolerância ao estresse de calor, ao contrário dos trabalhos realizados por Ayeneh et al. (2002) e Ribeiro (2012) que encontraram coeficientes de variação abaixo de 7% em condições de campo.

Para a maioria dos caracteres agrônômicos avaliados houve redução quantitativa da época 1 para a época 3, sobretudo nas duas épocas mais tardias (Tabelas 3 e 4). Esta redução é resultante da interação de vários componentes da produção, afetados pela elevação das temperaturas médias durante o ciclo das plantas nas épocas mais tardias (Gráfico 1, Tabelas 5 e 6). Maiores temperaturas aceleram o metabolismo das plantas, resultando em menor ciclo, redução da altura das plantas, menor comprimento das espigas, redução dos componentes primários da produção de grãos e, conseqüentemente, menor potencial de produtividade final de grãos (SOUZA e RAMALHO, 2001; CARGNIN et al., 2006b; SOUZA et al., 2011).

Quando se compara a duração de cada fase de crescimento das plantas na Tabela 3, constata-se que houve redução da duração dessas fases da época 1 para a época 3, que variou entre 10 e 15 dias, e as cultivares avaliadas comportaram-se de forma diferenciada com a variação das épocas. As cultivares Aliança, Embrapa 22, Anahuac e BRS 264 reduziram mais acentuadamente o período de enchimento dos grãos quando ocorreu aumento da temperatura nesta fase. Por outro lado a 'BRS 207' teve desempenho contrário, ou seja, foi sensível da germinação ao espigamento e mais tolerante no enchimento de grãos. Ainda, quanto à duração do ciclo, em função do aumento do estresse de calor, a 'BRS 254' teve desempenho uniforme em todo ciclo

(Tabela 3). De acordo com Cargnin et al. (2006b), há redução na duração da fase de espigamento quando plantas são submetidas ao estresse por calor; isto resulta em diminuição na altura da planta, menor acúmulo de reservas e redução da massa de mil grãos e, conseqüentemente, do rendimento de grãos.

Tabela 4 – Médias dos caracteres da planta de trigo por cultivar e por época de semeadura. Viçosa-MG, 2013

Épocas	Cultivares						Médias
	Aliança	Anahuac	Embrapa 22	BRS 254	BRS 264	BRS 207	
Nº de Espiguetas por Espiga							
1	20,9 Ac	22,5 Ab	22,2 Ab	22,4 Ab	20,1 Ad	23,5 Aa	21,9
2	19,0 Bb	20,4 Ba	19,8 Bab	20,1 Ba	17,1 Bc	20,5 Ba	19,5
3	18,7 Bc	20,8 Ba	18,9 Cc	19,7 Bb	17,7 Bd	20,5 Ba	19,4
Médias	19,5	21,2	20,3	20,7	18,3	21,5	
Nº de Espiguetas Férteis por Espiga							
1	20,4	21,6	21,4	21,8	20,0	23,1	21,4 A
2	18,7	19,4	18,7	19,0	17,1	20,4	18,9 B
3	18,6	19,3	18,5	19,3	17,6	20,3	18,9 B
Médias	19,2 c	20,1 b	19,5 bc	20,0 bc	18,2 d	21,3 a	
Nº de Perfilhos Úteis							
1	6,06 Aa	5,63 Ba	5,52 Aa	5,40 Aa	5,87 Aa	4,98 Aa	5,58
2	4,70 Bab	5,12 Ba	3,87 Bb	4,04 Bb	4,44 Bab	4,21 Aab	4,4
3	5,25 Ab	6,63 Aa	4,42 Bbc	4,26 Bbc	4,05 Bc	4,84 Abc	4,91
Médias	5,34	5,79	4,6	4,57	4,79	4,68	
Nº de Grãos por Espiga							
1	62,3 Ae	72,9 Ad	83,7 Ab	90,5 Aa	77,1 Acd	81,9 Abc	78,1
2	59,1 Ad	63,1 Bcd	66,4 Bbc	72,5 Ba	70,8 Bab	75,5 Ba	67,9
3	49,4 Bc	52,6 Cc	62,6 Bb	71,6 Ba	68,3 Ba	62,7 Cb	61,2
Médias	56,9	62,9	70,9	78,2	72,1	73,4	
Massa de Mil Grãos (g)							
1	39,2 Ab	40,9 Aab	38,6 Ab	38,5 Ab	42,9 Aa	41,0 Aab	40,2
2	35,0 Ba	28,5 Bb	30,9 Bb	30,4 Bb	35,3 Ba	31,3 Bb	31,9
3	29,5 Ca	22,5 Cd	24,7 Cbcd	26,6 Cab	25,6 Cbc	23,2 Ccd	25,4
Médias	34,6	30,6	31,4	31,8	34,6	31,8	
Matéria Seca Total (g)							
1	72,4 Ac	71,3 Ac	87,3 Aa	82,4 Aab	71,3 Ac	76,9 Abc	76,9
2	46,8 Ba	45,3 Ba	39,1 Ba	43,2 Ba	45,2 Ba	40,5 Ba	43,3
3	36,6 Cab	41,7 Bab	36,6 Bab	38,1 Bab	34,3 Cb	43,1 Ba	38,4
Médias	51,9	52,8	54,5	54,6	50,3	53,5	
Rendimento de Grãos							
1	43,7 Ac	46,3 Ac	54,8 Aa	52,1 Aab	48,4 Abc	52,7 Aab	49,7
2	28,9 Bab	25,8 Babc	23,3 Bc	26,9 Babc	31,2 Ba	23,9 Bbc	26,7
3	22,5 Ca	24,5 Ba	19,8 Ba	24,3 Ba	23,7 Ca	25,1 Ba	23,3
Médias	31,7	32,2	32,6	34,4	34,5	33,9	
Índice de Colheita							
1	0,60 Ac	0,65 Aab	0,63 Abc	0,63 Abc	0,68 Aa	0,68 Aa	0,65
2	0,62 Ab	0,57 Bc	0,59 Abc	0,62 Ab	0,69 Aa	0,59 Bbc	0,62
3	0,61 Abc	0,59 Bcd	0,55 Bd	0,64 Ab	0,69 Aa	0,58 Bcd	0,61
Médias	0,61	0,6	0,59	0,63	0,69	0,62	

