UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
***CAMPUS* DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

LORENA MAIA NORETO

TEMPERATURA MÍNIMA BASAL, ACÚMULO DE GRAUS-DIA, DURAÇÃO DO CICLO, COMPONENTES DE RENDIMENTO E ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE PARA CULTIVARES DE TRIGO

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ
2018

LORENA MAIA NORETO

TEMPERATURA MÍNIMA BASAL, ACÚMULO DE GRAUS-DIA, DURAÇÃO DO CICLO, COMPONENTES DE RENDIMENTO E ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE PARA CULTIVARES DE TRIGO

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

Orientador: Dr. Élcio Silvério Klosowski

Coorientadores: Dr. Claudio Yuji Tsutsumi

Dr. Francisco de Assis Franco

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Noreto, Lorena Maia
Temperatura mínima basal, acúmulo de graus-dia, duração do ciclo, componentes de rendimento e estimativa de produtividade para cultivares de trigo / Lorena Maia Noreto; orientador(a), Élcio Silvério Klosowski; coorientador(a), Claudio Yuji Tsutsumi, coorientador(a)II, Francisco de Assis Franco, 2018.
65 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

1. Soma térmica. 2. Rendimento de grãos. 3. Estimativa de produtividade. I. Klosowski, Élcio Silvério . II. Tsutsumi, Claudio Yuji. III. Franco, Francisco de Assis . IV. Título.

LORENA MAIA NORETO

TEMPERATURA MÍNIMA BASAL, ACÚMULO DE GRAUS-DIA, DURAÇÃO DO CICLO, COMPONENTES DE RENDIMENTO E ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE PARA CULTIVARES DE TRIGO

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2018

Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi
(Coorientador)
(UNIOESTE)

Prof. Dr. José Barbosa Duarte Júnior
(UNIOESTE)

Pesq. Dr. Francisco de Assis Franco
(Coorientador)
(COODETEC)

Prof. Dr. Augustinho Borsoi
(FAG)

Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski
(Orientador)
(UNIOESTE)

DEDICO

Aos meus pais Maria Maia do Santos Gonçalves e Jorge Noreto Gonçalves, pela dedicação, compreensão e por compartilharem esse sonho ao meu lado, sempre me apoiando e incentivando para que eu pudesse chegar até aqui.

A minha irmã Thaís Maia Noreto da Silva e meu cunhado Ronaldo César da Silva, pela ajuda em todos os momentos que precisei.

Aos meus sobrinhos Henrique Gonçalves de Paiva, Stella Noreto da Silva e Samuel Noreto da Silva.

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir a conclusão de mais essa etapa de minha vida.

Ao professor e orientador Dr. Élcio Silvério Klosowski, pelos preciosos ensinamentos, paciência e atenção que contribuíram imensamente para minha formação pessoal e profissional ao longo desses anos.

Ao professor e coorientador Dr. Claudio Yuji Tsutsumi, pela ajuda nas análises estatísticas, compreensão, sabedoria e conselhos repassados.

Ao pesquisador e coorientador Dr. Francisco de Assis Franco, pelo auxílio prestado antes, durante e após o experimento. Por aceitar dividir o conhecimento acumulado ao longo de todos esses anos de experiência e por fazer isso da maneira mais enriquecedora e generosa possível.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Agronomia (PPGA) da Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, de forma especial aos professores Dr. Antonio Carlos Torres da Costa e Dr. José Barbosa Duarte Júnior, pelos ensinamentos, empréstimo de material para estudo, conselhos, atenção, profissionalismo e valiosa contribuição para este trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de auxílio ao estudo.

Ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) por fornecer os dados meteorológicos.

À professora Dr.ª Edleusa Pereira Seidel por disponibilizar o laboratório e equipamentos para que eu pudesse realizar algumas análises de solo, além de ensinar de forma gentil e generosa a realizar cada procedimento. Meus sinceros agradecimentos.

Ao admirável e incrível profissional, professor Dr. Jorge Luiz Moretti de Souza, por disponibilizar seu programa para realizar os cálculos de balanço hídrico e por efetivamente ajudar a realizar esses cálculos. Sou muito grata por isso.

À COODETEC, pelo suporte dado para realizar o experimento nos centros de pesquisa em Palotina e Cascavel e, de forma especial, a toda a equipe do programa de melhoramento genético de trigo, pois sem a ajuda de cada um esse trabalho não poderia ser realizado.

À minha mãe Maria Maia dos Santos Gonçalves, fonte de inspiração e admiração, por todo apoio, incentivo, comprometimento, doação, auxílio e exemplos

que me fizeram buscar cada vez mais conhecimento.

Ao meu pai Jorge Noreto Gonçalves, por todo apoio, incentivo e contribuição, participando na fabricação de instrumentos e ajudado na retirada de solo para que eu pudesse realizar algumas análises. Por sempre me acompanhar nas correções do trabalho junto ao professor Élcio e por fazer tudo com bondade e gentileza.

À minha ilustre irmã jornalista Thaís Maia Noreto da Silva, que me auxiliou lendo, relendo e sugerindo melhorias nos textos de cada versão dos artigos enviados para meu orientador.

Ao meu cunhado Ronaldo César da Silva pelo apoio e auxilio, sempre disposto em qualquer situação.

Ao meu amigo sábio, querido e inteligente Rodrigo Periolo Odahara, por ter desenvolvido um programa especificamente para que eu pudesse realizar os inúmeros cálculos de forma eficiente, e sem o qual levaria meses para concluir.

Aos meus sinceros e verdadeiros amigos Reinaldo Prandini Ricieri, Patricia Paro, Laura Calgaro, Cristiane Paro e Bruno Martini, sempre me incentivando e tornando essa caminhada mais leve.

A querida Giovana Minosso, por ajudar nas traduções de texto para o inglês, além do apoio e incentivo ao longo de todos esses anos.

Aos coordenadores e as secretárias PPGA, de forma especial a Leila Dirlene Allievi Werlang pela atenção, comprometimento, gentileza e educação. Exemplo de eficiência na função desenvolvida.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a concretização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

NORETO, Lorena, M. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro 2018. **Temperatura mínima basal, acúmulo de graus-dia, duração do ciclo, componentes de rendimento e estimativa de produtividade para cultivares de trigo.** Orientador: Dr. Élcio Silvério Klosowski, Coorientadores: Dr. Claudio Yuji Tsutsumi e Dr. Francisco de Assis Franco.

O objetivo do presente estudo foi determinar a temperatura mínima basal, acúmulo de graus-dia e duração do ciclo, para diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento do trigo. Além de avaliar os componentes de rendimento de grãos e o modelo de estimativa de produtividade de trigo em diferentes datas e locais de semeadura. Os experimentos foram desenvolvidos a campo, nos Centros de Pesquisas da COODETEC, localizados nos municípios de Cascavel e Palotina, no Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (7 x 3). Os tratamentos foram constituídos de sete cultivares de trigo (CD 108, CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO) e três datas de semeadura para Cascavel (22/04/15, 30/04/15 e 21/05/15) e Palotina (31/03/015, 16/04/15 e 27/04/15), com três repetições. As variáveis avaliadas foram: duração dos períodos em dias para os intervalos da semeadura ao espigamento e da semeadura a maturação fisiológica, temperatura mínima basal, acúmulo de graus-dia, número espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e rendimento de grãos. A redução na temperatura do ar tende a proporcionar aumento de até 12 dias nos intervalos compreendidos entre a semeadura e o espigamento, e entre a semeadura e a maturação fisiológica, tanto para Cascavel quando para Palotina. Para os diferentes cultivares a temperatura mínima basal variou de 0℃ a 3,7℃ para o período da semeadura ao espigamento e de 5,8℃ a 14,1℃ para o período do espigamento a maturação fisiológica. As necessidades térmicas para os cultivares atingirem a fase reprodutiva (espigamento), variaram de 817 graus-dia (CD 108) a 1270 graus-dia (QUARTZO). Para o cultivar CD 108 o período da semeadura a maturação fisiológica não foi alterado em função das datas de semeadura em Cascavel. Enquanto que para os demais cultivares (CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO), ocorreu variações na duração do período da semeadura a maturação fisiológica nas diferentes datas de semeadura. O número de espigas por metro quadrado apresenta

maior contribuição para aumentar o rendimento de grãos dos cultivares avaliados. As semeaduras em 21/05/2015 em Cascavel e 16/04/2015 em Palotina resultaram em rendimento de grãos com média de 5391 kg ha^{-1} e 3409 kg ha^{-1}, respectivamente. O modelo matemático de estimativa de produtividade obteve desempenho considerado “Bom” para estimar o rendimento de grão dos cultivares CD 1440 e QUARTZO.

Palavras-chaves: *Triticum aestivum* L.; unidades calóricas; rendimento de grãos.

ABSTRACT

NORETO, Lorena, M. Western Paraná State University, February, 2018. **Base minimum temperature, growing degree-day sum, crop growth cycle duration, yield components and productivity estimates for wheat cultivars.** Advisor: Dr. Élcio Silvério Klosowski, Co-advisors: Dr. Claudio Yuji Tsutsumi and Dr. Francisco de Assis Franco.

The objective of the present study was to determine the minimum basal temperature, growing degree-day and cycle duration, for different phenological stages of wheat development. As well as evaluating the grain yield components and the wheat yield estimation model at different sowing dates and location. The experiments were carried out in the field at COODETEC Research Centers, located in the municipalities of Cascavel and Palotina, in Paraná State. The experimental design used was in randomized blocks in a factorial scheme (7 x 3). The treatments consisted of seven wheat cultivars (CD 108, CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO) and three sowing dates for Cascavel (04/22/15, 04/30/15 and 05/21/15) and Palotina (03/31/015, 04/16/15 and 04/27/15), with three repetitions. The variables evaluated were: duration of the periods in days for the intervals of the sowing to the silking and, sowing to the physiological maturation, minimum basal temperature, growing degree-day, number of ears per square meter, number of grains per spike, mass of one thousand grains and grain yield. The reduction in air temperature tends to increase up to 12 days the intervals between sowing and silking, and between sowing and physiological maturation, for both Cascavel and Palotina. For the different cultivars the minimum basal temperature varied from 0℃ to 3.7℃ for the sowing period to the silking and 5.8℃ to 14,1℃ for the silking period to the physiological maturation. The thermal requirements for the cultivars reach the reproductive stage (silking), vary from 817 degree-day (CD 108) to 1270 degree-day (QUARTZO). For cultivar CD 108, the sowing period to the 'physiological maturation was not altered according to the sowing dates in Cascavel. For the other cultivars (CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 and QUARTZO) there were variations in the sowing period to physiological maturation at different sowing dates. The number of ears per square meter has a greater contribution to increase the grain yield for the cultivars evaluated. The Sowing on 05/21/15 in Cascavel and 04/16/15 in Palotina resulted in grain yield with average of 5391 kg ha^{-1} and 3409 kg ha^{-1},

respectively. The mathematical model of productivity estimation obtained a performance considered "Good" to estimate the grain yield of cultivars CD 1440 and QUARTZO.

Key-words: *Triticum aestivum* L; heat units; grain yield.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 1
REFERÊNCIAS 4
2 ARTIGO 1. TEMPERATURA MÍNIMA BASAL, ACÚMULO DE GRAUS-DIA E DURAÇÃO DO CICLO PARA CULTIVARES DE TRIGO, EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA 6
RESUMO 6
ABSTRACT 7
2.1 INTRODUÇÃO 8
2.2 MATERIAL E MÉTODOS 9
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 12
2.4 CONCLUSÕES 24
2.5 REFERÊNCIAS 24
3 ARTIGO 2. COMPONENTES DE RENDIMENTO E ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE PARA CULTIVARES DE TRIGO, EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA 28
RESUMO 28
ABSTRACT 29
3.1 INTRODUÇÃO 30
3.2 MATERIAL E MÉTODOS 31
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 37
3.3.1 Experimento em Cascavel - PR 40
3.3.2 Experimento em Palotina - PR 44
3.4 CONCLUSÕES 49
3.5 REFERÊNCIAS 50
4 CONCLUSÕES GERAIS 53

1 INTRODUÇÃO GERAL

O gênero *Triticum* possui inúmeras espécies e subespécies, das quais fazem parte os trigos selvagens e os primitivos que originaram os cultivares utilizadas comercialmente. Evidências arqueológicas indicam o sudoeste da Ásia na região de Crescente Fértil (Iraque) como local de origem do cereal. A domesticação de trigos selvagens diplóide *Triticum monococcum* var. *boeoticum* (AA) e tetraplóide *Triticum turgidum* var. *dicoccoides* (AABB), iniciou a aproximadamente sete mil anos a.C (FORNASIERI FILHO, 2008).

O *Triticum aestivum* L. (Trigo comum hexaplóide) surgiu possivelmente pelo processo da anfidiploidia. Neste processo o cruzamento de plantas silvestres que existiram nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates, originaram uma nova espécie fértil com seis conjuntos de cromossomos (AABBDD) (BRAMMER et al., 2001).

Essa espécie de trigo é uma Poaceae anual, adaptada a ambientes com temperaturas do ar amenas apresentando considerável resistência a seca. Sua dispersão em direção aos pólos e ao Equador ocorreu tanto pela seleção natural, quanto pela criação de novos cultivares adaptados a diferentes condições ambientais. A adaptação especialmente relacionada à temperatura do ar e fotoperíodo, gerou grande variabilidade genética, permitindo o cultivo do trigo em vários países do mundo (CASTRO e KLUGE, 1999).

Para a safra 2017/1018, os maiores produtores de trigo deverão ser a União Européia, China e Índia, com produção estimada de 151, 130 e 98 milhões de toneladas de grãos, respectivamente, contribuindo para o total de 752 milhões de toneladas a serem produzidos mundialmente nesta safra (USDA, 2017). No Brasil esse cereal apresenta grande destaque econômico entre as espécies cultivadas no período de outono/inverno (MARINI et al., 2011). Importante especialmente na constituição de sistemas de produção agrícola sustentáveis. O cultivo do trigo é uma excelente alternativa para o sistema de rotação de culturas na produção de grãos, hortaliças e fibras em algumas regiões, contribuindo para manutenção e conservação do solo, além de auxiliar no manejo integrado de pragas, doenças e de plantas invasoras (MORI, 2016)

Em 2017 a produção de trigo no Brasil atingiu 4,2 milhões de toneladas, representando uma redução de 36,6% em relação à safra anterior. A região Sul foi responsável por 3,6 milhões de toneladas do total produzido, e o Estado do Paraná

apresentou produtividade média de 2308 kg ha^{-1}, com redução de 26,5% comparada a safra de 2016 (CONAB, 2018). Em 2016, Cascavel obteve produtividade média de 2710 kg ha^{-1} e Palotina de 3000 kg ha^{-1} (IBGE, 2016). A redução da produtividade em 2017 ocorreu em função de adversidades climáticas especialmente relacionadas a excesso de chuvas a geadas comprometendo a produção no Estado (CONAB, 2018). Portanto, os fatores ambientais como disponibilidade hídrica, radiação solar, fotoperíodo e temperatura do ar influenciam no crescimento e desenvolvimento do trigo. A temperatura do ar é o principal fator que restringe o avanço nos estágios fenológicos de desenvolvimento e afeta a duração de cada fase (WALTER et al. 2009).

A temperatura do ar média para a germinação e desenvolvimento foliar se situa entre 20°C a 25°C. No período de floração temperaturas do ar abaixo de -2°C provocam esterilidade das flores, ao passo que durante a maturação fisiológica temperaturas do ar inferiores a -4°C causa má formação dos grãos. Para esse período a temperatura do ar média ideal varia entre 18 a 19°C (PRELA-PANTANO et al., 2005). Assim como temperaturas do ar muito baixas comprometem o desenvolvimento da cultura, o estresse causado por altas temperaturas pode reduzir a fotossíntese quando a temperatura da folha for superior a 29°C, limitando a produção de novos fotossintatos (FORNASIERI FILHO, 2008). Temperatura do ar acima de 30°C causa redução do ciclo total, número de grãos por espiga, peso médio dos grãos e do índice de área foliar, diminuindo a estatura da planta e a produção de biomassa em trigo (RIBEIRO et al. 2012).

Outro fator importante relacionado à elevação da temperatura do ar é o aumento a evapotranspiração da cultura, correspondendo a perda de água para a atmosfera mediante a transpiração das plantas e a evaporação do solo e da vegetação úmida. Altas temperaturas do ar implicam em perda de água mais acentuada da cultura, além de diminuir a umidade relativa do ar causando o ressecamento das flores reduzindo o período fértil, prejudicando o rendimento de grãos (RODRIGUES e RIPPEL, 2013).

