

Componentes produtivos do trigo em função da temperatura no período de diferenciação de espiguetas

Yield components in wheat as a function of temperature during spikelet differentiation stage

Samuel Luiz Fioreze^{1*}, Jonathan Vacari¹, Thais Lemos Turek², Luiz Henrique Michelin¹ & Robson Pelissari Drun¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, SC, Brasil. *Autor para correspondência: s.fioreze@ufsc.br.

²Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, Brasil.

Submissão: 25/06/2018 | Aceite: 31/07/2018

RESUMO

Um fator limitante para a expansão tritícola no Cerrado brasileiro ou para o cultivo em safrinha é a ocorrência de altas temperaturas no decorrer do ciclo da cultura. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura durante o estágio de diferenciação de espiguetas sobre parâmetros biométricos e componentes produtivos de cultivares de trigo. O experimento foi conduzido em cultivo protegido com delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Dois regimes de temperatura diurna e noturna (16/9 °C e 25/16 °C) foram utilizados em quatro cultivares de trigo (BRS 394, BRS 331, BRS Parrudo e BRS Guamirim) durante o período de diferenciação das espiguetas. Os componentes de produção foram avaliados em perfilhos individuais e na planta inteira. Os regimes de temperatura testados não afetam os componentes de rendimento da cultura, tampouco a uniformidade morfológica e produtiva dos perfilhos, parâmetros que apresentaram grande variação entre as cultivares testadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum aestivum*, perfilhamento, produtividade, ecofisiologia.

ABSTRACT

A limiting factor for wheat crop expansion or off-season crop in the Brazilian Cerrado is the occurrence of elevated temperatures during cropping cycle. This study aimed to evaluate the effects of temperature during the spikelet differentiation stage on biometric and productive parameters of wheat cultivars. A greenhouse experiment was carried out under a randomized blocks design, organized in a 2 x 4 factorial scheme, with four replicates. Two day/night thermo periods (16/9 °C and 25/16 °C) were applied in four wheat cultivars (BRS 394, BRS 331, BRS Parrudo and BRS Guamirim) during the spikelet differentiation stage. Yield components were determined for individual tillers and for the whole plant. Both thermo periods do not affect yield components of wheat, either morphological and productive uniformity of tillers, which show large variation among wheat cultivars.

KEYWORDS: *Triticum aestivum*, tillering, yield, ecophysiology.

INTRODUÇÃO

A expansão da fronteira tritícola para as regiões centrais do Brasil pode ser um dos caminhos para atender a demanda nacional pelo cereal, haja vista que, historicamente, o Brasil é um grande importador do grão (FARIAS et al. 2016). Contudo, a ocorrência de temperaturas elevadas pode ser um dos fatores limitantes para a cultura quando cultivada no Cerrado (PIMENTEL et al. 2015), mesmo em condições de safrinha.

Temperaturas elevadas no decorrer do ciclo da cultura do trigo podem provocar redução no desenvolvimento radicular, na emissão de perfilhos produtivos e na diferenciação de espiguetas e flores (SOUZA & RAMALHO 2001, DIAS & LIDON 2009, PIMENTEL et al. 2015), bem como diminuição de área foliar e de porcentagem de flores fecundadas, podendo provocar, ainda, redução do ciclo e produção de grãos com menor peso (RAHMAN et al. 2009, RIBEIRO et al. 2012). O efeito de altas temperaturas pode ser mais acentuado quando a planta for submetida ao estresse térmico durante períodos-chave para a definição dos componentes de produção, como as fases de diferenciação de espiguetas e indução floral

(DIAS & LIDON 2009, KAUR & BEHL 2010, RIBEIRO et al. 2012).

Para superar a limitação imposta pelas altas temperaturas do Cerrado, programas de melhoramento buscam desenvolver cultivares adaptadas a essas condições. As plantas melhoradas possuem como característica, além da tolerância a temperaturas maiores, o alto potencial produtivo, resistência a doenças, estatura reduzida e resistência ao acamamento mesmo diante de adubações nitrogenadas maiores ou densidade de plantas elevadas. Ainda no caso do trigo sequeiro em condições de Cerrado, opta-se por cultivares com características mais rústicas, como tolerância ao calor e a seca (ALBRECHT et al. 2007). Apesar da existência de cultivares adaptadas para o cultivo em algumas regiões do Cerrado brasileiro, a adaptação de materiais ao cultivo de safrinha na região Sul do Brasil ainda é pouco estudada, de modo que para esta condição de cultivo existe a possibilidade de adaptação de materiais de Cerrado ou mesmo alguns materiais adaptados para a região Sul do Brasil.