Obs.: Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e pelas letras minúsculas na linha não diferem entre si, à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

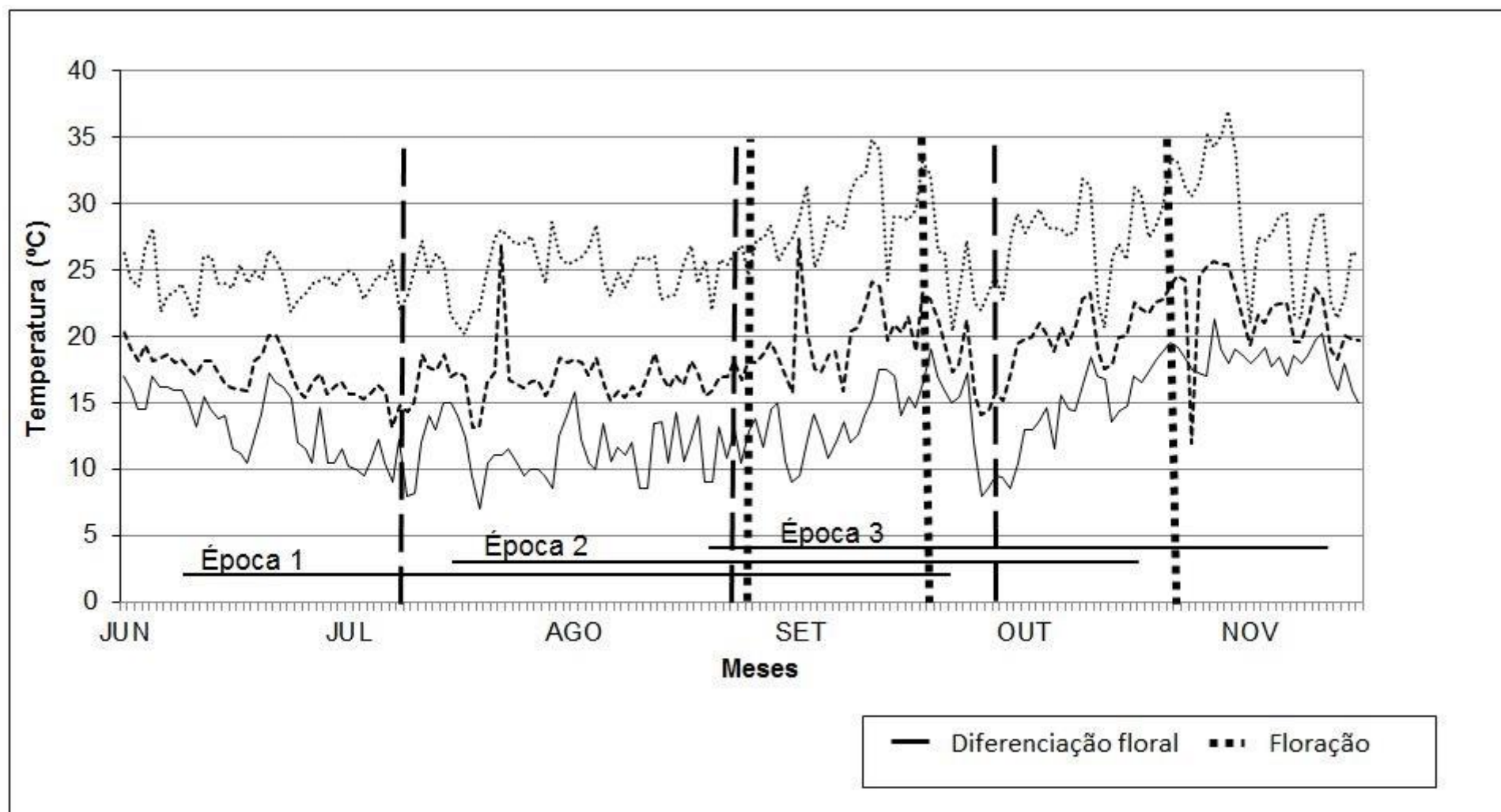


Gráfico 1 – Temperaturas (°C) máxima, média e mínima, registradas na Estação Meteorológica da UFV, em Viçosa-MG no período de junho a novembro de 2012.