Uma forma de analisar o efeito da temperatura do ar sob o crescimento e desenvolvimento vegetal é o sistema de unidades térmicas, ou graus-dia. As unidades térmicas traduzem a energia disponível para a planta realizar mudanças das fases fenológicas de desenvolvimento no trigo. O somatório térmico somente será contabilizado acima de um valor mínimo e abaixo de um valor máximo, variando

ao longo do desenvolvimento do trigo, sendo denominado de temperatura basal de crescimento (SOUZA et al., 2009).

A temperatura mínima basal refere-se ao valor mínimo de temperatura do ar limitante para o crescimento e desenvolvimento do trigo. Segundo Rodrigues et al. (2001), para os subperíodos de desenvolvimento do trigo a temperatura inferior de crescimento é 2,1°C (semeadura a emergência), 4,8°C (emergência ao duplo anel), 0,9°C (duplo anel a espigueta terminal), 8,4°C (espigueta terminal a antese) e 8,0°C (antese a maturação fisiológica). As unidades calóricas são importantes especialmente para indicar as necessidades térmicas para o trigo passar da fase vegetativa para reprodutiva (espigamento, florescimento e a formação de grãos) responsáveis pela produtividade final da cultura.

A produtividade de grãos depende de fatores genéticos e ambientais, além da interação entre ambos. A interação resulta em diferenças no desempenho agronômico dos cultivares de trigo em distintas condições edafoclimáticas (SILVA et al., 2011). Esse desempenho pode ser verificado através dos componentes de rendimento de grãos como: número de espigas por planta, número de espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, entre outros, que podem se correlacionar de forma positiva ou negativa com a produtividade final do trigo, gerando informações sobre a produtividade potencial dos cultivares (SILVA et al., 2005).

A produtividade potencial também pode ser estimada por meio de modelos matemáticos utilizando informações do ambiente como temperatura do ar, radiação solar, fotoperíodo, insolação e precipitação pluvial, permitindo uma previsão da produtividade de diferentes cultivares. O desempenho do modelo de estimativa de produtividade pode ser verificado comparando a produtividade estimada com a obtida a campo pelo índice “c” proposto por Camargo e Sentelhas (1997), utilizando índices de precisão “r” (coeficiente de correlação) e de exatidão “d” proposto por Willmott (1981), auxiliando no planejamento de produção em diferentes regiões.

Para cada região de cultivo é importante obter o conhecimento das tecnologias de produção adequadas a fim de garantir a qualidade final do produto, melhores rendimentos de grãos e retorno econômico aos produtores de trigo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a temperatura mínima basal, acúmulo de graus-dia e a duração do ciclo para diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento do trigo. Além de avaliar os componentes de rendimento de grãos

e o modelo de estimativa de produtividade de trigo em diferentes datas de semeadura nos Municípios de Cascavel – PR e Palotina - PR.

REFERÊNCIAS

BRAMER, S.P.; MARTINELLI, P.; MORAES-FERNANDES, M.I.B de.; PRESTES, A.M.; ANGRA, D.C. **A potencialidade de *Agropyron*, espécie afim ao trigo cultivado, como fonte de introgressão de genes agronomicamente importantes.** Documento online, n.8, 2001. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do08.pdf. Acesso em: 20 de fevereiro de 2018.

CAMARGO, Â.P de.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89–97, 1997.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2016/2017**, v.5, n.4, Brasília, DF: CONAB, 2018. 132p.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal – PAM**. 2016. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados. Acesso em: 22 de julho de 2018.

MARINI, N.; TUNES, L.M.; SILVA, J.I.; MORAES, D.M de. Efeito do fungicida Carboxim Tiram na qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p.17-22, 2011.

MORI, C de. ANTUNES, J.M.; FAÉ, G.S.; ACOSTA, A da S. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1 ed. Editores técnicos. Brasília, 2016. 309p.

PRELA-PANTANO, A.; PEREIRA, A.R.; CARAMORI, P.H. Influência dos fenômenos El Niño/La Niña na produtividade de trigo no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.13, n.2, p.341-342, 2005.

RIBEIRO, G.; PIMENTE, A.J.B.; SOUZA, M.A de S; ROCHA, J.R do A.S de C.; FONSECA, W.B da. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. **Revista Brasileira de Agrociência***,* Pelotas, v.18, n.2-4, p.133–142, 2012.

RODRIGUES, K.F.; RIPPEL, R. Crescimento Econômico e Recursos Hídricos: um

estudo da agropecuária na Bacia do Paraná III. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v.34, n.125, p.191-212, 2013.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; ROMAN, E.S**. Modelo para previsão de estádios de desenvolvimento em trigo.** 2001. Circular técnica online, n.5. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_ci05.htm>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

SILVA, R. R.; BENIN, G.; SILVA, G.O da.S; MARCHIORO, V. S.; ALMEIDA, J.L de.; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira***,* Brasília, v.46, n.11, p.1439-1447, 2011.

SILVA, S.A.; CARVALHO, F.I.F de.; NEDEL, J.L.; CRUZ, P.J.; SILVA, J.A.G da.; CAETANO, V.R.; HARTWIG, I.; SOUSA, C.S da. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. **Bragantia**, Campina, v.64, n.2, p.191-196, 2005.

SOUZA, A.P de.; SILVA, A.C da.; LEONEL, S.; ESCOBEDO, J.F. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.314-322, 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **World wheat production.** Foreign agricultural service, 2017. Disponível em: https://www.fas.usda.gov/search/wheat. Acesso em: 19 de fevereiro de 2018.

WALTER, L.C.; STRECK, N.A.; ROSA H.T.; ALBERTO, C.M.; OLIVEIRA, F.B. de. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cultivares de trigo e sua associação com a emissão de folhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2320-2326, 2009.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981.

2 ARTIGO 1. TEMPERATURA MÍNIMA BASAL, ACÚMULO DE GRAUS-DIA E DURAÇÃO DO CICLO PARA CULTIVARES DE TRIGO, EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a duração do período da semeadura ao espigamento e da semeadura a maturação fisiológica, temperaturas mínima basal e acúmulo de graus-dia para os períodos da semeadura ao espigamento e do espigamento a maturação fisiológica, para cultivares de trigo semeados em diferentes datas. Os experimentos foram desenvolvidos a campo, nos Centros de Pesquisas da COODETEC, localizados nos municípios de Cascavel e Palotina, no Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (7 x 3). Os tratamentos foram constituídos de sete cultivares de trigo (CD 108, CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO) e três datas de semeadura para Cascavel (22/04/15, 30/04/15 e 21/05/15) e Palotina (31/03/015, 16/04/15 e 27/04/15), com três repetições. A redução na temperatura do ar tende a proporcionar aumento de até 12 dias nos intervalos compreendidos entre a semeadura e o espigamento e a semeadura a maturação fisiológica, tanto para Cascavel quando para Palotina. Para os diferentes cultivares a temperatura mínima basal variou de 0℃ a 3,7℃ para o período da semeadura ao espigamento e de 5,8℃ a 14,1℃ para o período do espigamento a maturação fisiológica. As necessidades térmicas para os cultivares atingirem a fase reprodutiva (espigamento), variou de 817 graus-dia (CD 108) a 1270 graus-dia (QUARTZO). Para o cultivar CD 108 o período da semeadura a maturação fisiológica não foi alterado em função das datas de semeadura em Cascavel. Enquanto que para os demais cultivares (CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO) ocorreu variações na duração do período da semeadura a maturação fisiológica nas diferentes datas de semeadura.

Palavras-chaves: *Triticum aestivum* L., espigamento, soma térmica.

BASE MINIMUM TEMPERATURE, GROWING DEGREE-DAY SUM AND CROP GROWTH CYCLE DURATION FOR WHEAT CULTIVARS AT DIFFERENT SOWING TIMES

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the duration of the sowing period to the silking and sowing to the physiological maturation, minimum basal temperatures and growing degrees-day for the sowing period to the silking, and silking to the physiological maturity, for cultivars of wheat sown at different dates. The experiments were carried out in the field at COODETEC Research Centers, located in the municipalities of Cascavel and Palotina, in Paraná State. The experimental design used was in randomized blocks in a factorial scheme (7 x 3). The treatments consisted of seven wheat cultivars (CD 108, CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO) and three sowing dates for Cascavel (04/22/15, 04/30/15 and 05/21/15) and Palotina (03/31/015, 04/16/15 and 04/27/15), with three repetitions. The reduction in air temperature tends to increase up to 12 days the intervals between sowing and silking, and between sowing and physiological maturation, for both Cascavel and Palotina. For the different cultivars the minimum basal temperature varied from 0℃ to 3.7℃ for the sowing period to the silking and 5.8℃ to 14,1℃ for the silking period to the physiological maturation. The thermal requirements for the cultivars reach the reproductive stage (silking), vary from 817 degree-day (CD 108) to 1270 degree-day (QUARTZO). For cultivar CD 108, the sowing period to the physiological maturation was not altered according to the sowing dates in Cascavel. For the other cultivars (CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 and QUARTZO) there were variations in the sowing period to physiological maturation at different sowing dates.

Key words: *Triticum aestivum* L., silking, thermal sum.

2.1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um cereal cultivado e consumido em diversos locais do globo terrestre, sendo apreciado por varias culturas pelas inúmeras formas de utilização dos seus derivados. Esse cereal possui genótipos que apresentam grande variabilidade genética, portanto para obter uma produção de forma a gerar lucro ao triticultor é importante que os diferentes cultivares sejam caracterizados quanto aos seus estádios de desenvolvimento e ciclos (ROSA et al., 2009). A caracterização dos cultivares auxilia na definição de práticas de manejo mais adequadas para o bom desenvolvimento da cultura a campo, além de possibilitar a seleção de genótipos apropriados para diferentes regiões edafoclimáticas de produção (WALTER et al., 2009).

A ocorrência da interação entre genótipo e ambiente (G×A) dificulta a seleção de cultivares adaptados, estáveis e com características agronômicas adequadas para as diversas regiões tritícolas do Brasil (SILVA et al., 2015). O comportamento da cultura ao longo do ciclo, em resposta a distintas épocas e locais de cultivo, evidencia esta interação do genótipo com o ambiente. O ambiente, portanto, tem influencia sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas e é resultado de componentes biofísicos como solo, água, temperatura do ar, dentre outros. (SILVA et al., 2011).

O efeito da temperatura do ar sobre o crescimento e desenvolvimento do trigo relaciona a temperatura basal (Tb) e acúmulo de graus-dia para os diferentes subperíodos de desenvolvimento da planta (SOUZA e MARTINS, 2014). A temperatura basal refere-se ao limite mínimo e máximo de temperatura do ar que pode reduzir ou paralisar o crescimento e desenvolvimento do trigo. Temperatura do ar acima da Tb inferior e abaixo da Tb superior implica em acúmulo de graus-dia, que se correlaciona com a duração do ciclo da cultura ou com os estádios fenológicos (MEDEIROS et al., 2000).

Desta forma, a determinação da temperatura mínima basal e do acúmulo de graus-dia é importante como referência na escolha de cultivares, na definição de épocas e locais de cultivo, na simulação do desenvolvimento e na estimativa de duração do ciclo das plantas (LUZ et al., 2012). O trigo apresenta diferentes valores de temperaturas basais e somas térmicas entre cultivares e para os diferentes períodos de desenvolvimento. Portanto, considerar o emprego de uma única

temperatura mínima basal para previsão de todo o ciclo fenológico de cultivares de trigo pode resultar em previsões não precisas (RODRIGUES et al., 2001b).

Uma alternativa para evitar os erros de previsão seria a utilização de distintos valores de temperaturas mínima basal para os períodos da semeadura ao espigamento e do espigamento à maturação fisiológica. Entretanto, existem poucos trabalhos relacionados aos valores de temperatura basal e acúmulo de graus-dia para cultivares de trigo adaptados as condições brasileiras de cultivo.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi determinar a duração do período da semeadura ao espigamento e do espigamento a maturação fisiológica, temperaturas mínima basal e acúmulo de graus-dia nestes períodos, para cultivares de trigo semeados em diferentes datas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos a campo, nos Centros de Pesquisas da COODETEC, localizados em dois locais representativos cultivo de trigo, sendo Cascavel (Região 2: moderadamente quente, úmida e baixa altitude) e Palotina (Região 3: quente, moderadamente seca e baixa altitude), no Estado do Paraná. O município de Cascavel situa-se a 24º 56’ 36” latitude sul e 53º 32’ 15” de longitude oeste, a 700 metros de altitude. Palotina está situada a latitude 24º 18' S, longitude 53º 55’ W, a 310 metros de altitude.

O clima dos municípios de acordo com a classificação proposta por Köppen é mesotérmico subtropical úmido (Cfa), caracterizado por temperatura média do ar do mês mais frio compreendida entre -3 e 18℃ e temperatura média do ar do mês mais quente maior que 22℃ (ALVARES et al., 2013). Os totais de chuvas e a temperatura média do ar entre os meses de março a outubro em Cascavel é de 1234,8 mm e 18,1℃, respectivamente. Em Palotina, para o mesmo período a temperatura média do ar é de 19,6℃ apresentando totais de chuvas de 978,8 mm, de acordo com médias históricas fornecidas pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2017). Os dados metrológicos de temperaturas média, mínima e máxima absoluta do ar, bem como totais de chuvas foram disponibilizados pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) para Cascavel e Palotina em 2015 (Figura 1).

Nas áreas experimentais têm-se utilizado um sistema de rotação de culturas desde o ano de 1997. As culturas que antecederam o trigo foram nabo forrageiro no

inverno e soja no verão. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (7 x 3), constituídos de sete cultivares de trigo e três datas de semeadura (Tabela 2), com três repetições para cada local. As parcelas foram constituídas de seis linhas espaçadas de 0,17 m e com 5 m de comprimento.

O solo de Cascavel é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico e como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico, em Palotina (SANTOS et al., 2013). As análises químicas dos solos de Cascavel e Palotina estão apresentadas na Tabela 1. A adubação de base foi realizada com 300 kg ha^{-1} do adubo formulado 8-30-20 (NPK). Para a adubação de cobertura foi utilizado 100 kg ha^{-1} de uréia, aplicados no início da fase do afilhamento.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm de profundidade em Cascavel – PR e Palotina – PR, na safra 2015.

Local	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	M.O	pH
	mg dm^3	----------	----------	$cmol_c$ dm^{-3}	----------	----------	----------	%	dag kg^{-1}	$CaCl_2$
Cascavel	14,11	0,32	4,20	2,16	0,09	3,75	6,45	64,11	4,14	5,1
Palotina	22,20	0,76	5,51	2,04	0,00	5,35	7,50	60,55	2,30	5,3

Fonte: Laboratório de solos COODETEC.

Antes da semeadura as sementes foram tratadas com Triadimenol (0,5 mg kg^{-1}) + Imidacloprid (0,48 g kg^{-1}). Para instalação dos experimentos foi utilizado sistema de semeadura direta, realizado mecanicamente. As sementes apresentaram germinação média de 94%, de acordo com testes realizados no Laboratório de sementes da COODETEC. A densidade de semeadura utilizada foi de 360 sementes viáveis por metro quadrado para todos os cultivares. As datas de semeadura apresentadas na Tabela 2 para cada local foram transformadas em dias acumulados do ano (DAA), por meio da contagem dos dias do ano de forma seqüencial a partir de primeiro de janeiro.

Tabela 2 - Datas da semeadura em dias acumulados do ano, para Cascavel e Palotina, na safra 2015.

Local	Dias acumulados do ano (DAA)	Data de semeadura
Cascavel	112	22/04/2015
	120	30/04/2015
	141	21/05/2015
Palotina	90	31/03/2015
	106	16/04/2015
	117	27/04/2015

Para o experimento foram utilizados cultivares de ciclo superprecoce (CD 108), precoce (CD 150) e médio (CD 154, CD 1104, CD 1550, CD 1440 e QUARTZO), cujos ciclos têm duração média da emergência ao espigamento de até 69 dias (superprecoce e precoce) e de 69 a 84 dias (médio).

