



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PATO BRANCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



JOÃO CARLOS CIVIERO

**EFEITO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA NO DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DO TRIGO (*Triticum aestivum* L.) NA REGIÃO DE
PATO BRANCO-PR**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2010

JOÃO CARLOS CIVIERO

**EFEITO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA NO DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DO TRIGO (*Triticum aestivum* L.) NA REGIÃO DE
PATO BRANCO-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Sistemas de Produção vegetal.

Orientador: Dr. José Abramo Marchese

PATO BRANCO

2010

C582e Civiero, João Carlos

Efeito de épocas de semeadura no desenvolvimento e produtividade do trigo (*Triticum Aestivum* L.) na região de Pato Branco-PR / João Carlos Civiero. – Pato Branco. UTFPR, 2010
xv, 73f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. José Abramo Marchese

Co-orientadores: Prof. Dr. Giovani Benin e Prof. Msc. Osmar Rodrigues

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco/PR, 2010.

Bibliografia: f.68-73

1. Radiação. 2. Temperatura. I. Marchese, José Abramo II. Giovani, Benin. III. Rodrigues, Osmar. IV. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. V. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. VI. Título.

CDD 630

Ficha Catalográfica elaborada por

Elda Lopes Lira CRB 9/1295

Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 024

**: Efeito de épocas de semeadura no desenvolvimento e produtividade do trigo
(*triticum aestivum L.*) na região de Pato Branco.**

por

João Carlos Civiero

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia quatro de março de dois mil e dez, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Dr. José Abramo Marchese
UTFPR

Dr. Giovanni Benin
UTFPR

Dr. Alceu Assmann
TAPAR

Dr. Michelangelo Muzzell Trezzi
UTFPR

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Idemir Citadin
Coordenador do PPGA

DEDICO

A Deus, por mais esta maravilhosa conquista.

A minha mãe Anita, por mostrar o caminho da educação e da verdade.

A meu irmão Marcio e minha irmã Simone, pelo incentivo.

E a meu pai Domingos (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, pelo incentivo.

Ao professor orientador José Abramo Marchese pela ajuda na orientação e pelos conhecimentos repassados.

Aos demais professores do programa de pós-graduação, em especial ao co-orientador Giovani Benin.

Ao pesquisador Osmar Rodrigues (CNPT- Passo Fundo) pelas contribuições.

Aos meus amigos pelos bons momentos.

À UTFPR pela estrutura disponibilizada.

A todos os estagiários e amigos que de forma direta ou indiretamente estiveram envolvidos na elaboração dos experimentos, sendo eles: Alencar Junior Brustolin, Diogo Capelin, Edson Pissaia, Eduardo Pagliosa, Fernando Eduardo Lopez, Jéssica Faversoni, Marcos Paladini, Rafaeli Negri e Tiago Bellusso.

Ao tratorista da UTFPR, Sr. Otávio.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e que não foram mencionados. OBRIGADO!

“A paciência é amarga, mas seu fruto é doce”.

RESUMO

CIVIERO, João Carlos. Efeito de épocas de semeadura no desenvolvimento e produtividade do trigo (*Triticum aestivum* L.) na região de Pato Branco-PR. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2010.

Para cada subperíodo de desenvolvimento do trigo são produzidos diferentes órgãos, estando a formação do número destes órgãos dependente da duração de cada subperíodo. A temperatura, o fotoperíodo e a vernalização contribuem significativamente para a determinação da taxa de desenvolvimento da duração desses subperíodos. Neste contexto, este estudo objetivou apresentar um mapeamento da variabilidade temporal dos fatores de ambiente em Pato Branco, e discutir suas possíveis implicações para a expressão do potencial de rendimento de grãos de trigo. Também, buscou-se analisar os períodos do ano que ofereçam as melhores condições de ambiente, em termos de temperatura e radiação solar para a definição do aumento dos componentes de rendimento e desenvolvimento da cultura, buscando as melhores épocas de semeadura para as cultivares em estudo. O experimento foi conduzido durante os anos de 2008 e 2009 na Estação Experimental do Curso de Agronomia da UTFPR, em Pato Branco-PR (26°10' S; 52°41'W e 750 m). O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições no primeiro ano e com quatro repetições no segundo ano, em esquema bifatorial (cultivares BRS 208, BRS 220 e BRS Guamirim x sete épocas de semeaduras). As semeaduras foram efetuadas no período de: 06/05, 17/05, 31/05, 14/06, 28/06, 12/07 e 26/07 para o ano de 2008 e 02/05, 16/05, 02/06, 13/06, 30/06, 13/07, 24/07 para o ano de 2009. Assim, o presente estudo, inicialmente, determinou os diferentes subperíodos de desenvolvimento dos genótipos de trigo testados, assim delimitados: SE-EM, EM-DA, DA-ET, ET-AN, AN-MF. Os estádios de duplo anel e de espiguetas terminal foram determinados morfológicamente, em 3 colmos colhidos a cada 48 horas. Para determinação da maturação fisiológica, cinco espiguetas centrais de três espigas, totalizando 15 espiguetas por parcela foram amostradas a cada 72 horas e levadas a estufa, para após serem pesadas, considerando a maturação fisiológica quando apresentavam massa constante. Também, foram avaliadas as implicações do QF no rendimento dos genótipos testados. Foram analisadas as variáveis: altura de planta, massa seca da parte aérea e espigas, índice de colheita e os componentes de rendimento (espigas m⁻², espiguetas espiga⁻¹, grãos espiguetas⁻¹ e massa de mil grãos). Conclui-se que não foi possível observar efeito claro, do quociente fototermal (QF) sobre a definição dos componentes de rendimento. Para o ano de 2008 o subperíodo AN-MF, esteve associado com o aumento do rendimento de grãos, somente para a cultivar BRS 220, correlacionando-se posteriormente com o aumento do QF e repercutindo no aumento da massa de grãos. Para o ano de 2009 não foi possível observar correlações do rendimento de grãos com a soma térmica. Entretanto foi verificado entre o QF e a soma térmica do subperíodo AN-MF, para a cultivar BRS Guamirim. Quanto ao rendimento de grãos, esse diferiu entre os anos de alta precipitação (2009) com relação ao ano de baixa precipitação (2008). As semeaduras realizadas nas datas de 30 de maio e 14 de junho ocasionaram os maiores rendimentos de grãos, para os anos de 2008 e 2009, respectivamente.