Tabela 5 – Médias das temperaturas (°C) médias, máximas e mínimas, nos estádios de desenvolvimento das plantas de trigo, nas três épocas de semeadura

Estádio de desenvolvimento	Média	Máxima	Mínima
Época 1			
Emergência-Espigamento	16,8	24,7	11,8
Espigamento-Maturação	19,8	28,6	13,7
Todo o ciclo	17,7	25,9	12,4
Época 2			
Emergência-Espigamento	18,0	26,4	12,1
Espigamento-Maturação	19,4	27,0	14,1
Todo o ciclo	18,4	26,6	12,8
Época 3			
Emergência-Espigamento	19,2	27,3	13,4
Espigamento-Maturação	22,2	29,3	18,4
Todo o ciclo	20,2	28,0	15,0

Fonte: Elaboração dos dados obtidos do posto meteorológico da Universidade Federal de Viçosa, em 2012.

Tabela 6 – Temperaturas (°C) média, máxima e mínima no dia das leituras das temperaturas nos órgãos da planta de trigo, nas três épocas de semeadura

Depressão da Temperatura	Média	Máxima	Mínima
Época 1			
Diferenciação foral: limbo da última folha	14,3	23,2	8,0
Floração: Folha bandeira e Espiga	18,2	24,6	12,8
Época 2			
Diferenciação foral	16,7	26,8	10,5
Floração: Folha bandeira e Espiga	23,3	33,2	16,5
Época 3			
Diferenciação foral: limbo da última folha	14,5	23,4	8,6
Floração: Folha bandeira e Espiga	23,9	33,4	19,5

Fonte: Elaboração dos dados obtidos do posto meteorológico da Universidade Federal de Viçosa, em 2012.

O perfilhamento é uma característica bastante influenciada pelo ambiente, pois seu desenvolvimento inicial depende de fotoassimilados produzidos pela planta mãe. Em condições de estresse, onde compromete a eficiência fotossintética do colmo principal não ocorre crescimento de perfilhos (SOUZA, 1999; ALMEIDA e MUNDSTOK, 2001). Pelo que se observa no Tabela 4, houve desempenho diferenciado das cultivares com as épocas de semeadura, todavia a resposta deste caráter em relação ao calor não tem lógica fisiológica para os valores obtidos.

Os caracteres morfológicos, altura da planta, comprimento da espiga, número de espiguetas por espiga e espiguetas férteis por espiga, reduziram com o aumento da temperatura da época 1 à época 3 e foram variáveis com as cultivares (Tabelas 3 e 4). Percebe-se que o maior comprimento da espiga nem sempre corresponde ao maior número de espiguetas por espiga, pois existe diferença de densidade da inflorescência entre as cultivares. O maior número de espiguetas férteis por espiga foi observado na cultivar BRS 207.

O número de grãos por espiga e massa média dos grãos constituem os principais fatores primários da produção de grãos (VESOHOSKI et al., 2011). Todas as cultivares manifestaram sensibilidade à elevação da temperatura na definição do número de grãos por espiga (Tabela 4), entretanto as cultivares BRS 264 e Aliança foram as que tiveram menor redução com o estresse de calor. Ao mesmo tempo, houve maior redução na massa média dos grãos na época de maior temperatura (época 3), com reduções de até 45% para a 'Anahuac', em contraste com a 'Aliança' que teve a menor redução na massa de mil grãos (24,7%) da época 1 à época 3.

O caráter produtividade de grãos reflete todos os fatores bióticos e abióticos que interferem no desenvolvimento das plantas. Considerando que foram tomadas as precauções para minimizar o controle de outras adversidades, exceto a temperatura, a redução da produção de grãos, nas épocas 2 e 3, pode ser considerada como reflexo da elevação da temperatura nas épocas mais tardias (Gráfico 1, Tabela 4). Esta redução variou de cerca de 50% a 64% da época 1 para a época 3, em função da cultivar.

A matéria seca total da parte aérea reduziu da época 1 para a época 3, com variações entre 41% a 58% entre as cultivares (Tabela 4). Quando as taxas de crescimento não compensam a redução do ciclo da cultura pode haver declínio no acúmulo de matéria seca total em condições de estresse térmico (KHANNA-CHOPRA e VISWANATHAN, 1999).

A redução da produtividade de grãos teve pequena influência no índice de colheita, pois a amplitude dos valores obtidos, a despeito de serem significativos, foi de pequena magnitude. Isto pode ser explicado pelo fato de ter ocorrido redução equivalente na produção de palha das plantas. Os valores ($>0,55$) do índice de colheita, definido como a razão do rendimento de grãos e matéria seca da parte aérea, foram superiores aos que se relatam na literatura, ou seja, abaixo de 0,50 (CUNHA et al., 2008) (Tabela 4). A possível justificativa para os maiores valores obtidos é o fato do experimento ter sido conduzido em vasos com apenas quatro plantas. Nesta condição houve insolação suficiente para não ocorrer crescimento abundante e estiolamento dos colmos, havendo maior conversão da energia da planta na produção de grãos.

O índice de colheita tem sido uma característica muito utilizada em seleção de cultivares de trigo para tolerância à seca e ao calor (ZHONG-HU e RAJARAM, 1994; YILDIRIM e BAHAR, 2010; SOUZA, 2011). Entretanto, em condições controladas, sobretudo em cultivos em vasos não se constatarem diferenças de grande magnitude, suficientes para utilização deste caráter como indicador de estresse ao calor e para seleção de plantas superiores no melhoramento.