O controle de dicotiledôneas foi realizado com Metsulfurom metílico (4 g ha^{-1}) com aplicação de 200 L de calda ha^{-1} e de poaceas anuais, principalmente aveia e azevém com Clodinafope-propargil (200 mL ha^{-1}) com aplicação de 50 L de calda ha^{-1}. Para controle da lagarta do trigo e lagarta do cartucho (*Pseudaletia adultera* e *Spodoptera frugiperda)* o Lufenurom (0,1 L ha^{-1}) com aplicação de 100 L de calda ha^{-1}. O controle de doenças fúngicas (mancha marron, mancha amarela e mancha da gluma) causadas pelos fungos *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera spp*. e *Stagonospora nodorum* foi realizado em três aplicações. A primeira no início da elongação, a segunda no espigamento pleno e a terceira no enchimento de grãos. Todas as aplicações foram realizadas com Estrobirulina + Triazol (750 mL ha^{-1}) aplicando 200 L de calda ha^{-1}, conforme recomendações técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (CBPTT, 2016).

A data do espigamento foi estipulada quando 50% das espigas se apresentavam fora da bainha da folha bandeira. O tempo em dias da semeadura até esta data definiu o período semeadura ao espigamento (S-E). A data de maturação fisiológica foi estipulada quando 50% das plantas se encontravam com grãos duros possibilitando a colheita. O tempo em dias da semeadura até esta data definiu o período semeadura à maturação fisiológica (S-MF) ou ciclo total. Os estádios de desenvolvimento tiveram como referência a escala de desenvolvimento de Feekes-Large (LARGE, 1954).

Para determinar os valores de graus-dia e temperatura mínima basal foram utilizados dados de temperatura do ar para as duas localidades, observados nas estações meteorológicas de observação de superfície automática do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), para a safra agrícola de 2015. Os graus-dia acumulados (GD) foram determinados por meio da seguinte equação utilizada por Oliveira et al. (2011).

$$GD = \sum_{i=1}^{n} (Ti - Tb) \qquad (1)$$

Em que: Ti= temperatura do ar média diária (℃), Tb= temperatura mínima basal (℃) e n= número de dias do período considerado.

A temperatura mínima basal (Tb) foi estimada pelo método do menor desvio-padrão. Para determinação da temperatura mínima basal de cada cultivar de trigo foi utilizada a duração dos períodos descritos acima tendo agrupado locais e datas de semeadura. Para calcular o desvio-padrão (Sdd) em graus-dia foram utilizados valores de temperatura basal, variando de 0 a 15℃, com intervalos de 0,1℃. O valor da temperatura mínima basal para determinado cultivar corresponde ao valor da temperatura para o qual se obteve o menor valor do desvio-padrão em dias (Sd). A equação pode ser representada de acordo com Souza e Martins (2014), por:

$$Sd = Sdd \,/\, (Xt - Tb) \qquad (2)$$

Em que: Sd = desvio-padrão em dias; Sdd = desvio-padrão em graus-dia utilizando uma série de Tb; Xt = temperatura média do ar (ºC) para os períodos da semeadura ao espigamento e espigamento a maturação fisiológica, para seis datas de semeadura; Tb= temperatura mínima basal (ºC) estabelecida previamente.

Os dados referentes a duração dos períodos em dias para os intervalos da semeadura ao espigamento e da semeadura a maturação fisiológica foram analisados separadamente para cada localidade e submetidos à análise de variância. Os desdobramentos necessários foram realizados a partir da verificação da interação significativa entre cultivares e datas de semeadura. A duração dos períodos (S-E e S-MF), em função das datas de semeadura, foi verificada utilizando analise de regressão a 5% de probabilidade para cada cultivar. Para o acúmulo de graus-dia, os cultivares foram testados segundo o teste de médias de Tukey ($p<0,05$), utilizando dados dos dois locais (Cascavel e Palotina). O processamento de dados e a análise estatística foram realizados com o uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cultivares foram submetido a distintas condições de ambiente,

especialmente relacionada a temperatura do ar, proporcionada pelas diferentes datas e locais de cultivo. As variações nas datas de semeadura destes municípios (Cascavel e Palotina) representativos de duas regiões tritícolas do Estado do Paraná (Região 2 e 3), contribuíram para gerar informações consistentes quanto a duração do ciclo total, temperatura mínima basal e acúmulo de graus-dia para os cultivares, em razão das distintas datas de semeadura serem representativas de efeito de variações de anos. Os valores médio, mínimos e máximos absolutos de temperatura do ar e totais de chuvas em Cascavel e Palotina, representados por médias decendiais, se encontram na Figura 1.

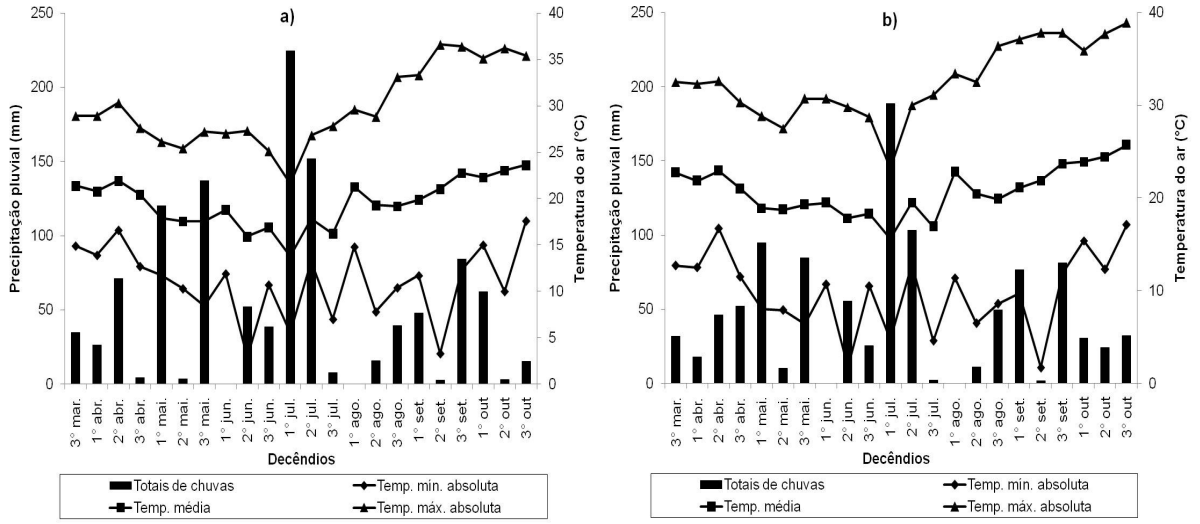

Figura 1 – Valores em decêndios de totais de chuvas, temperaturas médias, mínimas e máximas absolutas do ar (°C), nos meses de Março a Outubro, no ano de 2015 em Cascavel (a) e Palotina (b).

Na Figura 1 verifica-se que a temperatura do ar mínima absoluta registrada para Cascavel foi de 2,9°C (segundo decêndio de junho) e a temperatura do ar máxima absoluta foi de 36,6°C no segundo decêndio de setembro (Figura 1a). Para Palotina o valor de temperatura do ar mínima absoluta ocorreu no segundo decêndio de junho e de setembro (1,7°C). A temperatura do ar máxima absoluta foi de 38,9°C observada no terceiro decêndio de outubro em Palotina (Figura 1b). Os valores de temperatura média do ar para o primeiro decêndio de julho foi de 13,8°C em Cascavel (Figura 1a) e 15,6°C em Palotina (Figura 1b).

Os valores de totais de chuvas variaram de 0mm (primeiro decêndio de agosto) a 224,6 mm (primeiro decêndio de julho) em Cascavel e de 0 mm (primeiro decêndio de junho e agosto) a 188 mm, em Palotina, Figuras 1a e 1b,

respectivamente. Maiores precipitações pluviais no 1° e 2° decêndio de julho (Figura 1a e 1b), coincidem com o início do espigamento para as semeaduras realizadas em 21/05/15 em Cascavel e 27/04/15 em Palotina. Essa condição pode ser prejudicial à cultura pela redução da fotossíntese em função da presença de nuvens, reduzindo a incidência de radiação solar na cultura durante o período reprodutivo.

Os valores de deficiência hídrica foram determinados de acordo com o balanço hídrico seqüencial baseando-se na metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955) e variaram a partir da data de semeadura até o espigamento de 31,2mm (semeadura em 22/04/15) a 111,9 mm (semeadura em 21/05/15) e 1,5 mm (semeadura em 21/05/15) a 34,8 mm (semeadura em 30/04/15), para o período do espigamento a maturação fisiológica, em Cascavel. Para Palotina a deficiência hídrica verificada variou de 7,2 mm (semeadura em 31/03/15) a 42,8 mm (semeadura em 27/04/15) a partir da semeadura até o espigamento e para o período do espigamento a maturação fisiológica de 0,1 mm (semeadura em 31/03/15) a 18,9 mm (27/04/15).

O fotoperíodo foi estimado em função da latitude e da declinação solar para o período compreendido entre o terceiro decêndio de março ao terceiro decêndio de outubro. Em Cascavel o decréscimo de horas de brilho solar ocorreu a partir do terceiro decêndio de março (11,9 horas) reduzindo para 10,5 horas do primeiro decêndio de junho ao primeiro decêndio de julho, atingindo 12,8 horas no terceiro decêndio de outubro. Valores próximos a esses foram obtidos também para Palotina em que o fotoperíodo variou de 10,5 horas, do segundo decêndio de junho ao primeiro decêndio de julho, a 12,7 horas de brilho solar no terceiro decêndio de outubro.

Na Tabela 3 foram apresentados os valores de temperatura mínima basal e acúmulo médio de graus-dia, para os períodos da semeadura ao espigamento e do espigamento a maturação fisiológica, agrupando os dados de dois locais (Cascavel e Palotina) e seis datas de semeadura (Tabela 2).

Para os cultivares CD 108 e CD 1550, verificou-se que a Tb para o período da S-E foi de 3,7°C e 2,6°C, respectivamente (Tabela 3). Maiores valores de Tb observados para esses cultivares, estão associados às características genéticas destes cultivares, refletindo adaptação à temperatura do ar maior que 0°C, durante as primeiras fases de desenvolvimento da cultura (SLAFER e SAVIN, 1991). Valores próximos a esses foram relatados por Rodrigues et al. (2001a), ao determinarem as

temperaturas basais inferiores para os diferentes subperíodos de desenvolvimento da cultura do trigo, obtendo média de 4,05°C para o período da semeadura a antese.

Para os cultivares CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154 e QUARTZO, para as quais a Tb foi 0°C, se observa adaptação à temperaturas do ar menores no período da S-E, que as encontradas para CD 108 e CD 1550 (Tabela 3). Esse valor corrobora com os utilizados por Rosa et al. (2009) que obtiveram valores de coeficiente de determinação acima de 0,95 ao empregar a soma térmica utilizando Tb = 0°C, para estimar o número de folhas completamente expandidas em cultivares de trigo.

Tabela 3 – Valores de temperatura mínima basal (Tb), soma térmica (ST) e desvio padrão em relação à média (DP), para os períodos da semeadura ao espigamento (S-E), e do espigamento a maturação fisiológica (E-MF), para cultivares de trigo, em Cascavel e Palotina na safra 2015.

Cultivar	S-E			E-MF			Ciclo total	
	Tb (°C)	ST (°Dia)		Tb (°C)	ST (°Dia)		ST (°Dia)	
		Média	DP		Média	DP	Média	DP
CD 108	3,7	817 g	± 30	5,8	707 a	± 57	1524 d	± 51
CD 1104	0,0	1252 b	± 39	14,1	244 f	± 15	1496 e	± 35
CD 1440	0,0	1216 c	± 31	11,2	420 d	± 18	1636 c	± 27
CD 150	0,0	1145 e	± 58	7,4	609 c	± 24	1754 b	± 60
CD 154	0,0	1179 d	± 50	12,1	347 e	± 22	1526 d	± 37
CD 1550	2,6	992 f	± 36	11,4	411 d	± 21	1403 f	± 33
QUARTZO	0,0	1270 a	± 39	7,5	650 b	± 49	1920 a	± 36
Média		1124			484		1608	
CV (%)		1,07			2,03		0,72	

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Com relação ao período do E-MF, verificou-se maiores valores de Tb para os cultivares avaliados, variando de 5,8°C (CD 108) a 14,1°C (CD 1104). A temperatura base dos vegetais normalmente apresenta diferença entre espécies e cultivares da mesma espécie, podendo também apresentar variação em função dos subperíodos de desenvolvimento da cultura (SOUZA e MARTINS, 2014).

Por esse motivo, a diferença de 8,3°C verificada nos valores de Tb entre os cultivares para o período da S-E (Tabela 3), era esperada. Uma vez que a existência da variabilidade genética entre cultivares de trigo foi evidenciada por Vesohoski et al. (2011), ao também avaliarem os cultivares CD 108 e CD 150, dentre outros, em Palotina. Valores próximos aos obtidos neste trabalho foram relatados por Rodrigues

et al. (2001a), por terem trabalhado com cultivares apresentando ciclos similares. Os autores obtiveram Tb média de 8,0℃ para os cultivares BR 23 e BR 35, para o período da E-MF. Apesar de terem sido avaliados no município representativo da Região 1 de adaptação de cultivo de trigo no RS. Esses valores de Tb contribuíram para reforçar as Tb obtidas nas Regiões 2 e 3 avaliadas no presente estudo.

Contudo, para o período do espigamento a maturação fisiológica, há menor acúmulo de graus-dia em relação ao período da semeadura ao espigamento. Neste período, o valor de Tb para todos os cultivares de trigo foi maior. Especialmente para CD 108 e CD 1104, para os quais a diferença foi de 2,1 e 14,1℃, respectivamente, em relação à Tb do período da S-E. Esse aumento no valor de Tb para o período do E-MF, pode ser explicado pela elevação da atividade metabólica durante o enchimento de grãos (SALAZAR-GUTIERREZ et al., 2013). Desse modo, fica evidenciado que a soma térmica no período da S-E apresenta maior contribuição para o ciclo total dos cultivares avaliados, em que o acúmulo de graus-dia nesse período fará com que ocorra a mudança da fase vegetativa para a fase reprodutiva para os diferentes cultivares de trigo, como pode ser observado na Tabela 3.

Para os cultivares CD 108, CD 150 e QUARTZO, a contribuição dos subperíodos de desenvolvimento para o ciclo total apresentou menor efeito no período da S-E, comparado os demais cultivares. O cultivar CD 108 apresentou soma térmica similar para os períodos da S-E (817 graus-dia) e do E-MF (707 graus-dia), explicado pela Tb nas duas fases de desenvolvimento terem atingido valores próximos (3,7℃ e 5,8℃, respectivamente) (Tabela 3). Este cultivar apresenta, portanto, necessidade térmica semelhante para os períodos de desenvolvimento. Com contribuição da soma térmica para o ciclo total de 53,6% no período da S-E e de 46,4% do E-MF.

Do mesmo modo, para os cultivares CD 150 e QUARTZO, para as quais a Tb no período da S-E foi de 0℃, menores valores de Tb foram encontrados para o período do E-MF de 7,4℃ (CD 150) e 7,5℃ (QUARTZO) em relação os demais cultivares. A contribuição da soma térmica do período da S-E para o ciclo total foi de 65,5 e 66,1%, respectivamente. Menores valores de Tb no período do E-MF indicam menor sensibilidade a redução da temperatura do ar nesse período. Por consequência, a soma térmica dos cultivares CD 108 (707 graus-dia), CD150 (609 graus-dia) e QUARTZO (650 graus-dia) no período do E-MF é maior em relação aos demais.

Os cultivares CD 1104, CD 1440, CD 154 e CD 1550, apresentaram contribuição da soma térmica do período da S-E para o ciclo total, que variou de 70,7% (CD 1550) a 83,7% (CD 1104). A menor necessidade térmica para o período do E-MF, se deve a Tb que variou de 11,2°C (CD 1440) a 14,1°C (CD 1104).

Especialmente para o cultivar CD 1104, valores mínimos de temperaturas do ar abaixo de 14,1°C, verificados nos meses Junho e Julho (Figura 1), pode ter contribuído para aumentar o período do ciclo total. Este cultivar apresentou soma térmica de 1496 graus-dia (ciclo total). O maior número de dias para o período da S-MF foi verificado especialmente nas semeaduras em 22/04/15 (DA 112) e 31/03/15 (DA 90), em Cascavel e Palotina, respectivamente (Figuras 2 e 3).