Sabendo-se da existência de variabilidade genética para tolerância ao calor na cultura do trigo (CARGNIN et al. 2006, MACHADO et al. 2010, FAROOQ et al. 2011, OLIVEIRA et al. 2011), avaliações de diferentes constituições genéticas em ambientes diferenciados de cultivo poderão levar à determinação de materiais mais promissores para o cultivo, ou mesmo de características associadas a sua adaptação a essas condições. Tal conhecimento pode ser a chave para o sucesso da expansão da cultura em novas épocas de semeadura no Sul do país. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura durante o estágio de diferenciação de espiguetas sobre o crescimento e os componentes produtivos de cultivares de trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em cultivo protegido na Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, no período entre maio e setembro de 2016. A área experimental está localizada em região de clima tipo Cfb – clima temperado, com verão ameno (CLIMATE-DATA 2018).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por regimes de temperatura diurna e noturna na fase de diferenciação das espiguetas, que corresponde ao estágio 2 da escala de Feeks (LARGE 1954). Os regimes constaram de temperaturas diurnas e noturnas de 16 °C e 9 °C, respectivamente, e 25 °C e 16 °C, respectivamente. As condições de temperatura testadas tiveram por objetivo simular o cultivo destes materiais em condições de safrinha (meados de fevereiro) e em condições de cultivo tradicional, com semeadura a partir do mês de maio. Para tanto, as temperaturas foram definidas com base nos dados históricos de temperatura para a região do Planalto Catarinense (INMET 2018). O segundo fator foi composto por quatro cultivares de trigo: BRS 394, de ciclo precoce e adaptada à região do Cerrado, BRS 331 e BRS Parrudo, de ciclo superprecoce e precoce, respectivamente, ambas adaptadas à região sul e BRS Guamirim, adaptada a região centro-sul e com ciclo superprecoce. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de polietileno com volume de 1,7 L cultivado com uma planta de trigo.

Para o preenchimento dos vasos, utilizou-se um Cambissolo Háplico com textura argilosa (EMBRAPA 2006) e composto orgânico, na proporção de 1:1 (v v⁻¹). Antes de ser acondicionado aos vasos, o solo foi peneirado, corrigido e adubado. Foram utilizados 1,51 g dm⁻³ de calcário, 0,13 g dm⁻³ de cloreto de potássio (60% de K₂O) e 1,82 g dm⁻³ de superfosfato triplo. Além da adubação na base, foram feitas quatro adubações em cobertura com ureia em solução, na dose de 25 mg dm⁻³ de N. A primeira aplicação de ureia ocorreu sete dias após a emergência da cultura (DAE), quando as plantas já tinham emitido duas folhas. Aos 15 e 30 dias após a primeira aplicação foram realizadas a segunda e terceira aplicação, respectivamente. A quarta e última aplicação com ureia foi realizada no final do período de alongamento do colmo.

As sementes das cultivares de trigo foram obtidas na Embrapa Trigo (CNPT) e tratadas com produto comercial à base de fipronil, piraclostrobina e tiofanato-metilico (Standak Top®) antes da semeadura. Foram semeadas três sementes por vaso, mantendo-se uma planta uniforme por vaso após desbaste. No início da fase de diferenciação das espiguetas, os vasos foram transferidos para câmaras de crescimento (BOD), com temperatura controlada de acordo com os tratamentos descritos e fotoperíodo de 11 horas. As plantas foram submetidas ao tratamento térmico por um período de 18 dias. Essa fase de desenvolvimento da planta coincide com período entre o aparecimento do primeiro primórdio de espiguetas (fase duplo anel) e a espiguetas terminal (RODRIGUES et al. 2011). Após o período de tratamento térmico, as plantas foram transferidas novamente para a casa de vegetação, quando o solo nos vasos foi coberto com palha triturada de *Urochloa* spp., visando diminuir a ocorrência de plantas daninhas e preservar a umidade do solo.

Durante todo o ciclo da cultura, a umidade do solo foi mantida próxima da capacidade de campo por

meio de irrigações manuais. As plantas daninhas que surgiram foram retiradas de forma manual, logo após sua emergência. Os demais tratos culturais, tais como controle de doenças e pragas, foram realizados conforme a necessidade da cultura e respeitando as boas práticas agrícolas e experimentais.