A maioria dos caracteres agronômicos (Tabela 7) possuem correlações acima de 0,60 entre eles, com exceção dos caracteres número de perfilhos úteis e índice de colheita. Destaca-se a correlação de 0,92 entre a duração do desenvolvimento da planta até o espigamento com o ciclo total; isto significa que se pode avaliar apenas a fase de espigamento para indicar a alteração do ciclo total da planta quando submetida a condições de altas temperaturas. Correlações de 0,95 para estes dois caracteres citados são encontrados no trabalho de Ribeiro (2012). A correlação positiva de 0,83 entre a fase de duração do desenvolvimento da planta até o espigamento e o caráter número de espiguetas por espiga explica a importância desta fase na formação da espiga.

Tabela 7 – Coeficiente de correlação (r) de Pearson entre os caracteres de plantas de trigo. Viçosa - MG, 2013

	Esp	C	EspMF	Alt	CE	NPU	NEtE	NEtFE	NGE	MMG	TMS	RG	IC	DTDif	DTFb
C	0,92**														
EspMF	0,53**	0,81**													
Alt	0,62**	0,70**	0,61**												
CE	0,67**	0,64**	0,41**	0,20**											
NPU	0,26**	0,30**	0,26**	0,43**	0,12ns										
NEtE	0,83**	0,75**	0,41**	0,49**	0,72**	0,37**									
NEtFE	0,79**	0,75**	0,45**	0,53**	0,64**	0,36**	0,95**								
NGE	0,53**	0,65**	0,63**	0,23**	0,61**	-0,04ns	0,47**	0,55**							
MMG	0,64**	0,81**	0,83**	0,77**	0,30**	0,27**	0,43**	0,50**	0,54**						
TMS	0,73**	0,85**	0,77**	0,73**	0,55**	0,51**	0,69**	0,71**	0,62**	0,78**					
RG	0,70**	0,83**	0,78**	0,69**	0,49**	0,46**	0,64**	0,68**	0,65**	0,81**	0,98**				
IC	0,10ns	0,21**	0,32**	0,13ns	-0,12ns	-0,04ns	-0,06ns	0,02ns	0,34**	0,43**	0,27**	0,44**			
DTDif	0,27**	0,30**	0,25**	0,28**	0,09ns	0,02ns	0,22**	0,25**	0,19**	0,31**	0,22**	0,21**	0,00ns		
DTFb	0,12ns	0,13ns	0,10ns	0,02ns	-0,02ns	-0,13ns	-0,04ns	-0,03ns	0,15*	0,11ns	-0,06ns	-0,05ns	0,06ns	0,11ns	
DTEsp	-0,35**	-0,42**	-0,41**	-0,10**	-0,29**	-0,32**	-0,42**	-0,43**	-0,21**	-0,39**	-0,55**	-0,54**	-0,09ns	-0,08ns	0,65**

Esp: espigamento (dias). C: ciclo (dias). EspMF: enchimento de grãos (dias). Alt: altura (cm). CE: comprimento de espiga (cm). NPU: número de perfilho úteis. NEtE: número de espiguetas por espiga. NEtFE: número de espiguetas férteis por espiga. NGE: número de grãos por espiga. MMG: massa de mil grãos (g). TMS: matéria seca total (g). RG: rendimento de grãos. IC: índice de colheita. DTDif: depressão da temperatura na diferenciação. DTFb: depressão da temperatura da folha bandeira no espigamento. DTEsp: depressão da temperatura da espiga no espigamento. ** *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t. ns: não significativo

O ciclo total correlacionou-se com a fase de enchimento de grãos (0,81). Por outro lado, a fase de enchimento teve correlações expressivas com o peso médio dos grãos (0,83), com matéria seca total da parte aérea (0,77) e com rendimento de grãos (0,78).

As altas correlações do ciclo com os demais caracteres agronômicos de produção indicam que cultivares que sofrem reduções no ciclo devido ao estresse por calor são menos produtivas com relação às cultivadas em ambientes com temperaturas mais amenas. Quando há estresse por calor, as cultivares reduzem o ciclo e a altura das plantas. A planta tende a ser mais precoce quando há estresse por calor caracterizando um escape a este estresse (WAHID et al., 2007).

Dos componentes da espiga, houve correlações significativas com diversas características agronômicas. Cabe ressaltar a correlação de 0,68 entre número de espiguetas férteis por espiga e rendimento de grãos e de 0,65 deste último com o número de grãos por espiga. Estes componentes são afetados pelo calor a partir da fase de diferenciação floral.

A massa de mil grãos, como um dos fatores primários da produção de grãos correlacionou com matéria seca total da parte aérea (0,78) e rendimento de grãos (0,81).

As correlações do rendimento de grãos foram semelhantes às da matéria seca total da parte aérea com os caracteres agronômicos. Entre essas duas características a correlação foi de 0,98, ou seja, em condições de estresse por calor há redução similar destes dois caracteres. Isso explica o motivo do índice de colheita não ter sido bom indicador de estresse por calor, neste experimento.

Em todos os casos avaliados a depressão da temperatura não correlacionou com os caracteres agronômicos. Somente houve associação positiva ($r=0,65$) entre a depressão da folha bandeira e a da espiga. Estes resultados diferem dos obtidos por Ayeneh et al. (2002) e Ribeiro (2012), que encontraram alta associação da produção de

grãos com a depressão da temperatura do dossel e de outros órgãos como a folha bandeira e espiga. Sendo assim, a metodologia da termometria de infravermelho, para avaliar a depressão da temperatura nos órgãos da planta de trigo, em baixa densidade populacional e em ambientes de vasos, não gera informações consistentes na predição do rendimento de grãos e outras características agronômicas indicadoras de estresse por calor.