Os valores obtidos de temperatura mínima basal e soma térmica (Tabela 3), possibilitam determinar as exigências bioclimáticas dos vegetais em cada fase de desenvolvimento (SOUZA e MARTINS, 2014), permitindo, por exemplo, determinar a necessidade térmica para que o trigo atinja a fase reprodutiva podendo evitar períodos que passam prejudicar o desenvolvimento da cultura.

Entretanto, empregar a soma térmica para representar o tempo biológico dos vegetais considerando determinados intervalos, e não valores pontuais, pode apresentar maior aplicabilidade e reduzir erros de previsões, uma vez que neste estudo, para um mesmo cultivar e estádio de desenvolvimento, foram observadas variações nos valores de acúmulo de graus-dia, nas diferentes datas e locais de cultivo. Esse fato não deveria ocorrer, uma vez que a necessidade térmica do cultivar é determinada por um ou mais fatores genéticos e não pela condição de ambiente.

A existência de variações nos valores de soma térmica para o mesmo cultivar em diferentes datas de semeadura, foi observada por Walter et al. (2009). O cultivar "Nova Era" chegou a apresentar para o ciclo total diferença de ± 418,8 graus-dia entre as datas de semeadura. Para o mesmo período, Ribeiro et al. (2009) relataram diferenças de até 590 graus-dia para o cultivar BRS 207, entre as datas de semeadura.

As diferenças de acúmulo de graus-dia para o mesmo cultivar verificadas entre datas e locais de cultivo, representadas na Tabela 3 pelo desvio padrão em relação à média, podem estar relacionadas a deficiência hídrica verificada durante o ciclo da cultura. O déficit hídrico intensifica a ação da temperatura do ar sobre os processos fisiológicos vegetal, resultando em diferenças nos valores de soma

térmica para o mesmo cultivar por alterar a duração dos períodos de desenvolvimento dos cultivares (Figuras 2 e 3).

Com relação ao acúmulo de graus-dia entre os cultivares, verificou-se diferença significativa para os períodos da semeadura ao espigamento e do espigamento a maturação fisiológica, segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, como pode ser observado na Tabela 3.

De acordo com o conceito de soma térmica representado pela Equação 1, as diferenças observadas para o acúmulo de graus-dia entre os cultivares estão relacionadas as características genéticas de cada cultivar, distintos valores de temperatura mínima basal (Tabela 3) e variações na temperatura do ar durante o desenvolvimento da cultura (Figura 1) e no número de dias dos períodos avaliados (Figuras 2 e 3). A ação destes fatores de forma isolada ou em conjunto, resultou em diferenças no acúmulo de graus-dia entre os cultivares, para os diferentes períodos de desenvolvimento do trigo.

Apesar de verificada maior sensibilidade a redução da temperatura do ar no período da S-E (Tb = 3,7℃), o cultivar CD 108 necessitou acumular 817 graus-dia para passar da fase vegetativa para a fase reprodutiva. Por outro lado, o cultivar QUARTZO necessitou de 1270 graus-dia para atingir o espigamento, indicando maior necessidade térmica desse cultivar para esse período (Tabela 3).

Com relação ao ciclo total a menor soma térmica foi encontrada para o cultivar CD 1550. A temperatura basal deste cultivar foi de 2,6℃ (S-E) e 11,4℃ (E-MF), resultando em menor acúmulo de graus-dia (1403), em relação aos demais. O cultivar QUARTZO apresentou maior acúmulo de graus-dia (1920) e número de dias da S-MF, com média de 127 dias para as duas localidades (Cascavel e Palotina), para valores de Tb 0℃ (S-E) e 7,5℃ (E-MF). Esses resultados corroboram com os relatados por Noreto et al. (2015), ao determinarem a soma térmica para 13 cultivares de trigo, em que o acúmulo médio de graus-dia foi de 1487 durante o ciclo.

Quanto à duração em dias dos períodos da semeadura ao espigamento (S-E) e da semeadura a maturação fisiológica (S-MF), tanto para Cascavel quanto para Palotina a interação cultivares x épocas de semeadura mostrou efeito significativo ($P<0,05$) para análise de regressão, como se observa nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

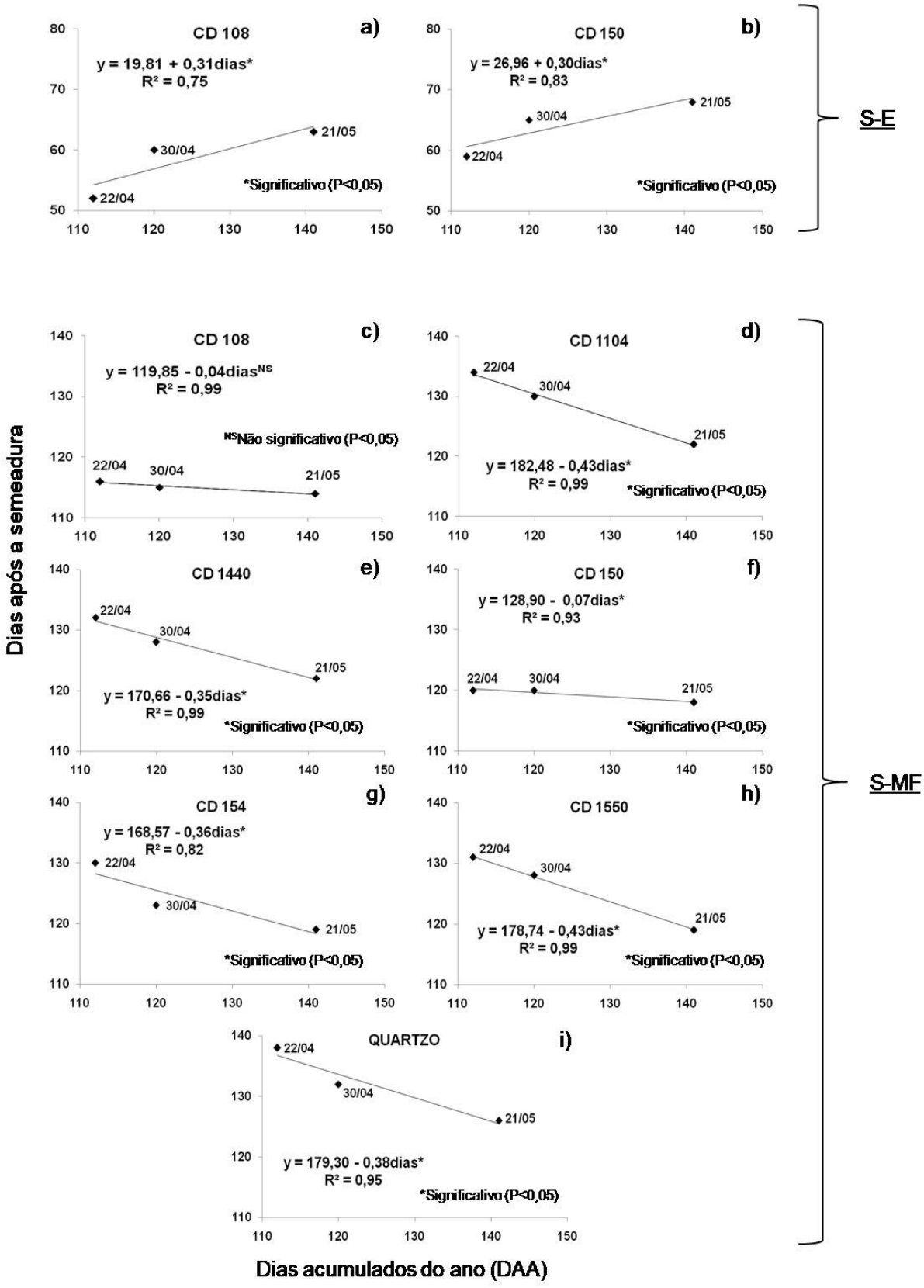

Figura 2 - Número de dias transcorridos da semeadura ao espigamento: a (CD 108) e b (CD 150) e da semeadura a maturação fisiológica: c (CD 108), d (CD 1104), e (CD 1440), f (CD 150), g (CD 154), h (CD 1550) e i (QUARTZO), para cultivares de trigo em função das datas de semeadura, em Cascavel na safra 2015.

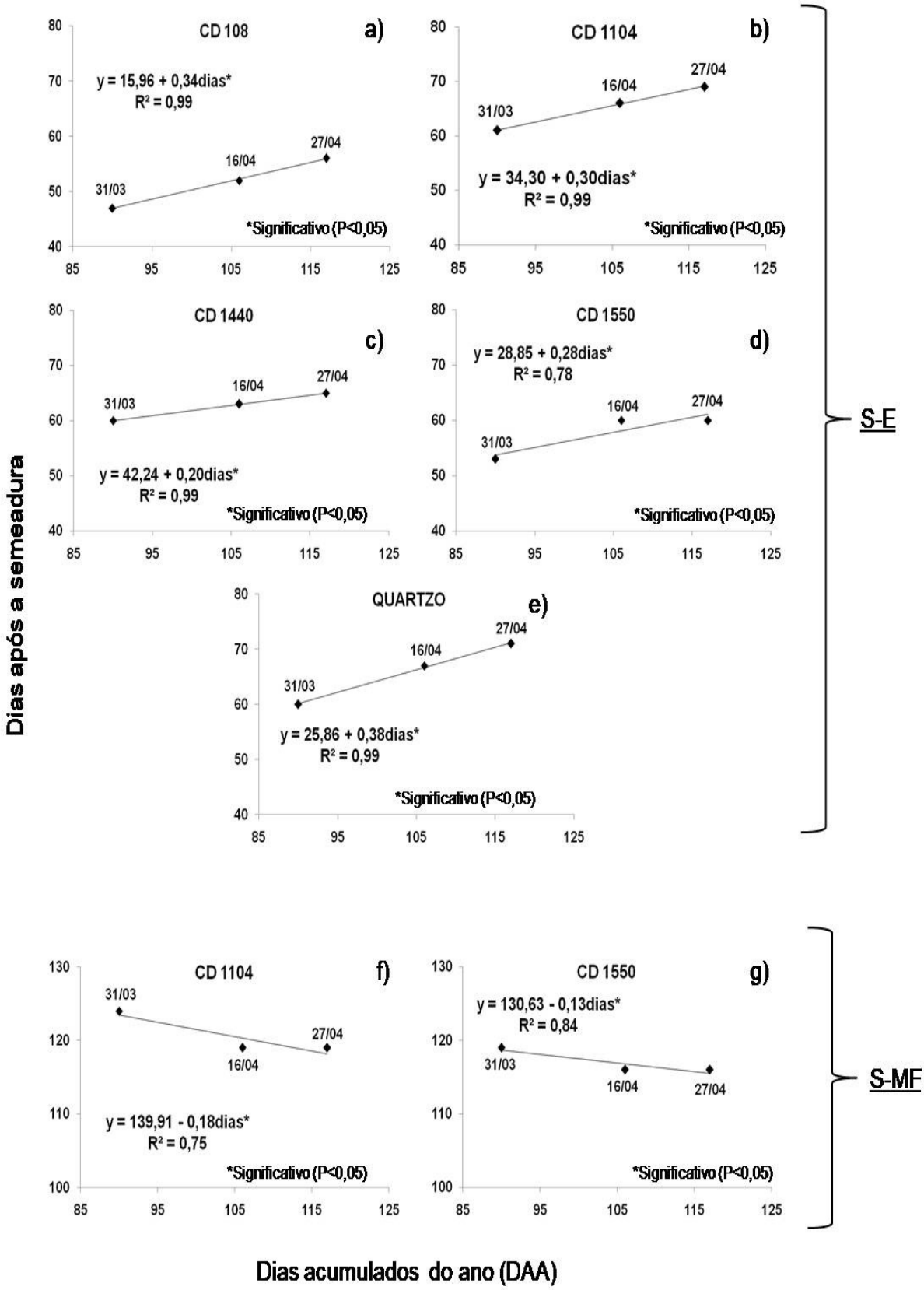

Figura 3 - Número de dias transcorridos da semeadura ao espigamento: a (CD 108), b (CD 1104), c (CD 1440), d (CD 1550) e e (QUARTZO) e da semeadura a maturação fisiológica: f (CD 1104) e g (CD 1550), para cultivares de trigo em função das datas de semeadura, em Palotina na safra 2015.

Para os cultivares CD 1104, CD 1440, CD 154, CD 1550 e QUARTZO no período da semeadura ao espigamento, não foi possível determinar um modelo matemático adequado para explicar os fenômenos da interação genótipo e ambiente. Para esse período, os cultivares atingiram o espigamento aos 72, 70, 67, 69 e 73 dias após a semeadura, respectivamente, em Cascavel. As somas térmicas necessárias para esses cultivares atingirem a fase reprodutiva foi de 1252 graus-dia (CD 1104), 1216 graus-dia (CD 440), 1179 graus-dia (CD 154), 992 graus-dia (CD 1550) e 1270 graus-dia (QUARTZO) (Tabela 3).

O aumento do período da S-E em função das datas de semeadura, pode ser comprovado pela regressão linear crescente para os cultivares CD 108 (R^2 = 0,75) e CD 150 (R^2 = 0,83). A redução da temperatura média do ar nas semeaduras realizadas a partir de 30/04/15, observada especialmente nos meses de Junho (17,2°C) e Julho (15,9°C) em Cascavel (Figura 1a), contribuiu para este resultado. Especialmente quando a semeadura ocorreu em 30/04/15 e 21/05/15, como pode ser observado nas Figuras 2a e 2b. Apesar da ocorrência de deficiência hídrica de 80,7 e 111,9 mm, verificada a partir das semeaduras em 30/04/15 (DAA 120) e 21/05/15 (DAA 141), respectivamente, esta não foi suficiente para reduzir o número de dias da S-E destes cultivares, ficando superior a semeadura em 22/04/15 (DAA 112).

A deficiência hídrica afeta a demanda transpiratória causando o fechamento dos estômatos e redução na fotossíntese (MACHADO et al., 1993). Desta forma, reduzindo a taxa de crescimento e a duração dos períodos de desenvolvimento do trigo. Resultados semelhantes foram relatados por Viganó et al. (2011), em que as características genéticas de cada cultivar, aliadas as distintas condições de temperatura do ar e disponibilidade hídrica, propiciou variação de 15 dias no período da S-E para o cultivar CD 104, de acordo com a data de semeadura. Esta variação foi de 35 dias entre os cultivares em semeaduras realizadas entre os meses de março e maio no Paraná.

Para a semeadura em 22/04/15 (DAA 112), foi observado deficiência hídrica média de 31,2 mm até o espigamento para os cultivares, e temperatura média do ar nos meses de Abril de 21°C e Maio de 17,6°C em Cascavel (Figura 1a). Os efeitos da temperatura do ar no crescimento e desenvolvimento do trigo são evidenciados especialmente no período compreendido entre a emergência e o espigamento. Maiores valores de temperaturas do ar nesse período aceleram o desenvolvimento

da cultura, reduzindo a duração das fases fenológicas das plantas (JUNGES e FONTANA, 2011).

Dessa forma, o aumento da temperatura do ar a partir da semeadura em 22/04/15 de 0,9°C e 1,4°C, em relação a realizada em 30/04/15 (DAA 120) e 21/05/15 (DAA 141), respectivamente, acarretou em redução de até 10 dias (CD 108 e CD 150) no período da S-E, como pode ser observado Figuras 2a e b. O efeito da temperatura do ar sobre o desenvolvimento do trigo também foi relatado por Asseng et al. (2004), em que o aumento de 1,7°C na temperatura média do ar entre diferentes datas de semeadura em Obregon, no México, reduziu o tempo para o espigamento do trigo em 11 dias.

Para o período da semeadura a maturação fisiológica (S-MF), com exceção do cultivar CD 108, a regressão linear decrescente apresentou um bom ajuste da reta, com valores de coeficiente de determinação acima de 0,82 (CD 154). O aumento da temperatura média do ar a partir do mês de Agosto (Figura 1a) em Cascavel, proporcionou redução no período da S-MF na semeadura em 21/05/15 (DA 141) para os cultivares CD 1104 (R^2 = 0,99), CD 1440 (R^2 = 0,99), CD 150 (R^2 = 0,93), CD 154 (R^2 = 0,82), CD 1550 (R^2 = 0,99) e QUARTZO (R^2 = 0,95), como pode ser observado nas Figuras 2d, e, f, g, h e i, respectivamente. No período entre o espigamento e a maturação fisiológica, exposição por quatro dias a temperatura do ar acima de 24°C acelera o período de enchimento de grãos reduzindo o ciclo da cultura (AL-OTAYK, 2010; RIBEIRO et al., 2012).