As avaliações foram realizadas ao final do ciclo da cultura. Antes da colheita foram avaliados o número total de perfilhos e o número de perfilhos férteis (com espiga). Na mesma ocasião determinou-se a altura do colmo principal e dos perfilhos, a fim de estudar a uniformidade no crescimento da planta. Após a colheita, foram avaliados o número de espiguetas por espiga, o comprimento da ráquis, o número de grãos por espiga, a massa de grãos por espiga e por planta e a massa de mil grãos. De acordo com a relação entre a massa de grãos e a massa de matéria seca total da planta no momento da colheita, determinou-se o índice de colheita. Os componentes da produção foram avaliados e analisados em termos médios e também de forma individual. Para a avaliação individual de colmo principal e perfilhos calculou-se a variância e os valores máximos e mínimos, buscando descrever a uniformidade de crescimento e dos parâmetros produtivos entre as estruturas da planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Uma vez detectadas variações significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas interações significativas entre cultivares e temperaturas para os componentes de produção, produção de grãos e índice de colheita das plantas de trigo (Tabela 1), considerando a avaliação de todos os colmos da planta. Ao contrário do esperado, não houve efeito significativo da temperatura, como fator isolado, sobre estes parâmetros.

Tabela 1. Parâmetros produtivos de plantas em cultivares de trigo em função da temperatura na fase de diferenciação das espiguetas. Curitiba, SC, 2016.

Table 1. Productive parameters of plants from four wheat cultivars as a function of temperature in the differentiation stage of the spikelets. Curitiba, SC, 2016.

Cultivares	ALT (cm)	NTP	NPV	CR (cm)	NESPG	NGE
BRS 331	76,66 a	8,50 b	7,25 b	11,20 a	22,06 b	54,46 a
BRS 394	82,96 a	8,12 b	6,00 b	11,58 a	23,15 ab	56,51 a
BRS Guamirim	61,95 b	16,25 a	15,25 a	7,10 b	16,26 c	22,36 b
BRS Parrudo	79,14 a	9,37 b	6,50 b	10,20 a	23,71 a	50,61 a
<i>p</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16/9 °C	76,4	10,1	8,4	10,5	21,4	48,7
25/16 °C	74,0	11,1	9,1	9,6	21,2	43,3
<i>p</i>	0,42	0,21	0,34	0,21	0,61	0,20
C x A ¹ (<i>p</i>)	0,93	0,90	0,93	0,42	0,67	0,85
CV (%)	11,16	20,95	20,57	19,90	5,27	24,92
Cultivares	NGESPG	MGESP (g)	NGP	MGP (g)	MMG (g)	IC
BRS 331	2,46 a	2,06 a	386,00 a	13,67	37,78	0,46 a
BRS 394	2,43 a	2,41 a	328,38 ab	14,24	43,65	0,39 b
BRS Guamirim	1,37 b	0,96 b	331,25 ab	14,32	43,39	0,43 a
BRS Parrudo	2,13 a	2,14 a	315,62 b	13,67	44,34	0,43 b
<i>p</i>	0,00	0,00	0,03	0,81	0,15	0,00
16/9 °C	2,2	2,0	345,9	14,1	41,0	0,4
25/16 °C	2,0	1,8	334,7	14,4	43,6	0,4
<i>p</i>	0,20	0,26	0,50	0,65	0,24	0,27
C x A (<i>p</i>)	0,92	0,65	0,94	0,42	0,56	0,83
CV (%)	21,93	18,69	13,67	14,13	14,60	7,36

ALT: altura da planta; NTP: número total de perfilhos; NPV: número de perfilhos viáveis; CR: comprimento da ráquis; NESPG: número de espiguetas por espiga; NGE: número de grãos por espiga; NGESPG: número de grãos por espiguetas; MGESP: massa de grãos por espiga; NGP: número de grãos por planta; MGP: massa de grãos por planta; MMG: massa de mil grãos; IC: Índice de colheita. Interação entre cultivares e ambiente. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A ausência do efeito da temperatura sobre os parâmetros produtivos avaliados pode ser resultado das características do regime térmico aplicado às plantas. O regime utilizado teve como objetivo simular as condições de cultivo em safrinha no Planalto Catarinense, em torno de 25 °C durante o dia e 16 °C durante a noite, com média de 20,5 °C, com base nas temperaturas médias da região no período em que a safrinha de trigo seria implantada (INMET 2018). Esse valor é próximo à média de 22,6 °C registrado por PIMENTEL et al. (2015), onde houve redução no rendimento de grãos pelo estresse térmico. Estes autores, contudo, mantiveram as plantas em regime térmico de temperaturas elevadas durante todo o ciclo da cultura, com picos de temperatura de até 30 °C, diferentemente do presente trabalho. Temperaturas maiores também foram registradas por CARGNIN et al. (2006), que observaram redução em parâmetros como altura e produção de grãos, e por SOUZA & RAMALHO (2001), que observaram redução na germinação e na duração do ciclo diante de estresse térmico.