5. CONCLUSÕES

A depressão da temperatura na fase de diferenciação floral e na floração não correlacionaram com a maioria dos demais caracteres agronômicos avaliados.

A aplicação da termometria infravermelha como metodologia na predição de tolerância ao estresse de calor em trigo, cultivado em vasos com baixa densidade de plantas, não constitui metodologia consistente na predição de tolerância ao estresse de calor.

Em condições de baixa densidade de plantas em vasos as características agronômicas como ciclo até o espigamento, duração do enchimento de grãos, ciclo total, altura, rendimentos de grãos, peso médio de grãos, número de grãos por espiga e matéria seca total são melhores indicadores do efeito de estresse de calor em trigo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRECHT, J.C.; VIEIRA, E.A.; SILVA, M.S.; ANDRADE, J.M.V.; SCHEEREN, P.L.; TRINDADE, M.G.; SOBRINHO, J.S.; SOUSA, C.N.A.; REIS, W.P.; JÚNIOR, W.Q.R.; FRONZA, V.; CARGNIN, A.; YAMANAKA, C.H. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1727-1734, 2007.
- ALMESELMANI, M.; DESHMUKH, P.S.; SAIRAM, R.K. High temperature stress tolerance in wheat genotypes: Role of antioxidant defence enzymes. **Acta Agronomica Hungarica**, v.57, n.1, p.1–14, 2009.
- ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M.A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.401- 408, 2001.
- ASADA, K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. **Plant Physiology**, v.141, n.2, p.391–396, 2006.
- AYENEH, A.; GINKEL, M. VAN; REYNOLDS, M.P.; AMMAR, K. Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. **Field Crops Research**, v.79, p.173-184, 2002.
- BALLA, K.; BENCZE, S.; JANDA T.; VEISZ, O. Analysis of heat stress tolerance in winter wheat. **Acta Agronomica Hungarica**, v.57, n. 4, p.437–444, 2009.
- BASCUR, G.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja em seleccion de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a La sequia. I. Bases fisiologicas. **Turrialba**, San Jose, v.35, p.43-47, 1985.
- BLUM, A. Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. **Journal of Experimental Botany**, v.36, n.3, p.432-440, 1985.
- BLUM, A. The effect of heat stress on wheat leaf and ear photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v.37, n.1 , p.111-1 18, 1986.
- BLUM, A. 'Plant Breeding for Stress Environments.' p. 88. (CRC Press Inc.: Boca Raton.), p.223, 1988.
- BLUM, A. Yield potential and drought tolerance, are they mutually exclusive? In M.P. Reynolds, S. Rajaram & A. McNab, (eds) Increasing yield potential in wheat: Breaking the Barriers. **Proceedings of the workshop**, Cd. Obregon, Mexico, 28-30 Mar. 1996. CIMMYT, Mexico, DF, p. 90-101, 1996.
- BLUMENTHAL, C.S.; BATEY, I.L.; BEKES, F.; WRIGLEY, C.W.; BARLOW, E.W.R. Seasonal changes in wheat-grain quality associated with high temperatures during grains filling. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.42, n.1, p.21-30, 1991.
- BLUMENTHAL, C.; WRIGLEY, C.W.; BATEY, I.L.; BARLOW, E.W.R. The heat-shock response relevant to molecular and structural changes in wheat yield and quality. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, n.6 , p. 901–909, 1994.

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.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.

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

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A. de; CARNEIRO, P.C.S.; SOFIATTI, V. Tolerância ao estresse térmico em genótipos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.8, p. 1269-1276, 2006b.

CHRISTIANSEN, M.N. The physiology of plant tolerance to temperature extremes. In **“Crop tolerance to Suboptimal land conditions”** (G. A. Jung, Ed.). American Society Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, p.173-191, 1978.

COMISSÃO BRASILEIRA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2012**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 204p. 2011.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento - Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/12 – Décimo Segundo Levantamento – Setembro/2012. Disponível em: <www.conab.gov.br>. **Acesso em:** 20/09/2012.

CONDÉ, A.B.T.; MARTINS, F.A.D.; ANDRADE, A.T.A.; COELHO, M.A.O. Avaliação de genótipos de trigo em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica. **Agrarian**, Dourados, v.4, n.14, p.280-285, 2011.

CRUZ, C.D. **Programa Genes – Aplicativo computacional em genética e estatística**. Versão Windows, 2007. Disponível em: <www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>.

CUNHA, G.R.; HAAS, J.C.; MALUF, J.R.T.; CARAMORI, P.H.; ASSAD, E.D.; BRAGA, H.J.; ZULLO Jr., J.; LAZZAROTTO, C.; GONÇALVES, S.; WREGE, M.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S.R.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O.; THOMÉ, V.M.R.; ZAMPIERI, S.L.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M.B.M.; PANDOLFO, C. Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.400-414, 2001.

CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F.; DALMAGO, G.A. Em busca da melhoria da eficiência no uso de recursos do ambiente. **Revista Plantio Direto**. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo-RS, edição 105, maio/junho de 2008.