Para o cultivar CD 108 não foi verificado efeito significativo ($p<0,05$), para o período da S-MF em função das datas de semeadura, apontando que as condições de déficit hídrico, que variou de 49,2mm a 97mm a partir das semeaduras em 22/04/15 e 21/05/15, respectivamente, e variações na temperatura do ar (Figura 1a) observadas nas distintas datas de semeadura não foram suficientes para alterar o ciclo do cultivar (Figura 2b).

Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2011), evidenciando a baixa interação entre genótipo e ambiente para o cultivar CD 108, indicando maior estabilidade mesmo cultivado em diferentes condições de temperatura do ar e disponibilidade hídrica, proporcionadas pelas diferentes datas de semeadura, no Paraná. A escolha de cultivares estáveis permite realizar semeaduras em diferentes datas e locais, sem que ocorram alterações no ciclo da cultura, possibilitando um melhor planejamento de cultivo.

Em Palotina (Figura 3), os cultivares apresentaram resultados semelhantes aos observados em Cascavel (Figura 2), tanto para o período da S-E quanto da S-MF. O período da S-E em Palotina variou de 47 dias (CD 108) na semeadura em 31/03/15 (DAA 90) a 71 dias (QUARTZO) na semeadura em 27/04/15 (DAA 117), correspondendo ao ciclos superprecoce e médio, respectivamente, característicos dos cultivares. Esses valores foram semelhantes aos encontrados por Jandrey et al. (2012), em que o período da S-E das cultivares variaram de 57 dias (CD 150) a 83 dias (Fontana) em Palotina.

Para os cultivares CD 150 e CD 154, o modelo matemático gerado pela analise de regressão não apresentou ajuste adequado para explicar os resultados. Esses cultivares atingiram o espigamento aos 60 e 62 dias após a semeadura, respectivamente, em Palotina. Com acúmulo de 1145 graus-dia (CD 150) e 1179 graus-dia (CD 154). Para os demais cultivares (CD 108, CD 1104, CD 1440, CD 1550 e QUARTZO), a redução da temperatura do ar nos meses de Junho e Julho (Figura 1b) em Palotina, promoveu aumento do número de dias para o espigamento, nas semeaduras realizadas a partir de 16/04/15 (DAA 106), como pode ser observado na Figuras 3. Temperaturas do ar inferior a 15°C reduzem a permeabilidade das membranas celulares diminuindo a respiração, causando menor acúmulo de sais afetando o mecanismo de absorção ativo (PES e ARENHARDT, 2015), em consequência o crescimento do trigo é retardado (TERUEL e SMIDERLE, 1999). Além da temperatura do ar, a deficiência hídrica de 42,8 mm a partir da semeadura em 27/04/15 (DAA 117) até o espigamento, não proporcionou estresse suficiente para reduzir o período da S-E para estes cultivares em Palotina.

Em relação ao período da S-MF, verificou-se que a partir da semeadura realizada em 16/04/15 (DAA 106), os cultivares CD 1104 (R^2 =0,75) e CD 1550 (R^2 =0,84), apresentaram redução no período da S-MF. Em resposta ao aumento da temperatura do ar (>21°C) a partir do mês de Agosto em Palotina (Figura 1b), indicando maior sensibilidade desses cultivares a elevação temperatura do ar. Cultivares mais sensíveis ao calor, como o EP 93541, quando submetido ao aumento de 3,3°C na temperatura média do ar durante o ciclo, tendem a reduzir a taxa fotossintética, devido à sensibilidade da membrana do tilacóide e da redução da produção de clorofila, aumentando a respiração, como consequência ocorre redução da área foliar e do ciclo da cultura (OLIVEIRA et al., 2011).

Os cultivares CD 108, CD 1440, CD 150, CD 154 e QUARTZO, não

apresentaram ajuste adequado do modelo matemático gerado pela análise de regressão, para explicar os resultados obtidos quanto ao número de dias da S-MF em função das datas de semeadura. Os cultivares apresentaram ciclo total de 110 dias (CD 108), 120 dias (CD 1440), 117 dias (CD 150), 116 dias (CD 154) e 121 dias (QUARTZO), resultando em somas térmicas de 1524 graus-dia (CD 108), 1636 graus-dia (CD 1440), 1754 graus-dia (CD 150), 1526 graus-dia (CD 154) e 1920 graus-dia (Tabela 3).

2.4 CONCLUSÕES

A redução na temperatura do ar tende a proporcionar aumento de até 12 dias nos intervalos compreendidos entre a semeadura e o espigamento e a semeadura a maturação fisiológica, tanto para Cascavel quanto para Palotina.

Para os diferentes cultivares a temperatura mínima basal variou de 0℃ a 3,7℃ para o período da semeadura ao espigamento e de 5,8℃ a 14,1℃ para o período do espigamento a maturação fisiológica.

As necessidades térmicas para os cultivares atingirem a fase reprodutiva (espigamento), variaram de 817 graus-dia (CD 108) a 1270 graus-dia (QUARTZO).

2.5 REFERÊNCIAS

AL-OTAYK, S.M. Performance of Yield and Stability of Wheat Genotypes under High Stress Environments of the Central Region of Saudi Arabia. **Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture**,v.21, n.1, p.81-92, 2010.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift,** v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ASSENG, S.; JAMIESON, P.D.; KIMBALL, B.; PINTER, P.; SAYRE, K.; BOWDEN, J.W.; HOWDEN, S.M. Simulated wheat growth affected by rising temperature , increased water deficit and elevated atmospheric CO_2. **Field Crops Research**, n.3, v.85, p.85-102, 2004.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE (CBPTT). **Informações técnicas para o trigo e triticale – safra 2016.** Org: CUNHA, G.R da.; CAEIRÃO, E; ROSA, A.C. Passo Fundo: CBPTT, 2016. 228p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Médias históricas.** Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070>. Acesso

em: 14 de outubro 2017.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia.** Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

JANDREY, P.E.; FRANCO, F.A.; COSTA, A.C.T.; SILVA, M.B.; RODRIGUES, L.F. O.S. Dias para espigamento, altura de plantas e índice de acamamento em genótipos de trigo. **Scientia Agraria Paranaensis***,* v.11, n.2011, p.32-37, 2012.

JUNGES, A.H.; FONTANA, D.C. Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul. **Revista Ceres,** v.58, n.1, p.9-16, 2011.

LARGE, E.C. Growth stages in cereals: Illustration of the Feeks scale. **Plant Pathology***,* v.3, n.4, p.128-129, 1954.

LUZ, G. L da; MEDEIROS, S.L.P.; TOMM, G.O.; BIALOZOR, A.; AMARAL, A.D do; PIVOTO, D. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural,** v.42, n.9, p.1549-1555, 2012.

MACHADO, E.C., LAGÔA, A.M.M.A., TICELLI, R. Relações Fonte-Dreno em Trigo Submetido a Deficiência Hídrica no Estádio Reprodutivo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal,** v.5, n 2, p.145-150, 1993.

MEDEIROS, G.A de; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; BONI, N.R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.35, n.9, p.1733-1742, 2000.

NORETO, L.M.; KLOSOWSKI, E.S.; TSUTSUMI, C.Y.; COSTA, A.C.T da; FRANCO, F. de A. Growing degree-day sum and crop growth cycle duration for wheat cultivars at different sowing dates. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.3, p.119-124, 2015.

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

PES, L.Z.; ARENHARDT, M.H. **Fisiologia vegetal.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015. 81p.

RIBEIRO, G.; PIMENTE, A.J.B.; SOUZA, M.A de S; ROCHA, J.R do A.S de C.; FONSECA, W.B da. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. **Revista Brasileira de Agrociência***,* v.18, n.2-4, p.133-142, 2012.

RIBEIRO, T.L.P.; CUNHA G.R da.; PIRES, J.L.F.; PASINATO, A. Respostas fenológicas de cultivares brasileiras de trigo à vernalização e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1383-1390, 2009.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; ROMAN, E.S**. Modelo**

para previsão de estádios de desenvolvimento em trigo. 2001a. Circular técnica online, n.5. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_ci05.htm>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J.C.B.; DIDONET, A.D.; ROMAN, E.S. **Desenvolvimento de trigo: efeito da temperatura.** 2001b. Circular técnica online, n.3. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_ci03_1.htm>. Acesso em: 23 de maio de 2015.

ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; STRECK, N.A.; ALBERTO, C.M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1374-1382, 2009.

SALAZAR-GUTIERREZ, M.R.; JOHNSON, J.; CHAVES-CORDOBA, B.; HOOGENBOOM, G. Relationship of base temperature to development of winter wheat. **International Journal of Plant Production***,* v.7, n.4, p.742-762, 2013.

SANTOS, H.G dos.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C dos.; OLIVEIRA, V.A de.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A de.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B de. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, C.L da.; BORNHOFEN, E.; TODESCHINI, M.H.; MILIOLI, A.S.; TREVIZAN, D.M.; BENIN, G. Seleção de genótipos de trigo para rendimento de grãos e qualidade de panificação em ensaios multiambientes***.*** **Revista Ceres**, v.62, n.4, p.360-371, 2015.

SILVA, R.R.; BENIN, G.; SILVA, G.O da.S; MARCHIORO, V.S.; ALMEIDA, J.L de.; MATEI, G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo em diferentes épocas de semeadura, no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira***,* v.46, n.11, p.1439-1447, 2011.

SLAFER, G.A; SAVIN, R. Developmental Base Temperature in Different Phenological Phases of Wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Experimental Botany**, v.42, n.241, p.1077-1082, 1991.

SOUZA, P.M.B de; MARTINS, F.B. Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.2, p.307–313, 2014.

TERUEL, D.A.; SMIDERLE, O.J. Trigo. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. (Eds.). **Ecofisiologia de cultivos anuais***.* São Paulo: Nobel, p.13-40, 1999.
THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, v.8, n.1, 1955.104 p.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F.D.A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres** (Impresso), v.58, n.3, p.337-341, 2011.

VIGANÓ, J.; LUCCA, A de; SCAPIM, C.A.; FRANCO, F.D.A.; SCHUSTER, I.;

MOTERLE, L. M.; TEXEIRA, L. R.; ROCHA, R. Efeito de anos e épocas de semeadura sobre o desempenho agronômico e rendimento de cultivares de trigo em Palotina , PR. **Bioscience Journal**, v.27, n.2, p.259-270, 2011.

WALTER, L.C.; STRECK, N.A.; ROSA, H.T.; ALBERTO, C.M.; OLIVEIRA, F. B de. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cultivares de trigo e sua associação com a emissão de folhas. **Ciência Rural**, v.39, n.8, p.2320-2326, 2009.

3 ARTIGO 2. COMPONENTES DE RENDIMENTO E ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE PARA CULTIVARES DE TRIGO, EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de rendimento de cultivares de trigo, bem como comparar a produtividade potencial estimada por meio de modelo matemático proposto por Jensen, com a produtividade obtida a campo em diferentes datas de semeadura. Os experimentos foram desenvolvidos a campo, nos Centros de Pesquisas da COODETEC, localizados nos municípios de Cascavel e Palotina, no Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (7 x 3). Os tratamentos foram constituídos de sete cultivares de trigo (CD 108, CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO) e três datas de semeadura para Cascavel (22/04/15, 30/04/15 e 21/05/15) e Palotina (31/03/015, 16/04/15 e 27/04/15), com três repetições. Quanto menor o número de espigas por metro quadrado maior foi o número de grãos por espiga para as duas localidades. O aumento no número de espigas por metro quadrado contribui para aumentar o rendimento de grãos dos cultivares avaliados. As semeaduras em 21/05/2015 em Cascavel e 16/04/2015 em Palotina resultaram rendimento de grãos com média de 5391 kg ha^{-1} e 3409 kg ha^{-1}, respectivamente. Para os cultivares CD 1440 e QUARTZO o desempenho do modelo para estimar a produtividade foi considerado “Bom”, permitindo sua utilização esses cultivares. O modelo matemático de estimativa de produtividade não considera perdas por excesso de chuvas e/ou ataque de pragas e doenças, o que possivelmente gerou resultados superestimados de produtividade para os cultivares CD 108, CD 1104, CD 150 e CD 154.

Palavras-chaves: *Triticum aestivum* L., balanço hídrico, rendimento de grãos.

YIELD COMPONENTS AND PRODUCTIVITY ESTIMATE FOR WHEAT CULTIVARS AT DIFFERENT SOWING TIMES

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the yield components of wheat cultivars, as well as to compare the potential productivity estimated by means of the mathematical model proposed by Jensen, with the productivity obtained in the field at different sowing dates. The experiments were carried out in the field at COODETEC Research Centers, located in the municipalities of Cascavel and Palotina, in Paraná State. The experimental design used was in randomized blocks in a factorial scheme (7 x 3). The treatments consisted of seven wheat cultivars (CD 108, CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO) and three sowing dates for Cascavel (04/22/15, 04/30/15 and 05/21/15) and Palotina (03/31/015, 04/16/15 and 04/27/15) with three repetitions. The smaller the number of ears per square meter the greater the number of grains per spike for two localities. The number of ears per square meter has a greater contribution to increase the grain yield for the cultivars evaluated. The Sowing on 05/21/15 in Cascavel and 04/16/15 in Palotina resulted in grain yield with average of 5391 kg ha^{-1} and 3409 kg ha^{-1}, respectively. For cultivars CD 1440 and QUARTZO the performance of the model to estimate grains yield was considered "Good", allowing its use for these cultivars. The mathematical model of productivity estimation does not consider losses due to excessive rainfall and/or pest and disease attack, which may have overestimated productivity results for cultivars CD 108, CD 1104, CD 150 and CD 154.

Key words: *Triticum aestivum* L.; hydric balance; grain yield.

3.1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma cultura anual, cultivado nas estações de outono e inverno no Brasil. Esse cereal na maior parte do mundo é utilizado principalmente para produção de diferentes tipos de farinhas, apresentando genótipos com diferentes características genéticas e adaptações edafoclimáticas, permitindo que o trigo seja produzido em diferentes regiões de cultivo (SILVA et al., 2015).

No Brasil entre os Estados produtores de trigo destacam-se o Paraná e Rio Grande do Sul, responsáveis pela maior parte da produção nacional. A produção de trigo no Brasil na safra 2017 apresentou redução de 2,5 milhões de toneladas comparada a safra anterior, atingindo aproximadamente 4,2 milhões de toneladas, com produtividade média de 2308 kg ha^{-1} (Paraná) e 1826 kg ha^{-1} (Rio Grande do Sul). A redução da produção nacional de trigo nesta safra ocorreu especialmente pelo excesso de chuvas e geada durante a fase do espigamento, prejudicando o potencial produtivo do trigo no Sul do país (CONAB, 2018).

Tanto o excesso de chuvas quanto a deficiência hídrica podem interferir no rendimento final de grãos. O déficit hídrico pode causar redução da área foliar, fechamento estomático, abortamento de grãos e acelerar o ciclo da cultura, comprometendo a formação de grãos. Em contrapartida, o excesso de precipitação pluvial reduz o sistema radicular, além de favorecer a incidência de doenças foliares afetando negativamente a produtividade (SOUZA et al., 2013).

A expressão da produtividade em trigo apesar de complexa pode ser estimada antes da colheita por alterações nos componentes de rendimento de grãos, que são influenciados pela condição de ambiente, característica genética dos cultivares e a interação entre ambos. Estes componentes são definidos em pré-antese (número de espigas por metro quadrado e número de grãos por espiga) e em pós-antese (massa de grãos), os quais determinam a produtividade final de grãos (RODRIGUES et al., 2003).

A estimativa da produtividade potencial ou rendimento máximo das culturas também pode realizado por meio de modelos matemáticos a partir de informações referentes ao índice de área foliar, fotossíntese bruta, índice de colheita e duração total do período de crescimento do vegetal, considerando que não ocorram limitações hídricas, nutricionais e fitossanitárias durante todo o ciclo (ALLEN et al.,

2006). Além disso, a estimativa de produtividade pode ser realizada penalizando o rendimento de grãos em função do déficit hídrico, obtendo valores mais próximos da produtividade real da cultura (PEREIRA et al., 2007).

A comparação da produtividade estimada por modelos matemáticos com a obtida a campo pode ser realizada pelo índice “c” proposto por Camargo e Sentelhas (1997). Esse índice é utilizado para indicar o desempenho dos métodos, reunindo os índices de precisão “r” (coeficiente de correlação) e de exatidão “d” desenvolvido por Willmott (1981). Essas informações de previsão de rendimento de grãos de diferentes cultivares auxiliam na seleção de genótipos mais apropriados para a produção em diferentes locais (JUNGES e FONTANA, 2011).