Embora os componentes de produção de plantas de trigo não tenham diferido entre as duas temperaturas testadas, houve diferença significativa entre as cultivares. A diferença entre as cultivares já era esperada diante do conhecimento sobre a variabilidade genética dentro da cultura (CARGNIN et al. 2006, MACHADO et al. 2010, FAROOQ et al. 2011, OLIVEIRA et al. 2011) e a influência do genótipo sobre componentes como número de espiguetas por espiga, grãos por espiga e grãos por espiguetas (PIMENTEL et al. 2015), entre outros fatores.

Para os parâmetros altura de plantas, comprimento da ráquis, número de grãos por espiga, números de grãos por espiguetas e massa de grãos por espiga, as cultivares BRS 331, BRS 394 e BRS Parrudo foram superiores a BRS Guamirim sem diferirem entre si (Tabela 1). A cultivar BRS Guamirim também apresentou resultado inferior às demais cultivares para o componente de produção número de espiguetas por espiga. Quando se comparou o número total de grãos por planta, a cultivar BRS Guamirim se equiparou às cultivares BRS 394 e BRS Parrudo, já para a massa de grãos por planta, as cultivares não apresentaram diferença estatística entre si.

Os resultados obtidos para produção de grãos pela cultivar BRS Guamirim em comparação às demais cultivares, mesmo produzindo espigas menores, com menos espiguetas e grãos, foram possíveis devido à expressão do seu alto potencial de perfilhamento, já relatado na literatura (MACIEL et al. 2007). Para o número total de perfilhos, a cultivar BRS Guamirim obteve o melhor resultado dentre as cultivares, cenário que se repetiu para os valores de número de perfilhos viáveis (com espigas), onde a cultivar apresentou o dobro da média das demais (Tabela 1).

O rendimento de grãos em uma lavoura de trigo está baseado no número de grãos por área e no valor médio da massa de cada grão, sendo o primeiro considerado o componente mais limitante da produção (VESOHOSKI et al. 2011). Todavia, há diferentes estratégias para composição do rendimento de grãos dentre as cultivares de trigo. Para algumas cultivares, como foi o caso da BRS Guamirim nesse estudo, a composição do rendimento de grãos é resultado da eficiência de perfilhamento, enquanto para outras na fertilidade da espiga e massa de grãos, característica observada na BRS 394 e BRS 331. A cultura apresenta, portanto, com um efeito compensatório entre os componentes de produção, ou seja, diante da limitação de um dos componentes, outro se expressará de forma mais pronunciada, mantendo assim o rendimento final de grãos (PIRES et al. 2011). Com base nos resultados obtidos, é evidente que cada genótipo expressa seu potencial produtivo segundo diferentes componentes, sendo esta plasticidade marcadamente uma característica genética.

Quando avaliados os parâmetros produtivos do colmo principal de forma isolada, a cultivar BRS 394 foi superior para o comprimento da ráquis, não diferindo apenas da cultivar BRS 331, a qual obteve o maior número de espiguetas por espiga (Tabela 2). Repetindo os resultados observados nas avaliações com a planta inteira, a cultivar BRS Guamirim apresentou os menores valores para comprimento da ráquis, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e massa de grãos por espiga. A cultivar BRS Guamirim foi, ainda, inferior para o número de espiguetas férteis e número de grãos por espiguetas, não diferindo da cultivar BRS Parrudo. Não houve efeito significativo entre as cultivares para a massa de mil grãos.

O baixo desempenho da cultivar BRS Guamirim com relação aos parâmetros produtivos do colmo principal revela a dependência da cultivar em seu potencial de perfilhamento para manter o rendimento de grãos. Essa característica é evidente ao se observar a participação do colmo principal e a participação média de perfilhos na produção de grãos das plantas (Tabela 2). Para as duas variáveis, a cultivar BRS Guamirim apresentou os menores valores, enquanto as demais não diferiram entre si.