EMBRAPA TRIGO. Documentos online 67. Dezembro 2006. Disponível em <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do67.pdf>. **Acesso em:** 20/09/2012.

FISCHER, R.A.; REES, D.; SAYRE, K.D.; LU, Z.M.; CONDON, G.A.; LARQUE SAAVEDRA, A. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. **Crop Science**, v.38, n.6, p.1467–1475, 1998.

- FOKAR, M.; NGUYEN, H.T.; BLUM, A. Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermotolerance and its heritability. **Euphytica**, v.104, n.1, p.1-8, 1998.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15ª Ed. Piracicaba: FEALQ, p.451, 2009.
- GOYAL, M.; ASTHIR, B. Polyamine catabolism influences antioxidative defense mechanism in shoots and roots of five wheat genotypes under high temperature stress. **Plant Growth Regulation**, v.60, n.1, p.13–25, 2010.
- HALL, A.E. Breeding for heat tolerance. **Plant Breeding Reviews**, v.10, p.129-168, 1992.
- HARDING, S.A.; GUIKEMA, J.A.; PAULSEN, G.M. Photosynthetic decline from high temperature stress during maturation of wheat. I. Interaction with senescence process. **Plant Physiology**, v.92, n., p.648-653, 1990a.
- HARDING, S.A.; GUIKEMA, J.A.; PAULSEN, G.M. Photosynthetic decline from high temperature stress during maturation of wheat.II. Interaction with source and sink processes. **Plant Physiology**, v.92, n., p.654-658, 1990b.
- HARRIS, K.; SUBUDHI, P.K.; BORRELL, A.; JORDAN, D.; ROSENOW, D.; NGUYEN, H.T.; KLEIN, P.; KLEIN, R.; MULLET, J. Sorghum stay-green QTL individually reduce post-flowering drought-induced leaf senescence. **Journal Experimental Botany**, v.58, n.2, p. 327–338. 2007.
- HATFIELD, J.L.; PINTER JR., P.J., CHASSERARY, E.; EZRA, C.E.; REGINATO, R.J.; IDSO, S.B.; JACKSON, R.D. Effects of panicles on infrared thermometer measurements of canopy temperature in wheat. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.32, n.2, p.97-105, 1984.
- HEDE, A.R.; SKOVMAND, B.; REYNOLDS, M.P.; CROSSA, J.; VILHELMSSEN, A.L.; STØLEN, O. Evaluating genetic diversity for heat tolerance traits in Mexican wheat landraces. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v.46, n.1, p.37–45, 1999.
- KARIMIZADEH, R.; MOHAMMADI, M. Association of Canopy Temperature Depression with Yield of Durum Wheat Genotypes under Supplementary Irrigated and Rainfed Conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.2, p.138-146, 2011.
- KHANNA-CHOPRA, R.; VISWANATHAN, C. Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of T. aestivum and related species. I. Stability in yield and yield components. **Euphytica**, v.106, n.2, p.169-180, 1999.
- KIMPEL, J.A.; KEY, J.L. Heat shock in plants. **Trends in Biochemical Sciences**, v.10, n.9, p.353-357, 1985.
- KUMARI, M.; SINGH, V.P.; TRIPATHI, R.; JOSHI, A.K. Variation for staygreen trait and its association with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat. In: Wheat Production in Stressed Environments. Buck,H. T., Nisi, J. E., and Salom´on, N., Eds., Proceedings of the 7th InternationalWheat Conference, 27 November–2 December 2005, Mar del Plata, Argentina. **Developments in Plant Breeding**, v.12,p. 357–363, 2007.

LINDQUIST, S. The heat-shock response. **Annu Review of Biochemistry**, v.55, p.1151–1191, 1986.

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

MASCARENHAS, J.P.; CRONE, D.E. Pollen and the heat shock response. **Sexual Plant Reproduction**, v.9, n.6, p.370–374, 1996.

McMASTER, G.S. Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: a review. **Advances in Agronomy**, v.59, p.63–118, 1997.

MOFFATT, J.M.; SEARS, R.G. Wheat high temperature tolerance during reproductive growth. I. Evaluation by chlorophyll fluorescence. **Crop Science**, v.30, n.4, p.881-885, 1990.

NÓBREGA, J.Q.; FIDELES FILHO, J.; RAO, T.V.R.; BELTRÃO, N.E.M.; DANTAS, R.T. Uso da Termometria Infravermelha em Diferentes Densidades Populacionais do Feijoeiro. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 11, 2000, Rio de Janeiro. Anais...: Rio de Janeiro: Anais 1980-2006 cbmet.com, p. 319-322, 2000, 2000. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-d606ff371855d8718075403eaf7a59bf.pdf>> Acesso em: 05/03/ 2013.

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**, Campinas, v.70, n.1, p.25-32, 2011.

PORTER, D.R.; NGUYEN, H.T.; BURKER, J.J. Quantifying acquired thermal tolerance in winter wheat. **Crop Science**, v.34, n.6, p.1686-1689, 1994.

RANE, J.; NAGARAJAN, S. High temperature index - for field evaluation of heat tolerance in wheat varieties. **Agricultural Systems**, v.79, n.2, p.243-255, 2004.