Uma vez que o mesmo cultivar de trigo pode apresentar diferentes produtividades em distintos ambientes de cultivo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os componentes de rendimento de cultivares de trigo, bem como comparar a produtividade potencial estimada por meio de modelo matemático proposto por Jensen, com a produtividade obtida a campo em diferentes datas de semeadura, nos Municípios de Cascavel – PR e Palotina – PR.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos a campo, nos Centros de Pesquisas da COODETEC, localizados em dois locais representativos cultivo de trigo, sendo Cascavel (Região 2: moderadamente quente, úmida e baixa altitude) e Palotina (Região 3: quente, moderadamente seca e baixa altitude), no Estado do Paraná. O município de Cascavel situa-se a 24º 56’ 36” latitude sul e 53º 32’ 15” de longitude oeste, a 700 metros de altitude. Palotina está situada a latitude 24º 18' S, longitude 53º 55’ W, a 310 metros de altitude.

O clima dos municípios de acordo com a classificação proposta por Köppen é mesotérmico subtropical úmido (Cfa), caracterizado por temperatura média do ar do mês mais frio compreendida entre -3 e 18°C e temperatura média do ar do mês mais quente maior que 22°C (ALVARES et al., 2013). Os totais de chuvas e a temperatura média do ar entre os meses de março a outubro em Cascavel é de 1234,8 mm e 18,1°C, respectivamente. Em Palotina a temperatura média do ar, para o mesmo período é de 19,6°C apresentando totais de chuvas de 978,8 mm, de acordo com médias históricas fornecidas pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2017). Os

dados metrológicos de temperaturas média, mínima e máxima absoluta do ar, bem como totais de chuvas foram disponibilizados pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) para Cascavel e Palotina em 2015 (Figura 1).

Nas áreas experimentais têm-se utilizado um sistema de rotação de culturas desde o ano de 1997. As culturas que antecederam o trigo foram nabo forrageiro no inverno e soja no verão. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (7 x 3), constituídos de sete cultivares de trigo e três datas de semeadura (Tabela 2), com três repetições para cada local. As parcelas foram constituídas de seis linhas espaçadas de 0,17 m e com 5 m de comprimento.

O solo de Cascavel é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico e como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico, em Palotina (SANTOS et al., 2013). As análises químicas dos solos de Cascavel e Palotina estão apresentadas na Tabela 1. A adubação de base foi realizada com 300 kg ha^{-1} do adubo formulado 8-30-20 (NPK). Para a adubação de cobertura foi utilizado 100 kg ha^{-1} de uréia, aplicados no início da fase do afilhamento.

Tabela 4 - Características químicas do solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm de profundidade em Cascavel – PR e Palotina – PR, na safra 2015.

Local	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	M.O	pH
	mg dm^3	----------	----------	$cmol_c$ dm^{-3}	----------	----------		%	dag kg^{-1}	$CaCl_2$
Cascavel	14,11	0,32	4,20	2,16	0,09	3,75	6,45	64,11	4,14	5,1
Palotina	22,20	0,76	5,51	2,04	0,00	5,35	7,50	60,55	2,30	5,3

Fonte: Laboratório de solos COODETEC.

Antes da semeadura as sementes foram tratadas com Triadimenol (0,5 mg kg^{-1}) + Imidacloprid (0,48 g kg^{-1}). Para instalação dos experimentos foi utilizado sistema de semeadura direta, realizado mecanicamente. As sementes apresentaram germinação média de 94%, de acordo com testes realizados no Laboratório de sementes da COODETEC. A densidade de semeadura utilizada foi de 360 sementes viáveis por metro quadrado para todos os cultivares. As semeaduras foram realizadas em 22/04/2015, 30/04/2015 e 21/05/2015 em Cascavel e 31/03/2015, 16/04/2015 e 27/04/2015 em Palotina.

Para o experimento foram utilizados cultivares de ciclo superprecoce (CD 108), precoce (CD 150) e médio (CD 154, CD 1104, CD 1550, CD 1440 e QUARTZO), cujos ciclos têm duração média da emergência ao espigamento de até 69 dias (superprecoce e precoce) e de 69 a 84 dias (médio).

O controle de dicotiledôneas foi realizado com Metsulfurom metílico (4 g ha^{-1}) com aplicação de 200 L de calda ha^{-1} e de poaceas anuais, principalmente aveia e azevém com Clodinafope-propargil (200 mL ha^{-1}) com aplicação de 50 L de calda ha^{-1}. Para controle de lagarta do trigo e lagarta do cartucho (*Pseudaletia adultera* e *Spodoptera frugiperda)* o Lufenurom (0,1 L ha^{-1}) com aplicação de 100 L de calda ha^{-1}. O controle de doenças fúngicas (mancha marron, mancha amarela e mancha da gluma) causadas pelos fungos *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera spp*. e *Stagonospora nodorum* foi realizado em três aplicações. A primeira no início da elongação, a segunda no espigamento pleno e a terceira no enchimento de grãos. Todas as aplicações foram realizadas com Estrobirulina + Triazol (750 mL ha^{-1}) aplicando 200 L de calda ha^{-1}, conforme recomendações técnicas da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (CBPTT, 2016).

A estimativa da produtividade potencial (Pp) da cultura do trigo foi realizada conforme o modelo parametrizado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (ALLEN et al., 2006), quando todas as necessidades hídricas, nutricionais e fitossanitárias da cultura são satisfeitas.

$$\mathrm{P_P} = (\mathrm{PPB_p} \times \mathrm{C_{IAF}} \times \mathrm{C_R} \times \mathrm{C_C} \times \mathrm{ND})/(1 - 0{,}01.\,\mathrm{U\%}) \qquad (1)$$

Em que: P_P = produtividade potencial da cultura na região (kg ha^{-1}); PPB_P = produção bruta de matéria seca de uma cultura padrão (t ha^{-1} dia^{-1}); C_{IAF} = correção do índice da área foliar máximo; C_R = correção para respiração; C_C = correção para a parte colhida; ND = número de dias do ciclo da cultura; U% = teor de umidade.

Para obter a correção do índice de área foliar utilizado na Equação 1, inicialmente foi obtida a área foliar pelo método indireto de acordo com a metodologia proposta por Benincasa (2003). Posteriormente foi determinado o índice de área foliar (IAF) pela relação entre a área foliar total e a área de solo ocupada pelas folhas (340 cm^2, 34 cm x 10 cm), para cada parcela. As amostras foram retiradas semanalmente a fim de obter o índice de área foliar máximo. Os valores da correção do índice de área foliar são dados pela relação:

$$C_{IAF} = 0{,}0093 + 0{,}185\,\mathrm{IAF_{MAX}} - 0{,}0175\,\mathrm{IAF_{MAX}^2} \;\; (IAF_{MAX} \geq 5, C_{IAF} = 0{,}5) \qquad (2)$$

Em que: C_{IAF} = correção do índice da área foliar máximo; IAF_{MAX} = índice de área foliar máximo

A penalização da produtividade potencial em função de possível déficit hídrico, foi realizada de acordo com a equação proposta por Jensen utilizada por Souza et al. (2013):

$$\frac{P_R}{P_p} = \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{ER}{ETc}\right)^{\lambda i}_{i} \qquad (3)$$

Em que: P_R = produtividade estimada da cultura (kg ha^{-1}); P_P = produtividade potencial da cultura na região (kg ha^{-1}); ER = evapotranspiração real da cultura no i-ésimo estádio fenológico (mm); ETc = evapotranspiração da cultura no i-ésimo estádio fenológico (mm), determinado multiplicando a evapotranspiração de referência (ETo) pelo coeficiente da cultura (Kc); λi = fator hídrico de penalização da produtividade por déficit para as diferentes fases fenológicas do trigo (adimensional); i = estádios fenológicos da cultura; n = número de estádios fenológicos.

Os valores diários dos componentes do balanço hídrico: evapotranspiração da cultura (ETc), evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (Def) e excedente hídrico (Exc) foram determinados com o auxílio do programa "MORETTI – Módulo: Balanço hídrico sequencial", verão 1.0 (SOUZA, 2008), baseando-se na metodologia proposta por Thornthwaite e Mather em 1955. O programa necessitou dos seguintes dados de entrada para a simulação do balanço hídrico em cada local: precipitação pluvial em mm dia^{-1} (P), evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} (ETo), coeficiente de cultivo (kc, adimensional), capacidade de água disponível em mm (CAD) e fração de água disponível no solo para um determinado tipo de cultura (p, adimensional). As analises foram realizadas para uma periodicidade diária, a opção "equação co-senoidal" foi utilizada para o cálculo do armazenamento de água no solo e/ou "negativo acumulado" de acordo com Souza e Gomes (2008).

A evapotranspiração de referência da cultura (ETo) foi estimada a partir do método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 2006), de acordo com a equação:

$$ETo = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma_{psy} \cdot \frac{900}{(T+273)} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma_{psy} \cdot (1 + 0{,}34 \cdot u_2)} \qquad (4)$$

Em que: ETo = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Δ = declividade da curva de pressão de vapor de água à temperatura do ar (kPa ℃$^{-1}$); Rn = radiação solar líquida na superfície (MJ m^{-2} d^{-1}); G = Balanço do fluxo de calor no solo (MJ m^{-2} dia^{-1}); γ_{psy}= constante psicrométrica (kPa ℃$^{-1}$); T = temperatura média do ar (℃); u_2 = velocidade do vento a dois metros de altura (m s^{-1}); e_s = pressão de saturação de vapor (kPa); e_a= pressão atual de vapor (kPa).

Os valores de kc foram obtidos de acordo com Cunha et al. (2001), para a cultura do trigo no Estado do Paraná, para os diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento, considerando a escala de Feeks-Large dos estádios fenológicos da cultura de trigo, sendo: 1.0 – Plantas recém-emergidas, com uma ou mais folhas; 2.0 - Início do afilhamento; 3.0 – Afilhos formados. Folhas enroladas em espiral. 4.0 - Início do aparecimento do pseudocaule. Bainhas foliares começam a alongar-se; 5.0 – Pseudocaule fortemente desenvolvido; 6.0 - Primeiro nó do colmo visível; 7.0 - Segundo nó do colmo formado; 8.0 - Folha bandeira visível; 9.0 - Lígula visível da folha bandeira visível; 10.0 – Bainha da folha bandeira completamente desenvolvida; 10.1 – Primeiras espigas recém-visíveis; - 10.2 – Um quarto do processo de espigamento completo; 10.3 – Metade do processo de espigamento completo; 10.4– Três quartos do processo de espigamento completo; 10.5 – Todas as espigas fora das bainhas; 10.5.1 – Início do florescimento; 11.0 – Grãos no estádio leitoso a maturação; 11.1 – Grãos no estádio leitoso; 11.2 – Grãos no estádio de massa; 11.3 – Grãos duros; 11.4 – Manutenção de colheita (LARGE, 1954).

A umidade na capacidade de campo foi determinada em mesa de tensão utilizando a metodologia descrita pela Embrapa (1997). O ponto de murcha permanente foi obtido com o auxílio do psicrômetro modelo WP4C, marca Dewpoint PotentiaMeter®, seguindo a metodologia descrita por Klein et al. (2010). Para obter a CAD a coleta do solo foi realizada em 15 e 30 cm, representando a profundidade efetiva do sistema radicular do trigo ao longo do seu desenvolvimento. A CAD para cada local foi determinada a partir da Equação (5):

$$CAD = 0{,}01 \cdot (U_{CC} - U_{PMP}) \cdot d \cdot z \qquad (5)$$

Em que: CAD capacidade de água disponível (mm); U_{CC} = a umidade do solo na capacidade de campo, com base em massa (%); U_{PMP} = umidade do solo no ponto de murcha permanente, com base em massa (%); d = densidade aparente do solo (g cm^{-3}); z = profundidade do volume de controle ou profundidade efetiva do solo (mm).

Os componentes de rendimento da cultura do trigo avaliados foram: número de espiga por metro quadrado, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos (g), e rendimento de grãos (kg ha^{-1}). O número espiga por metro quadrado foi determinado pela contagem do número de espigas contidas em 0,17 m^2, sendo posteriormente extrapolado para um metro quadrado. O número de grãos por espiga foi obtido pela contagem do número médio de grãos de dez espigas, escolhidas aleatoriamente em cada parcela. A massa de mil grãos foi obtida pela pesagem de 10 sub-amostras de 50 grãos, sendo extrapolada para massa de mil grãos (BRASIL, 2009). O rendimento foi obtido pela pesagem total de grãos produzido em cada parcela (30 m^2), realizando a correção da umidade dos grãos para 13%, sendo posteriormente extrapolado para kg ha^{-1}. A comparação da produtividade estimada pela Equação 3 com a obtida a campo foi realizada de acordo com o índice de Willmott (1981), segundo modelo:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum(Pi - Oi)^2}{\sum(|Pi - O| + |Oi - O|)^2}\right] \qquad (6)$$

Em que: Pi = valor estimado pelo método utilizado; Oi = valor obtido a campo; O = média dos valores obtidos a campo.

Para a comparação estatística da estimativa de produtividade com os dados obtidos a campo utilizou-se o índice “c”, adotado por Camargo e Sentelhas (1997), que serve como indicador de desempenho do modelo de estimativa de produtividade, reunindo os índices de precisão “r” determinados a partir de regressão linear e de exatidão “d”, de acordo com a equação:

$$c = r \cdot d \qquad (7)$$

A interpretação de desempenho da estimativa de produtividade pelo índice “c” foi apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Critério de interpretação do desempenho da estimativa de produtividade, pelo índice “c”.

Índice “c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

Os dados referentes aos componentes de rendimento foram analisados separadamente para cada localidade e submetidos à análise de variância. A partir da verificação da interação significativa entre cultivares e datas de semeadura a 5% de probabilidade, os desdobramentos necessários para as variáveis avaliadas foram realizados. Os cultivares foram testados segundo o teste de médias de Tukey ($p<0,05$). O processamento de dados e a análise estatística foram realizados com o uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Para verificar a correlação entre os dados de componentes de rendimento e rendimento de grãos foi utilizado o teste de Correlação de Pearson.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médio, mínimo e máximo absolutos de temperatura do ar e totais de chuvas em Cascavel e Palotina, representados por médias decendiais, se encontram na Figura 1. A temperatura do ar mínima absoluta registrada para Cascavel foi de 2,9°C (segundo decêndio de junho) e a temperatura do ar máxima absoluta foi de 36,6°C no segundo decêndio de setembro (Figura 1a).

Para Palotina o valor de temperatura do ar mínima absoluta ocorreu no segundo decêndio de junho e de setembro (1,7°C). A temperatura do ar máxima absoluta foi de 38,9°C observada no terceiro decêndio de outubro em Palotina (Figura 1b). Os valores de temperatura média do ar para o primeiro decêndio de julho foi de 13,8°C em Cascavel (Figura 1a) e 15,6°C em Palotina (Figura 1b). Os

valores de totais de chuvas variou de 0 mm (primeiro decêndio de agosto) a 224,6 mm (primeiro decêndio de julho) em Cascavel e de 0 mm (primeiro decêndio de junho e agosto) a 188 mm, em Palotina, Figura 1a e b, respectivamente.