Embora a cultivar BRS Guamirim tenha compensado a baixa produção de grãos por espiga devido a maior emissão de perfilhos, o mesmo pode não acontecer em condições de campo. A disponibilidade de

água, nutrientes minerais e boas condições de solo favorecem o crescimento da planta e o perfilhamento (RODRIGUES et al. 2011). Ao contrário do cultivo em casa de vegetação, no campo essas condições nem sempre são alcançadas. Além disso, no presente trabalho, as plantas de trigo não foram submetidas ao efeito de competição por nutrientes com outras plantas de trigo, o que poderia limitar o perfilhamento. MUNDSTOCK (1999) relata que o espaçamento entre plantas é o principal limitador do perfilhamento. VALÉRIO et al. (2008) observaram que materiais com maior potencial de perfilhamento são mais propensos à senescência de perfilhos, haja vista que possuem período maior de emissão, e perfilhos emitidos tardiamente apresentam menor capacidade de competição. O menor potencial produtivo de perfilhos emitidos tardiamente também foi observado por FIOREZE & RODRIGUES (2012).

Tabela 2. Parâmetros produtivos do colmo principal em cultivares de trigo em função da temperatura na fase de diferenciação das espiguetas. Curitiba, SC, 2016.

Table 2. Productive parameters in the main stem of four wheat cultivars as a function of temperature in the differentiation stage of the spikelets. Curitiba, SC, 2016.

Cultivares	CR (cm)	NESPG	ESPGF	ESPINF	NG
BRS 331	11,08 ab	22,12 b	20,50 a	1,50	76,50 a
BRS 394	12,18 a	21,50 b	21,33 a	0,50	70,29 a
BRS Guamirim	9,16 c	17,12 c	15,83 b	1,00	40,50 b
BRS Parrudo	10,86 b	25,50 a	22,83 a	2,67	64,00 a
<i>p</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16/9 °C	10,75	21,81	20,50	1,17	62,25
25/16 °C	10,88	21,31	19,54	1,67	63,40
<i>p</i>	0,68	0,31	0,25	0,17	0,77
C x A (<i>p</i>) ¹	0,46	0,05	0,41	0,05	0,36
CV (%)	8,61	6,35	7,60	60,40	17,83
Cultivares	NGESPG	MG (g)	MMG (g)	CP (%)	PERF (%)
BRS 331	3,46 a	2,94 a	38,42	20,14 a	13,22 a
BRS 394	3,39 a	3,03 a	42,09	21,67 a	16,32 a
BRS Guamirim	2,36 b	1,77 b	43,89	12,41 b	6,29 b
BRS Parrudo	2,51 b	2,71 a	43,08	19,92 a	14,57 a
<i>p</i>	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00
16/9 °C	2,88	2,51	39,42 b	18,0	13,3
25/16 °C	2,94	2,71	44,32 a	19,1	11,9
<i>p</i>	0,74	0,28	0,03	0,47	0,19
C x A (<i>p</i>) ¹	0,12	0,19	0,30	0,56	0,80
CV (%)	17,57	19,23	13,86	21,42	23,32

CR: comprimento da ráquis; NESPG: número de espiguetas por espiga; ESPGF: número de espiguetas férteis por espiga; ESPINF: Número de espiguetas inférteis por espiga; NG: número de grãos na espiga do colmo principal; NGESPG: número de grãos por espiguetas; MG: massa de grãos; MMG: massa de mil grãos; CP: participação do colmo principal na produção de grãos da planta; PERF: participação dos perfilhos na produção de grãos da planta. ¹Interação entre cultivares e ambiente. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos no presente estudo permitem indicar que as cultivares BRS 394, BRS 331 e BRS Parrudo teriam maior potencial para o cultivo em condições restritivas para a emissão e sobrevivência de perfilhos, como seria o caso da semeadura em safrinha. Corroborando este resultado, RODRIGUES et al. (2007) demonstraram que o avanço no rendimento de grãos das cultivares modernas de trigo, em relação às antigas, deu-se principalmente como resultado do aumento no número de grãos por espiga e não em função do aumento de espigas por área.

A temperatura não influenciou os parâmetros avaliados no colmo principal, exceto a massa de mil grãos (Tabela 2). Para esse parâmetro, o regime com temperaturas maiores refletiu no aumento da massa de mil grãos na média entre as cultivares. A ocorrência de altas temperaturas no final do ciclo da cultura é relacionada ao decréscimo na massa de matéria seca acumulada nos grãos em vários estudos (BLUMENTHAL et al. 1991, RAHMAN et al. 2009, DIAS & LIDON 2009, KAUR & BEHL 2010, COSSANI & REYNOLDS 2012, RIBEIRO et al. 2012, PIMENTEL et al. 2015), contudo, informações sobre o efeito de

temperaturas altas no início do ciclo componente são escassas.