REYNOLDS, M.P.; ACEVEDO, E.; AGEEB, O.A.A.; AHMED, S.; BALOTA, M.; CARVALHO, L.J.B.; FISCHER, R.A.; GHANEM, E.; HANCHINAL, R.R.; MANN, C.; OKUYAMA, L.; OLUGBEMI, L.B.; ORTIZ-FERRARA, G.; RAZZAQUE, M.A.; TANDON, J.P. Results of the First International Heat Stress Genotypes Experiment. **Wheat Special Report**. No. 14. CIMMYT, Mexico, DF, 1992.

REYNOLDS, M.P.; BATOLA, M.; DELGADO, M.I.B.; AMANI, I.; FISCHER, R.A. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. **Australian Journal Plant Physiology**, v.21, n.6, p.717–730, 1994.

REYNOLDS, M.P.; SINGH, R.P.; IBRAHIM, A.; AGEEB, O.A.A.; LARQUE´-SAAVEDRA, A.; QUICK, J.S. Evaluating physiological traits to complement empirical selection for wheat in warm environments. **Euphytica**, v.100, n1-3. p.85–94, 1998.

RIBEIRO, G. Estratégia de melhoramento para tolerância ao estresse de calor em trigo . 53f. - **Tese de Doutorado** – Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, 2012.

RUELLAND, E.; ZACHOWSKI, A. How plants sense temperature. **Environmental and Experimental Botany**, v.69, n.3, p. 225–232, 2010.

- SAINI, H.S.; WESTGATE, M.E. Reproductive development in grain crops during droughts. **Advances in Agronomy**, v.68, p. 59–96, 2000.
- SAIRAM, R.K.; SRIVASTAVA, G.C.; SAXENA, D.C. Increased antioxidant activity under elevated temperatures: a mechanism of heat stress tolerance in wheat genotypes. **Biologia Plantarum**, v.43, n.2, p. 245–251, 2000.
- SATORRE, E.H.; SLAFER, G.A. **Wheat: Ecology and physiology of yield determination**. The Haworth Press Technology and Industrial, 503p. 1999.
- SHAH, N.H.; PAULSEN, G.M. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. **Plant and Soil**, v.257, n.1, p.219-226, 2003.
- SOUZA, M.A. Controle genético e resposta ao estresse de calor de cultivares de trigo. 152 f. **Tese de Doutorado - Genética e melhoramento de plantas** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.
- SOUZA, M.A.; RAMALHO, M.A.P. Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.10, p.1245-1253, 2001.
- SOUZA, M.A.; PIMENTEL, A.J.B.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A., Visconde do Rio Branco: Suprema, cap.9, p.199-226, 2011.
- 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, n.6, p.887-900, 1994.
- SUN, W.; KESAVAN, K.; SCHAEFER, B.C.; GARRINGTON, T.P.; WARE, M.; JOHNSON, N.L.; GELFAND, E.W.; JOHNSON, G.L. MEKK2 associates with the adapter protein Lad/RIBP and regulates the MEK5–BMK1/ERK5 pathway. **Journal of Biology Chemistry**, 276, n.7, p.5093–5100, 2001.
- SUZUKI, N.; MITTLER, R. Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction. **Physiology Plantarum**, v.126, n.1, p.45–51, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. porto alegre: artmed, 820p. 2009.
- VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F.A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.58, n.3, p.337-341, 2011.
- VIERLING, V. The roles of heat shock proteins in plants. **Annu Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p.579-620, 1991.
- WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, n.3, p.199–223, 2007.
- WANG, Y.; WHITTALL, T.; MCGOWAN, E.; YOUNSON, J.; KELLY, C.; BERGMEIER, L.A.; SINGH, M.; LEHNER, T. Identification of stimulating and

inhibitory epitopes within the heat shock protein 70 molecule that modulate cytokine production and maturation of dendritic cells. **Journal of Immunology**, v.174, n.6, p.3306-3316, 2005.

WARDLAW, J.F.; SOFIELD, I.; CARTWRIGHT, P.M. Factors limiting the rate of dry matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.7, n.4, p. 387-400, 1980.

WARDLAW, I.F.; WRIGLEY, C.W. Heat tolerance in temperate cereals: an overview. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.21, n.6, p.695–703, 1994.

XU, Q.; PAULSEN, A.Q.; GUIKEMA, J.A.; PAULSEN, G.M. Functional and ultrastructural injury to photosynthesis in wheat by high temperature during maturation. **Environmental and Experimental Botany**, v.35, n.1, p. 43–54, 1995.

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

YILDIRIM, M.; BAHAR, B. Responses of some wheat genotypes and their F2 progenies to salinity and heat stress. **Scientific Research and Essays**, v.5, n.13, p.1734-1742, 2010.

ZADOKS, J.C.; CHANG, T.T.; KONZAK, C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v.14, p.425-432, 1974.

ZHAO, H.; DAI, T.B.; JING, Q.; JIANG, D.; CAO, W.X. Leaf senescence and grain filling affected by post-anthesis high temperatures in two different wheat cultivars. **Plant Growth Regulation** v.51, n.2, p.149–158, 2007.

ZHONG-HU, H.; RAJARAM, S. Differential responses of bread wheat characters to high temperature. **Euphytica**, v.72, p.197-203, 1994.