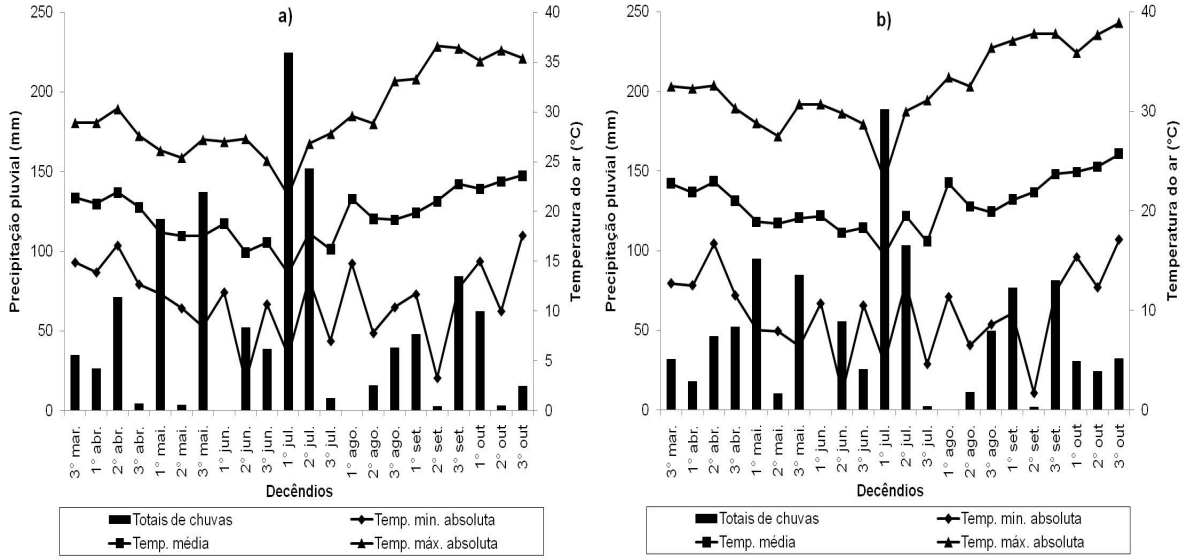

Figura 1 - Valores em decêndios de totais de chuvas, temperaturas médias, mínimas e máximas absolutas do ar (°C), nos meses de março a outubro, no ano de 2015 em Cascavel (a) e Palotina (b).

O fotoperíodo foi estimado em função da latitude e da declinação solar para o período compreendido entre o terceiro decêndio de março ao terceiro decêndio de outubro. Em Cascavel o decréscimo de horas de brilho solar ocorreu a partir do terceiro decêndio de março (11,9 horas) reduzindo para 10,5 horas do primeiro decêndio de junho ao primeiro decêndio de julho, atingindo 12,8 horas no terceiro decêndio de outubro. Valores próximos a esses foram obtidos também para Palotina em que o fotoperíodo variou de 10,5 horas, do segundo decêndio de junho ao primeiro decêndio de julho a 12,7 horas de brilho solar no terceiro decêndio de outubro.

Na Tabela 3 foi apresentado os resumos dos valores médios (mm por ciclo) dos componentes do balanço hídrico: evapotranspiração da cultura (ETc), precipitação pluvial (P), evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (Def) e excedente hídrico (Exc). O valor de ETc mínimo estimado para os cultivares de trigo foi verificado durante o cultivo na semeadura realizada em 16/04/15 (190,1 mm por ciclo) em Palotina. Por outro lado, em Cascavel o valor de ETc estimado correspondeu a 287,2 mm por ciclo, para semeadura em 21/05/15. Os valores de P

foram superiores aos de ETc, resultando em excedente hídrico, porém, não impediu a ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo do trigo independentemente da data semeadura, tanto para Cascavel - PR quando para Palotina – PR.

Tabela 3 - Valores médios (mm por ciclo) de evapotranspiração da cultura (ETc), total de precipitação pluvial (P), evapotranspiração real (ER), deficiência hídrica (Def) e excedente hídrico (Exc), para cultivares de trigo em Cascavel- PR e Palotina - PR.

Local	Data de semeadura	ETc	P	ER	Def	Exc
		---------- mm por ciclo ----------				
Cascavel	22/04/2015	255,5	779,0	189,4	66,1	601,1
	30/04/2015	261,3	791,9	173,9	87,4	617,7
	21/05/2015	287,2	718,6	173,8	113,4	550,9
Palotina	31/03/2015	199,9	680,3	192,0	8,0	494,5
	16/04/2015	190,1	654,2	169,0	21,2	502,4
	27/04/2015	213,2	586,2	152,7	60,5	436,8

Os valores médios de deficiência hídrica para os estádios fenológicos correspondentes ao afilhamento (I), alongamento (II), espigamento (III) e maturação fisiológica (IV), para cultivares de trigo, em Cascavel – PR e Palotina – PR, foram apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Deficiência hídrica nos estádios fenológicos de afilhamento (I), alongamento (II), espigamento (III) e maturação fisiológica (IV), para sete cultivares de trigo em Cascavel – PR e Palotina - PR.

Local	Data de semeadura	Deficiência hídrica (mm por estádio)			
		I (1.0 a 5.0)*	II (6.0 a 10.0)*	III (10.0 a 10.5)*	IV (11.0 a 11.4)*
Cascavel	22/04/2015	0,0	0,0	31,2	34,8
	30/04/2015	0,0	0,0	80,7	6,7
	21/05/2015	0,0	0,0	111,9	1,5
Palotina	31/03/2015	0,0	0,7	7,2	0,1
	16/04/2015	0,0	0,0	7,9	12,5
	27/04/2015	0,0	0,0	42,8	18,9

*Escala Fenológia de Feekes e Large (1954).

No início de desenvolvimento do trigo (I), não ocorreu deficiência hídrica para os locais e datas de semeaduras avaliadas (Tabela 4). A deficiência hídrica ocorreu principalmente nos estádios de desenvolvimento III (espigamento) e IV (maturação fisiológica). Para a semeadura realizada em 21/05/2015, durante o período do espigamento foi verificado deficiência hídrica de 111,9 mm em Cascavel. Em contra partida, em Palotina foi observado déficit de 7,2 mm para o mesmo período na

semeadura em 31/03/15. Na fase da maturação fisiológica (IV) os valores de deficiência hídrica variaram de 0,1 mm em Palotina (semeadura em 31/03/2015) a 34,8 mm em Cascavel (semeadura em 22/04/2015).

O período mais sensível ao déficit hídrico na cultura do trigo está compreendido entre o início do florescimento (10.5.1) e o estádio de grãos leitoso (11.0), sendo que a ocorrência de deficiência hídrica nesses estádios pode apresentar perdas significativas no rendimento final de grãos (STEDUTO et al., 2012). Entretanto, nesse estudo verificou-se que menores valores de deficiência hídrica de 31,2mm e 7,2mm observadas a partir das semeaduras até o espigamento em 22/04 (Cascavel) e 31/03 (Palotina), respectivamente, resultou em redução de 41,7% (Cascavel) e 42,8% (Palotina) no rendimento de grãos em relação à maior produtividade obtida em cada local. O grande volume de precipitação pluvial observada no primeiro e segundo decêndios de julho em Cascavel e Palotina, como pode ser observado nas Figuras 1a e 1b, pode ter contribuído para esse resultado.

O efeito negativo no desenvolvimento de plantas de trigo e em componentes de rendimento provocados pelo excesso de água no solo e sombreamento artificial também foi observado por Scheeren et al. (1995b). Os autores relataram redução em 45% da massa seca do sistema radicular de plantas de trigo, 16% da massa seca da parte aérea, 24% da massa de grãos e 25% do número de grãos por espigueta, comparado a testemunha. A perda no rendimento de grãos nas semeaduras realizadas em 22/04 em Cascavel (Tabela 7) e 31/03 em Palotina (Tabela 11), possivelmente ocorreu pela menor absorção de água e nutrientes em função da redução do volume de solo explorado pelas plantas, juntamente com a redução taxa fotossíntetica provocada pela menor incidência de raios solares na cultura durante o período chuvoso.

3.3.1 Experimento em Cascavel - PR

As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam o número de espigas por metro quadrado (NEM) e número de grãos por espiga (NGE) (Tabela 5), massa de mil grãos (MMG) (Tabela 6) e rendimento de grãos ((Tabela 7), para cultivares de trigo em três datas de semeadura em Cascavel – PR.

Na Tabela 5 verifica-se que tanto para o número de espigas por metro quadrado quanto para o número de grãos por espiga a interação cultivares e datas

de semeadura não apresentou efeito significativo (p>0,05). O cultivar CD 154 obteve o menor NEM (410 espigas por metro quadrado), entretanto, este cultivar apresentou o maior NGE (36 grãos), juntamente com os cultivares CD 1104 (36 grãos), CD 1440 (32 grãos), CD 150 (35 grãos), CD 1550 (31 grãos) e QUARTZO (37 grãos).

Resultados semelhantes foram observados para as diferentes datas de semeadura. Na semeadura que foi verificado menor NEM (499 espigas por metro quadrado) os cultivares produziram maior número de grãos por espiga, com média de 45 grãos na semeadura realizada em 21/05/2015. A produção de grãos está relacionada à capacidade da planta em particionar biomassa em pré-antese (RODRIGUES et al., 2002).

Tabela 5 - Número de espigas por metro quadrado (NEM) e número de grãos por espiga (NGE) para cultivares de trigo, em Cascavel – PR, na safra 2015.

Cultivares	NEM	NGE
CD 108	553 a	29 b
CD 1104	542 a	36 a
CD 1440	613 a	32 ab
CD 150	532 a	35 ab
CD 154	410 b	36 a
CD 1550	590 a	31 ab
QUARTZO	530 a	37 a
Datas de semeadura		
22/04/2015	579 a	27 b
30/04/2015	538 ab	29 b
21/05/2015	499 b	45 a
Média	539	34
CV(%)	13,95	11,60

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A menor competição por fotoassimilados deve ter favorecido o incremento no NGE dos cultivares na semeadura em 21/05/15 (Tabela 5), confirmando a plasticidade ou capacidade da planta de trigo em alterar os componentes de rendimento para responder positivamente em produtividade de grãos relatada por Fioreze e Rodrigues (2014). A redução do número de plantas por metro aumentou o número de grãos por espiga e número de espiguetas férteis por espiga resultando em acréscimo de 41% na produtividade do cultivar IAC 370, segundo os mesmos autores.

Para o componente de rendimento massa de 1000 grãos cuja interação cultivares e datas de semeadura apresentou efeito significativo (p>0,05), não foi observado alterações entre cultivares na semeadura em 21/05/15 (Tabela 6). As condições de ambiente não permitiram que os cultivares manifestassem positivamente a este componente, apesar de existir variabilidade genética entre os cultivares. Para semeadura realizada em 22/04/15, verificou-se que apenas os cultivares CD 108 e CD 150 apresentaram menor massa de mil grãos, comparado aos valores deste componente obtidos nas semeaduras em 30/04/15 e 21/05/15.

O cultivar CD 108 diferiu dos demais apresentando massa de 23,70g para esse componente. Para este cultivar de ciclo superprecoce o enchimento de grãos na semeadura em 22/04/15 coincidiu com período que ocorreram maiores valores de precipitação pluvial em Cascavel, o que possivelmente contribuiu para este resultado. No primeiro e segundo decêndios de julho o total de chuvas foi de 376,6 mm, acumulados em 20 dias, contribuindo para o excedente hídrico de 601,1 mm verificado durante o ciclo total do trigo, a partir da semeadura realizada em 22/04/15 em Cascavel (Tabela 3), prejudicando o enchimento de grãos. O excesso de água no solo é prejudicial principalmente na fase de maturação fisiológica, causando redução no acumulo da matéria seca de grãos pelo decréscimo da fotossíntese e da absorção de nutrientes no trigo (GUARIENTI et al., 2005). Por esse motivo, os cultivares (CD 108 e CD 150) apresentaram maiores valores de massa de mil grãos nas semeaduras em 30/04/15 e 21/05/15 (Tabela 6).

Em relação ao rendimento de grãos, a interação cultivares e datas de semeadura apresentou efeito significativo (p>0,05). Os cultivares CD 150 e CD 1104 destacaram entre os demais por terem expressado maiores médias produtividade em 66,7% dos ambientes (datas de semeadura) avaliados (Tabela 7). Entretanto, deve ser destacado o cultivar CD 150 com maior rendimento entre os cultivares na semeadura em 21/05/15 (6226 kg ha^{-1}) e também a maior produtividade na semeadura em 30/04/15 (5859 kg ha^{-1}), juntamente com o CD 1104 (5798 kg ha^{-1}). Como não houve grandes diferenças dos componentes de rendimento entre os cultivares, as pequenas interações positivas entre NEM, NGE e MMG deve ter proporcionado efeito significativo no rendimento de grãos entre os cultivares.

Tabela 6 - Massa de mil grãos (MMG) para cultivares de trigo, em Cascavel - PR, na safra 2015.

	MMG (g)			
	Datas de semeadura			
Cultivar	22/04/2015	30/04/2015	21/05/2015	Média
CD 108	23,70 b B	33,20 ab A	33,61 a A	30,17
CD 1104	34,70 a A	33,53 ab A	34,76 a A	34,44
CD 1440	31,50 a A	30,90 b A	31,92 a A	31,44
CD 150	31,20 a B	35,39 ab A	34,91 a A	33,83
CD 154	35,67 a A	35,95 a A	35,47 a A	35,70
CD 1550	31,96 a A	34,80 ab A	33,85 a A	33,54
QUARTZO	35,33 a A	35,15 ab A	35,22 a A	35,23
Média	32,01	34,13	34,25	
CV(%)		5,39		

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

Os cultivares CD 108, CD 1440, CD 154 e CD 1550 apresentaram maior rendimento de grãos na semeadura em 21/05/15, em relação às demais datas, com produtividade média de 5284 kg ha^{-1}, 5493 kg ha^{-1}, 4729 kg ha^{-1} e 5605 kg ha^{-1}, respectivamente. Apesar da ocorrência de deficiência hídrica de 111,9 mm acumulados durante o espigamento (Tabela 4), foram observados menores valores de precipitação pluvial e de excedente hídrico durante o cultivo em 21/05/15 (Tabela 3).

A redução dos períodos chuvosos e da presença de nuvens proporcionou aumento da radiação solar incidente na cultura, melhorando a eficiência fotossintética do trigo, além ter possibilitado melhor controle químico de doenças foliares. A diminuição da luminosidade reduz a taxa de assimilação líquida de CO_2, causando menor atividade fotossintética (SCHEEREN et al., 1995a). Os mesmo autores verificaram que o sombreamento artificial em cultivares de trigo reduziu a massa de grãos por planta em 34%, comparado ao ambiente sem restrição luminosa, em experimento realizado no Rio Grande do Sul. Dessa forma, períodos sem chuvas não foram suficiente longo para proporcionar perda no rendimento de grãos, mas possivelmente contribuiram para aumentar a luminosidade incidente na cultura refletindo em maior da produtividade para os cultivares de trigo semeados no terceiro decêndio de maio em Cascavel (Tabela 7).

Tabela 7 - Rendimento de grãos para cultivares de trigo, em Cascavel – PR, na safra 2015.

	Rendimento de grãos (kg ha^{-1})						
	Datas de semeadura						
Cultivar	22/04/2015			30/04/2015			21/05/2015			Média
CD 108	2820	c	B	2998	c	B	5284	bcd	A	3701
CD 1104	3480	ab	B	5798	a	A	5441	bc	A	4906
CD 1440	3676	a	C	4579	b	B	5493	bc	A	4583
CD 150	2920	bc	B	5859	a	A	6226	a	A	5002
CD 154	1817	d	C	3111	c	B	4729	d	A	3219
CD 1550	3833	a	C	4657	b	B	5605	b	A	4698
QUARTZO	3468	ab	B	5046	b	A	4961	cd	A	4492
Média	3145			4578			5391			
CV(%)				5,5						

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

Para o cultivar CD 154, verificou-se menor média de rendimento de grãos (3219 kg ha^{-1}). Apesar de ter obtido maiores valores de NGE (Tabela 5) e MMG (Tabela 6) o cultivar apresentou menor NEM (Tabela 5), indicando que dos componentes de rendimento avaliados o NEM, apresenta maior efeito na produção final de grãos.

3.3.2 Experimento em Palotina - PR

Em Palotina os dados referentes ao número de espigas por metro quadrado (NEM), número de grãos por espiga (NGE) e massa de mil grãos (MMG) e o rendimento de grãos de cultivares de trigo, foram apresentados nas Tabelas 8, 9, 10 e 11, respectivamente.

Das variáveis avaliadas, somente para NEM a interação cultivares e datas de semeadura não apresentou efeito significativo ($p>0,05$). Os cultivares apresentaram número de espigas por metro quadrado de forma similar para três datas de semeadura, evidenciado o cultivar CD 1440 com maior número de espigas por metro quadrado (560 espigas por metro quadrado), embora não diferindo do CD 1140 (550 espigas por metro quadrado), CD 150 (492 espigas por metro quadrado), CD 1550 (502 espigas por metro quadrado) e QUARTZO (522 espigas por metro quadrado). Assim como os resultados obtidos para Cascavel, o cultivar CD 154 apresentou menor NEM (416 espigas por metro quadrado), e um dos maiores números de grãos

por espiga (27 grãos), como pode ser observado na Tabela 9. Apesar disso, este cultivar apresentou, juntamente com o QUARTZO um dos menores rendimentos de grãos sendo superior apenas ao CD 108 (Tabela 11).