Para o número de espiguetas por espiga e o número de espiguetas inférteis no colmo principal, houve interação significativa entre genótipo e ambiente (Tabela 3). Ao contrário do esperado, por ser desenvolvida para o ambiente de Cerrado, a cultivar BRS 394 apresentou redução no número total de espiguetas por espiga. O número de espiguetas inférteis, contudo, não foi afetado. Para as demais cultivares, não houve efeito da temperatura. As cultivares BRS 331 e BRS Parrudo apresentaram maior número de espiguetas inférteis em maiores temperaturas. Deve-se destacar, contudo, que o número de espiguetas férteis por espiga não foi afetado.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre cultivares de trigo e temperatura no período de diferenciação de espiguetas. Curitiba, SC, 2016.

Table 3. Results of the interaction between wheat cultivars and temperature in the spikelet differentiation period. Curitiba, SC, 2016.

Cultivares	NESP		ESPINF	
	16/9 °C	25/16 °C	16/9 °C	25/16 °C
BRS 331	21,75 aB	22,50 aB	1,00 aA	2,00 bA
BRS 394	23,00 aAB	20,00 bB	1,00 aA	0,00 aA
BRS Guamirim	17,00 aC	17,25 aC	1,00 aA	1,00 aA
BRS Parrudo	25,50 aA	25,50 aA	1,67 aA	3,66 bB

NESP: número de espiguetas por espiga; ESPINF: número de espiguetas inférteis por espiga. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A redução do número de espiguetas por espiga sob altas temperaturas e o efeito negativo das mesmas condições ambientais sob a diferenciação floral já é relatada na literatura (REYNOLDS et al. 2001, RODRIGUES et al. 2011, RIBEIRO et al. 2012). REYNOLDS et al. (2001) relataram, ainda, a redução do período entre a diferenciação da espiguetas terminal e antese diante de temperaturas elevadas e a alta competição por assimilados nessa fase, características que podem afetar a fertilidade das flores iniciadas.

A partir da avaliação dos parâmetros produtivos do colmo principal e dos perfilhos da planta de forma individual foi possível determinar a variância para estes componentes dentro da planta, e assim, avaliar a uniformidade de produção (Tabela 4). Para altura de plantas, pode-se observar que a cultivar BRS Guamirim apresentou a maior variância, não diferindo da cultivar BRS 331. A desuniformidade pode ser reflexo do período prolongado de perfilhamento dentro de cultivares com alto potencial para a produção de perfilhos, como é o caso da BRS Guamirim (MACIEL et al. 2007), somado ao fato que perfilhos emitidos tardiamente tem menor capacidade de competição por fotoassimilados e assim, menos chances de se desenvolverem e/ou produzirem espigas férteis (VALERIO et al. 2008, FIOREZE & RODRIGUES 2012).

O maior valor entre os valores máximos de massa de grãos individual por perfilho e colmo principal foi encontrado para a cultivar BRS 394, que também apresentou o maior valor mínimo para o mesmo parâmetro, sem diferir das cultivares BRS 331 e BRS Parrudo para o último (Tabela 4). A cultivar BRS Guamirim apresentou o menor valor máximo para o mesmo parâmetro em relação a todas as cultivares e o menor valor mínimo, não diferindo da BRS Parrudo. Todavia, ao analisar a variância dentro desse parâmetro, observa-se que a cultivar BRS Guamirim obteve o menor valor, sem diferir da BRS Parrudo, indicando que, embora a produção por perfilho e colmo principal tenha sido baixa na cultivar, a mesma se apresentou de forma uniforme. Já a cultivar BRS 394 apresentou a maior variância para o parâmetro, não diferindo das cultivares BRS 331 e BRS Parrudo.

A desuniformidade na produção de grãos da cultivar BRS 394 em relação à BRS Guamirim pode ser explicada pelo uso de diferentes estratégias para produção de grãos entre cultivares, já discutidas anteriormente nesse trabalho. Enquanto BRS Guamirim alcança sua produção de grãos pelo número maior de perfilhos com produção uniforme, a produção de grãos da cultivar BRS 394 é garantida pelo colmo principal e número menor de perfilhos. Uma vez que essa uniformidade entre os perfilhos pode ser comprometida em um ambiente não favorável ao perfilhamento, acredita-se que cultivares como a BRS 394 seriam mais aptas ao cultivo em safrinha no Planalto Catarinense, em relação a cultivares com características semelhantes ao BRS Guamirim.