APÊNDICE

Resumo da análise de variância individual de caracteres de seis cultivares de trigo em três épocas de semeadura. Viçosa-MG, 2013

Caracteres	Época	FV	GL	QM	Média	CV(%)
Depressão da temperatura na diferenciação (T°)	1	Cultivares	5	5,94ns	4,14	61,89
		Resíduo	54	6,57		
	2	Cultivares	5	1,54ns	3,80	41,64
		Resíduo	54	2,50		
	3	Cultivares	5	4,28ns	2,52	53,88
		Resíduo	54	1,84		
Depressão da temperatura da folha bandeira (T°)	1	Cultivares	5	1,64ns	2,77	48,34
		Resíduo	54	1,79		
	2	Cultivares	5	1,18ns	4,46	30,39
		Resíduo	54	1,84		
	3	Cultivares	5	5,22*	2,21	62,00
		Resíduo	54	1,88		
Depressão da temperatura da espiga (T°)	1	Cultivares	5	1,55ns	1,19	107,94
		Resíduo	54	1,66		
	2	Cultivares	5	0,19ns	4,22	24,05
		Resíduo	54	1,03		
	3	Cultivares	5	1,75ns	2,99	47,78
		Resíduo	54	2,03		
Espigamento (dias)	1	Cultivares	5	243,97**	62,04	1,61
		Resíduo	54	0,998		
	2	Cultivares	5	47,93**	55,82	1,53
		Resíduo	54	0,73		
	3	Cultivares	5	147,71**	49,59	1,49
		Resíduo	54	0,55		
Enchimento de grãos (dias)	1	Cultivares	5	57,75**	37,92	2,95
		Resíduo	54	1,25		
	2	Cultivares	5	19,22**	32,71	3,13
		Resíduo	54	1,05		
	3	Cultivares	5	16,74**	29,28	4,64
		Resíduo	54	1,84		
Ciclo (dias)	1	Cultivares	5	78,32**	99,93	1,18
		Resíduo	54	1,39		
	2	Cultivares	5	81,96**	88,50	1,04
		Resíduo	54	0,84		
	3	Cultivares	5	73,89**	78,84	1,77
		Resíduo	54	1,95		

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

Resumo da análise de variância individual de caracteres de seis cultivares de trigo em três épocas de semeadura. Viçosa-MG, 2013

Caracteres	Época	FV	GL	QM	Média	CV(%)
Altura da planta (cm)	1	Cultivares	5	158,91**	88,58	3,31
		Resíduo	54	8,61		
	2	Cultivares	5	326,61**	78,96	3,04
		Resíduo	54	5,77		
	3	Cultivares	5	169,51**	73,23	4,46
		Resíduo	54	10,67		
Comprimento da espiga (cm)	1	Cultivares	5	22,79**	11,96	2,75
		Resíduo	54	0,11		
	2	Cultivares	5	15,03**	10,71	5,11
		Resíduo	54	0,29		
	3	Cultivares	5	13,02**	10,15	2,64
		Resíduo	54	0,07		
Nº de Espiguetas por Espiga	1	Cultivares	5	14,32**	21,91	2,26
		Resíduo	54	0,24		
	2	Cultivares	5	16,46**	19,48	3,58
		Resíduo	54	0,487		
	3	Cultivares	5	14,18**	19,38	2,85
		Resíduo	54	0,30		
Nº de espiguetas férteis por espiga	1	Cultivares	5	11,74**	21,39	2,82
		Resíduo	54	0,36		
	2	Cultivares	5	11,58**	18,89	3,77
		Resíduo	54	0,51		
	3	Cultivares	5	8,50**	18,91	3,36
		Resíduo	54	0,40		
Nº de perfilhos úteis	1	Cultivares	5	1,43ns	5,58	18,22
		Resíduo	54	1,03		
	2	Cultivares	5	2,11**	4,39	12,52
		Resíduo	54	0,30		
	3	Cultivares	5	8,96**	4,91	17,05
		Resíduo	54	0,70		
Nº de grãos por espiga	1	Cultivares	5	958,59**	78,07	5,22
		Resíduo	54	16,58		
	2	Cultivares	5	376,99**	67,91	6,34
		Resíduo	54	18,55		
	3	Cultivares	5	752,48**	61,19	6,84
		Resíduo	54	17,54		

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

Resumo da análise de variância individual de caracteres de seis cultivares de trigo em três épocas de semeadura. Viçosa-MG, 2013

Caracteres	Época	FV	GL	QM	Média	CV(%)
Massa de mil grãos (g)	1	Cultivares	5	29,53**	40,17	7,18
		Resíduo	54	8,31		
	2	Cultivares	5	73,75**	31,88	5,29
		Resíduo	54	2,84		
	3	Cultivares	5	64,04**	25,35	9,21
		Resíduo	54	5,45		
Matéria seca total (g)	1	Cultivares	5	444,74**	76,94	10,45
		Resíduo	54	64,58		
	2	Cultivares	5	90,38**	43,34	9,22
		Resíduo	54	15,95		
	3	Cultivares	5	113,64**	38,35	14,33
		Resíduo	54	30,19		
Rendimento de grãos	1	Cultivares	5	179,14**	49,66	12,08
		Resíduo	54	36,00		
	2	Cultivares	5	91,09**	26,69	11,29
		Resíduo	54	9,10		
	3	Cultivares	5	37,37*	23,31	15,33
		Resíduo	54	12,77		
Índice de colheita	1	Cultivares	5	0,01**	0,65	4,6
		Resíduo	54	0,00		
	2	Cultivares	5	0,02**	0,62	4,87
		Resíduo	54	0,00		
	3	Cultivares	5	0,02**	0,61	6,35
		Resíduo	54	0,00		

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