Tabela 8 - Número de espigas por metro quadrado (NEM) para cultivares de trigo em Palotina – PR, na safra 2015.

Cultivar	NEM
CD 108	456 bc
CD 1104	550 ab
CD 1440	560 a
CD 150	492 abc
CD 154	416 c
CD 1550	502 abc
QUARTZO	522 ab
Data de semeadura	
31/03/2015	519 a
16/04/2015	500 a
27/04/2015	481 a
Média	500
CV (%)	13,73

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Resultados semelhantes foram relatados por Vesohoski et al. (2011), evidenciando a correlação positiva (0,8482) entre NEM e rendimento de grãos, cujo aumento deste componente, possivelmente acarretará em acréscimo do rendimento de grãos, ao passo que sua redução terá consequências negativas na produtividade final dos cultivares CD 108 e CD 150, entre outros avaliados em Palotina. No presente estudo a existência da correlação positiva de 0,875 entre NEM e rendimento de grãos, foi confirmada pela análise de correlação de Pearson realizada com dados das duas localidades, em conjunto.

Com exceção do CD 1550, os cultivares apresentaram variações quanto ao número de grãos por espiga a partir da semeadura em 16/04/15 (Tabela 9). A semeadura realizada no terceiro decêndio de abril proporcionou ambiente menos favorável para potencializar este componente de rendimento de grãos, cujos cultivares apresentaram menor média de número de grãos na semeadura em 27/04/15 (23 grãos por espiga). O número de grãos é determinado antes da antese, porém o desenvolvimento dos grãos pode ser limitado pela disponibilidade de assimilados após esse estádio (CUNHA, et al., 2003). Possivelmente o excesso de

chuvas no período do emborrachamento e a deficiência hídrica de 42,8 mm verificada durante o espigamento, resultou em decréscimo do número de grãos por espiga reduzindo a produção de fotoassimilados especialmente na semeadura em 27/04/15 (Tabela 9).

Tabela 9 - Número de grãos por espiga (NGE) para cultivares de trigo em Palotina PR, na safra 2015.

	NGE			
	Data de semeadura			
Cultivar	31/03/2015	16/04/2015	27/04/2015	Média
CD 108	26 a AB	28 ab A	22 cb B	25
CD 1104	26 a AB	27 ab A	22 cb B	25
CD 1440	26 a A	22 b AB	21 cb B	23
CD 150	24 a AB	28 ab A	20 cb B	24
CD 154	24 a B	30 a A	29 a AB	27
CD 1550	24 a A	25 ab A	26 ab A	25
QUARTZO	26 a A	23 b AB	19 c B	23
Média	25	26	23	
CV (%)		10,08		

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

Os cultivares apresentaram maior massa de mil grãos quando semeados em 27/04/15 (24,28 g) (Tabela 10). Entretanto, este componente apresentou redução de 33,4% no valor médio em Palotina comparado a Cascavel (Tabela 6). O cultivar CD 108 apresentou menores valores de massa de mil grãos (19,46g) e número de espigas por metro quadrado (456 espigas por metro quadrado) o que possivelmente resultou em decréscimo de 47,5% no rendimento de grãos comparado a Cascavel (Tabela 11).

Estes resultados possivelmente ocorreram pelo excesso de chuva resultando em perda de nutrientes dispostos no solo, redução da radiação solar, aeração do solo e do sistema radicular do trigo. Além do aparecimento de manchas foliares causadas pelos fungos *Bipolaris sorokiniana* (mancha marron), *Drechslera spp.* (mancha amarela) e *Stagonospora nodorum* (mancha de gluma) reduzindo a área fotossintética refletindo em decréscimo da massa de mil grãos e do rendimento de grãos para os cultivares, especialmente na semeadura realizada em 31/03/2015 em Palotina, como pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 10: Massa de 1000 grãos para sete cultivares de trigo em Palotina – PR, na safra 2015.

	MMG (g)								
	Data de semeadura								
Cultivar	31/03/2015			16/04/2015			27/04/2015			Média
CD 108	23,50	a	A	17,21	a	B	18,56	b	B	19,46
CD 1104	23,89	a	AB	21,74	a	B	26,02	a	A	23,88
CD 1440	23,21	a	A	22,09	a	A	24,31	a	A	23,20
CD 150	20,95	ab	AB	19,36	a	B	24,78	a	A	21,70
CD 154	17,44	b	B	19,08	a	B	25,74	a	A	20,70
CD 1550	24,05	a	A	20,85	a	A	22,87	ab	A	22,59
QUARTZO	21,99	ab	B	22,48	a	B	27,71	a	A	24,06
Média	22,15			20,40			24,28			
CV (%)				9,57						

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Contudo, os cultivares CD 1104, CD 1440 e CD 150 expressaram maior rendimento de grãos entre os demais a partir da semeadura em 16/04/15, mesmo influenciados por condições ambientais adversas. Esses cultivares apresentaram rendimento médio de grãos 38,4% acima do relatado pela Conab (2018) para o Estado do Paraná (2308 kg ha^{-1}). O que indica maior adaptabilidade e estabilidade em condição de excesso de chuvas, deficiência hídrica e doenças foliares, resultando em maior rendimento de grãos nas semeaduras em 16/04/15 e 27/04/15 para esses cultivares (Tabela 11).

Tabela 11: Rendimento de grãos para sete cultivares de trigo, em Palotina – PR, na safra 2015.

	Rendimento de grãos (kg ha^{-1})									
	Data de semeadura									
Cultivar	31/03/2015			16/04/2015			27/04/2015			Média
CD 108	1669	cd	B	2507	c	A	1653	d	B	1943
CD 1104	2340	ab	B	4039	a	A	3678	a	A	3352
CD 1440	2243	ab	B	3869	ab	A	3707	a	A	3273
CD 150	1416	d	B	3591	ab	A	3868	a	A	2959
CD 154	1886	bc	C	2591	c	B	2993	b	A	2490
CD 1550	2546	a	B	3728	ab	A	2863	bc	B	3046
QUARTZO	1555	cd	C	3540	b	A	2474	c	B	2523
Média	1951	C		3409	A		3034	B		
CV					6,58					

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Na Tabela 12 foram apresentados os valores da variável resposta ou dependente (y), coeficiente de determinação (R^2) e índices de desempenho “c” e “d” utilizados para comparar a produtividade estimada por modelo parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 2006) com a produtividade obtida a campo para os cultivares CD 108, CD 1104, CD 1440, CD 150, CD 154, CD 1550 e QUARTZO em Cascavel e Palotina, conjuntamente.

Tabela 12 - Variável resposta (y), Coeficiente de determinação (R^2), índice “d” de Willmott et al. (1985), e índice “c” de Camargo e Sentelhas (1997), utilizados para avaliar a produtividade estimada para cultivares de trigo em seis datas de semeadura, em Cascavel e Palotina, na safra 2015.

Cultivar	y	R^2	Índice “d”	Índice “c”	Desempenho
CD 108	2126+0,307x	0,67	0,69	0,56	Sofrível
CD 1104	2461+0,288x	0,80	0,68	0,60	Sofrível
CD 1440	2300+0,342x	0,91	0,71	0,68	Bom
CD 150	2771+0,210x	0,65	0,56	0,45	Mau
CD 154	2605+0,287x	0,33	0,59	0,34	Péssimo
CD 1550	1821+0,426x	0,75	0,75	0,65	Mediano
QUARTZO	2044+0,445x	0,71	0,82	0,69	Bom

O desempenho do modelo de estimativa de produtividade proposto por Jensen (Equação 3) foi classificados como “Bom” para estimar a produtividade dos cultivares CD 1440 (0,68) e QUARTZO (0,69), “Mediano” para o cultivar CD 1550 (0,65), “Sofrível” para os cultivares CD 108 (0,56) e CD 1104 (0,60), “Mau” para o cultivar CD 150 (0,45) e “Péssimo” para o cultivar CD 154 (0,33). O desempenho não satisfatório do modelo de estimativa de produtividade, verificado especialmente para os cultivares CD 108, CD 1104, CD 150 e CD 154, pode ter ocorrido em função do grande volume de precipitação pluvial e elevação da temperatura média do ar (Figura 1) causado pelo fenômeno “El niño”, com elevação de 2,2 °C em Cascavel e 1,5°C em Palotina, comparado a normal climatológica para o trimestre mais frio (Junho, Julho e Agosto) (CAVIGLIONE et al., 2000). A temperatura média do ar neste período foi de 18,2°C (Cascavel) e 18,5°C (Palotina).

A elevação da temperatura do ar e da umidade relativa proporcionou ambiente favorável para o surgimento de doenças foliares como mancha marron (*Bipolaris sorokiniana)*, mancha amarela (*Drechslera spp)* e mancha de gluma (*Stagonospora nodorum)* tanto em Cascavel quanto em Palotina, agravada pela dificuldade de controle em função do encharcamento do solo, impossibilitando a aplicação de fungicida. A perda de área foliar causada por mancha amarela no trigo,

reduz a taxa fotossintética da planta, o enchimento de grãos e o número de grãos por espiga, afetando negativamente a produtividade da cultura (RANZI et al. 2015).
A redução de rendimento de grãos em função de doenças foliares relatada por Barros et al. (2006), foi de 66,5% para o cultivar IAC 370 em Capão Bonito em São Paulo. Dessa forma, o excesso de chuvas e a incidência de doenças podem ter influenciado no resultado não satisfatório de estimativa de produtividade, especialmente para os cultivares CD 108, CD 1104, CD 150 e CD 154.

O modelo de estimativa de produtividade de acordo com a Equação 3, contabiliza a perda de rendimento em função da ocorrência de deficiências hídricas. Entretanto, a ETc sempre será ≥ ER, Logo o fator de penalização nunca será superior a 1, não contabilizando perdas na produtividade por excedente hídrico. O método também não leva em conta o ataque de pragas e doenças, que pode reduzir a produtividade da cultura, ocasionando diferenças entre os valores da produtividade estimada pelo modelo matemático com a obtida a campo.

Ainda assim, os cultivares CD 1440 e QUARTZO, mesmo influenciados por fatores adversos proporcionados pelas diferentes regiões de adaptação tritícola e datas de semeadura apresentaram rendimento compatível com o valor estimado pelo método de Jensen. Este resultado pode ser confirmado pelo ”bom” desempenho desse modelo em estimar a produtividade destes cultivares.

3.4 CONCLUSÕES

Quanto menor o número de espigas por metro quadrado maior foi o número de grãos por espiga para as duas localidades. O aumento no número de espigas por metro quadrado contribui para aumentar o rendimento de grãos dos cultivares avaliados.

As semeaduras em 21/05/2015 em Cascavel e 16/04/2015 em Palotina resultaram rendimento de grãos com média de 5391 kg ha^{-1} e 3409 kg ha^{-1}, respectivamente.

Os cultivares CD 1440 e QUARTZO obtiveram desempenho considerado “Bom” para estimar o rendimento de grãos, permitindo a utilização do modelo para estimar a produtividade destes cultivares.

O modelo de estimativa de produtividade não considera perdas por excesso de chuvas e/ou ataque de pragas e doenças, o que possivelmente gerou resultados

superestimados de produtividade para os cultivares CD 108, CD 1104, CD 150 e CD 154.

3.5 REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift,** v.22, n.6, p.711–728, 2013.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão. 2. ed. Jaboticabal, Brasil, 2003. 41p.

BRASIL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. 2009. 399p.

CAMARGO, Â.P de.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89–97, 1997.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. CD-ROM, Londrina : IAPAR, 2000.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE (CBPTT). **Informações técnicas para o trigo e triticale – safra 2016**. Org: CUNHA, G,R da.; CAEIRÃO, E; ROSA, A.C; Passo Fundo - RS, 2016. 228p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.5, n.4, 2018. 132p.

CUNHA, G.R da; HAAS, J.C.; MALUF, J.R.T.; CARAMORI, P.H.; ASSAD, E.D.; BRAGA, H.J.; ZULLO JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, C.; GONÇALVES, S.; WREGE, M. BRUNETTA, D. DOTTO, S. R. SILVEIRA, H.P.; 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,** v.9, n.3, p.400-414, 2001.

CUNHA, R da. MALUF, J.R.T.; HASS, J.C.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M.B.M. **Regionalização climática e suas implicações para o potencial de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, n.11, 2003. 23p. Acesso em: 20 de outubro de 2016. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp11_r.htm.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Revista atual, 1997.

212p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIOREZE, S. L.; RODRIGUES, J.D. Componentes produtivos do trigo afetados pela densidade de semeadura e aplicação de regulador vegetal. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p. 39-54, 2014.

GUARIENTI, E.M.; CIACCO, C.F.; CUNHA, G.R da.; DEL DUCA, L.D.J.A.; CAMARGO, C.M de. O. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.3, p. 412-418, 2005.

IAPAR. **Médias históricas**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070>. Acesso em: 14 de outubro 2017.

JUNGES, A.H.; FONTANA, D.C. Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul**. Revista Ceres**, v.58, n.1, p. 9-16, 2011.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C.D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v.40, n.7, p.1550-1556, 2010.

LARGE, E.C. Growth stages in cereals: Illustration of the Feeks scale. **Plant Pathology***,* v.3, n.4, p.128-129, 1954.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C**. Meteorologia Agrícola**. Edição Revista e Ampliada. 2007. 192p. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf. Acesso em: 21 novembro de 2016.

RANZI, C.; FORCELINI, C.A.; DEUNER, C.C. Efeito de temperaturas na expansão, número de lesões e severidade da mancha- amarela da folha do trigo. **Summa Phytopathol**, v.41, n.4, p.311-314, 2015.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; TEIXEIRA, M.C.C.; ROMAN, E.S. **Redutores de crescimento**, Boletim online, n.14. 2003. 18p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14.htm. Acesso em: 20 de julho de 2016.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; TEIXEIRA, M.C. C.; ROMAN, E.S. **Características fisiológicas associadas ao avanço no potencial de rendimento de grãos de trigo**, Boletim online n.6, 2002. 26p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bp06_1.htm. Acesso em: 14 de outubro de 2017.

SANTOS, H.G dos.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C dos.; OLIVEIRA, V.A de.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A de.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA,

J.B de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SCHEEREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F de.; FEDERIZZI, L.C. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo: Parte II – Teste no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.5, p.605-619, 1995a.

SCHEEREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F de.; FEDERIZZI, L.C. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e excesso de água no solo: Teste em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.8, p.1041-1048, 1995b.

SILVA, J. A. G da.; ARENHARDT, E.G.; KRÜGER, C.A.M.B.; LUCCHESE, O.A.; METZ, M.; MAROLLI, A. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.27-33, 2015.

SOUZA, J.L.M de.; GERSTEMBERGER, E.; ARAUJO, M.A. Calibração de modelos agrometeorológicos para estimar a produtividade da cultura do trigo, considerando sistemas de manejo do solo, em Ponta Grossa-PR. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, p.409-418, 2013.

SOUZA, J.L.M de.; GOMES, S. Limites na utilização de um modelo de balanço hídrico decendial em função da capacidade de água disponível no solo. **Acta Scientiarum Agronomy,** v.30, n.2, p.153-163, 2008.

SOUZA, J.L.M. **Programa MORETTI - Módulo balanço hídrico seqüencial: periodicidade: 1, 5, 7, 10, 15 e 30 dias, Versão 1.0**. DSEA/SCA/UFPR: Curitiba (programa computacional), 2008.

STEDUTO, P.; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop yield response to water.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations,- FAO (Irrigation and Drainage, Paper 66), 2012. 500p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton, v.8, n.1, 1955.104 p.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F de.A.; CANTELLE, A. Componentes do rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. Revista Ceres (Impresso), v.58, n.3, p.337-341, 2011.

WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981.

4 CONCLUSÕES GERAIS

A temperatura do ar influencia na duração dos estádios de desenvolvimento de cultivares de trigo.

A temperatura mínima basal de crescimento e a soma térmica variam de acordo o cultivar e a fase de desenvolvimento do trigo.

O aumento do número de espigas por metro quadrado proporciona incremento de rendimento de grãos.

O cultivar CD 1104 se destacou entre os demais apresentando maiores rendimento de grãos em todos os ambientes testados.

O modelo de estimativa de produtividade de Jensen obteve desempenho considerado “Bom” para estimar a produtividade dos cultivares CD 1440 e QUARTZO.