Não houve diferença significativa entre as cultivares para a variância no número de espiguetas férteis e inférteis. A temperatura também não afetou de forma isolada os parâmetros altura de planta, massa de grãos, número de espiguetas férteis e inférteis (Tabela 4). Para o número de espiguetas por espiga, houve interação entre o genótipo e as temperaturas testadas (Tabela 5).

Tabela 4. Variância dos parâmetros produtivos das plantas de trigo de quatro cultivares submetidas a dois regimes de temperatura durante a fase de diferenciação de espiguetas. Curitiba, SC, 2016.

Table 4. Variance of the productive parameters of wheat plants of four cultivars subjected to two temperature regimes during the spikelet differentiation phase. Curitiba, SC, 2016.

Cultivares	Altura			Espiguetas espiga ⁻¹		
	σ^2	Máximo	Mínimo	σ^2	Máximo	Mínimo
BRS 331	78,86 ab ²	88,11 ab	63,88 a	1,23	23,38 b	20,50 a
BRS 394	48,81 a	91,11 a	75,01 a	2,67	24,38 ab	20,50 a
BRS Guamirim	110,68 b	79,30 b	43,38 b	2,86	18,50 c	12,62 b
BRS Parrudo	45,22 a	86,06 ab	68,66 a	7,86	26,50 a	20,00 a
<i>p</i>	0,04	0,02	0,00	0,08	0,00	0,00
16/9 °C	68,57	87,16	63,75	1,92	22,81	19,00
25/16 °C	73,18	85,54	61,81	5,72	23,53	17,53
<i>p</i>	0,78	0,48	0,65	0,07	0,26	0,22
C x A (<i>p</i>) ¹	0,55	0,57	0,86	0,04	0,74	0,08
CV (%)	33,36	8,30	20,03	138,68	7,98	14,49

Cultivares	Massa de grãos			Espiguetas férteis		
	σ^2	Máximo	Mínimo	σ^2	Máximo	Mínimo ³
BRS 331	0,49 ab	2,93 ab	1,16 a	11,30	21,00 b	12,17
BRS 394	0,84 b	3,38 a	1,16 a	13,82	23,67 a	13,33
BRS Guamirim	0,32 a	1,84 c	0,19 b	19,53	16,83 a	6,00
BRS Parrudo	0,40 ab	2,78 b	1,08 ab	24,81	23,83 a	14,33
<i>p</i>	0,05	0,00	0,03	0,82	0,00	0,22
16/9 °C	0,44	2,73	0,96	11,71	21,25	12,58
25/16 °C	0,56	2,69	0,83	23,03	21,42	10,33
<i>p</i> ⁵	0,29	0,91	0,62	0,32	0,79	0,45
C x A (<i>p</i>) ¹	0,39	0,23	0,91	0,77	0,81	0,83
CV (%)	71,55	12,57	75,70	155,27	7,10	62,43

Cultivares	Espiguetas inférteis		
	σ^2	Máximo	Mínimo ³
BRS 331	6,82	8,50	1,50 ab
BRS 394	24,30	10,17	0,33 b
BRS Guamirim	7,55	9,00	0,83 b
BRS Parrudo	5,55	7,50	2,50 a
<i>p</i>	0,29	0,91	0,00
16/9°C	1,00	7,75	1,00
25/16°C	1,58	9,83	1,58
<i>p</i>	0,43	0,46	0,10
C x A (<i>p</i>) ¹	0,93	0,96	0,12
CV (%)	167,78	75,65	62,36

σ^2 : Variância. ¹Interação entre cultivares e ambiente. ²Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ³Dados transformados para $(x+1)0,5$.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre cultivares de trigo e temperatura no período de diferenciação de espiguetas para a variância do número de espiguetas por espigas. Curitiba, SC, 2016.

Table 5. Results of the interaction between wheat cultivars and temperature in the spikelet differentiation period for the variance in the number of spikelets per ear. Curitiba, SC, 2016.

Cultivares	16/9 °C	25/16 °C
BRS 331	1,50 aA	0,97 aA
BRS 394	2,04 aA	3,31 aA
BRS Guamirim	2,88 aA	2,84 aA
BRS Parrudo	1,26 aA	14,46 bB

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A cultivar BRS Parrudo, quando submetida a temperaturas altas, apresentou aumento na variância do parâmetro número de espiguetas por espiga (Tabela 5), demonstrando que os perfilhos e o colmo principal são menos uniformes para esse componente de produção. A mesma interação pode ser observada para a cultivar que apresentou maior número de espiguetas inférteis no colmo principal sobre o regime de temperaturas altas. Embora o número de espiguetas inférteis no colmo principal e a variância para o número de espiguetas tenham aumentado em altas temperaturas, a cultivar BRS Parrudo não demonstrou redução na média de espiguetas por espiga ou produção de grãos para nenhum dos tratamentos.

CONCLUSÃO

Regimes de temperatura diurna e noturna de 16/9 °C e 25/16 °C durante a fase de diferenciação das espiguetas não afetam os componentes do rendimento da cultura do trigo, tampouco a uniformidade morfológica e produtiva dos perfilhos.

Plantas de trigo podem apresentar alta plasticidade produtiva pela emissão de maior número de espigas ou massa de grãos por espiga, dependendo da cultivar.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT JC et al. 2007. Cultivares de trigo para o cerrado. In: FALEIRO FG & SOUSA ES. Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados. p.61-68.
- BLUMENTHAL CS et al. 1991. Seasonal changes in wheat grain quality associated with high temperature during grain filling. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 21-30.
- CARGNIN A et al. 2006. Tolerância ao estresse térmico em genótipos de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41: 1269-1276.
- CLIMATE-DATA. 2018. Dados Climáticos para cidades mundiais. Oedheim: CLIMATE-DATA. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/>>. Acesso em: 10 Jun. 2018.
- COSSANI CM & REYNOLDS MP. 2012. Physiological traits for improving heat tolerance in wheat. *Plant Physiology* 160: 1710-1718.
- DIAS AS & LIDON FC. 2009. Evaluation of grain filling rate and duration in bread and durum wheat, under heat stress after anthesis. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195: 137-147.
- EMBRAPA. 2006. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 306p.
- FARIAS AR et al. 2016. Potencial de produção de trigo no Brasil a partir de diferentes cenários de expansão da área de cultivo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 85. Passo Fundo: Embrapa Trigo. 40p.
- FAROOQ J et al. 2011. Inheritance pattern of yield attributes in spring wheat at grain filling stage under different temperature regimes. *Australian Journal of Crop Science* 5: 1745-1753.
- FIGUEIREDO SL & RODRIGUES JD. 2012. Perfilhamento do trigo em função da aplicação de regulador vegetal. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 7: 750-755.
- INMET. 2018. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados da Estação Automática: Curitiba (SC). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 25 mai. 2018.
- KAUR V & BEHL RK. 2010. Grain yield in wheat as affected by short periods of high temperature, drought and their interaction during pre- and post-anthesis stages. *Cereal Research Communications* 38: 514-520.
- LARGE EC. 1954. Growth stages in cereals illustration of the feeks scale. *Plant Pathology* 3: 128-129.
- MACIEL JLN et al. 2007. BRS Guamirim, destaque em sanidade para as principais doenças fúngicas do trigo. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 16p.
- MACHADO JC et al. 2010. Recurrent selection as breeding strategy for heat tolerance in wheat. *Crop breeding and applied biotechnology* 10: 9-15.
- MUNDSTOCK CM. 1999. Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo. Porto Alegre: Evangraf. 228p.
- OLIVEIRA DM et al. 2011. Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor. *Bragantia* 70: 25-32.
- PIMENTEL AJB et al. 2015. Characterization of heat tolerance in wheat cultivars and effects on production components. *Revista Ceres* 62: 191-198.
- PIRES JLF et al. 2011. Integração de práticas de manejo no sistema de produção de trigo. In: PIRES JLF et al. Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo. p.77-114.
- RAHMAN MA et al. 2009. Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under control environment. *Bangladesh Journal of Agriculture Research* 34: 361-372.
- REYNOLDS MP et al. 2001. Application of physiology in wheat breeding. Mexico: CIMMYT. 240p.
- RIBEIRO G et al. 2012. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. *Revista Brasileira de Agrociência* 18:133-142.
- RODRIGUES O et al. 2007. Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 817-825.
- RODRIGUES O et al. 2011. Ecofisiologia de trigo: bases para elevado rendimento de grãos. In: PIRES JLF et al. Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo. p.115-134.

- SOUZA MA & RAMALHO MAP. 2001. Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36: 1245-1253.
- VALERIO IP et al. 2008. Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43: 319-326.
- VESOHOSKI F et al. 2011. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. *Ceres* 58: 337-341.