Palavras-chave: Quociente fototermal, radiação solar, temperatura, rendimento de grãos, fenofases.

ABSTRACT

CIVIERO, João Carlos. Effect of sowing dates in the development and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in the region of Pato Branco-PR. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2010.

For each subperiod development of wheat are produced in different organs and is the formation of the number of these organs dependent on the duration of each subperiod. The temperature of the vernalization photoperiod and contribute significantly to determine the rate of development of the length of such sub-periods. In this context, this study aims to map the temporal variability of environmental factors in Pato Branco, and discuss its possible implications for the expression of yield potential of wheat. Also, we attempted to analyze the periods of the year that offer the best environmental conditions, in terms of temperature and solar radiation to define the increase in yield components and development of culture, seeking the best seasons to the cultivars studied. The experiment was conducted during the years 2008 and 2009 at the Experimental Station of Agronomy Course UTFPR in Pato Branco-PR (26°10'S; 52°41'W and 750 m). The experimental design was randomized blocks with three replications in the first year and four replications in the second year in a factorial scheme (BRS 208, BRS 220 and BRS Guamirim x seven sowing dates). The sowings were made in the period of: 06/05 17/05 31/05 14/06 28/06 12/07 and 26/07 for the year 2008 and 02/05 16/05, 02 / 06 13/06 30/06 13/07 24/07 for the year 2009. Thus, this study initially determined the different developmental sub periods of the wheat genotypes tested, so defined: SE-EM, EM-DA, DA-ET, ET-AN, AN-MF. The double ring stages and terminal spikelet were determined morphologically, 3 stalks harvested every 48 hours. To determine the physiological maturity, five central spikelets of three spikes, with 15 spikelets per plot were sampled every 72 hours and brought the oven, for after being weighed, considering the physiological maturity when they had constant weight. Also, we assessed the implications of QF yield of genotypes. The variables analyzed were: plant height, shoot dry weight and ear, harvest index and yield components (spikes m^{-2} , spikelets spike $^{-1}$, grains spikelet $^{-1}$ and thousand grain weight). It is not clear effect was observed, photothermal quotient (QF) on the definition of component performance. For the year 2008 the subperiod AN-MF, was associated with increased grain yield, only for BRS 220, correlating with the later increase in QF and reflecting the increase in grain mass. For the year 2009 was not possible to observe correlations of yield with the thermal. However it was observed between the QF and the thermal sub-period of the AN-MF, for BRS Guamirim. The grain yield, this differed between the years of high rainfall (2009) with respect to years of low precipitation (2008). Cultivation procedures conducted on the dates of May 30 and June 14 showed higher grain yields for the years 2008 and 2009, respectively.

Key words: Quotient photothermal, solar radiation, temperature, grain yield, phenophases.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Caracterização do solo da área onde foi implantado o experimento no ano de 2008.....	30
TABELA 2 - Caracterização do solo da área onde foi implantado o experimento no ano de 2009.....	31
TABELA 3 - Temperaturas (°C) abaixo de 4 °C ocorridas no ano de 2008 e 2009 em Pato Branco-PR.....	36
TABELA 4 - Quadro da análise da variância conjunta para as fontes de variação: anos (A), épocas (E) e cultivares (C) com os respectivos graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM) e coeficiente de variação (CV) para as variáveis: estatura de plantas (EST), massa seca de espigas (MS ESP), número de espigas por m ² (ESP m ²), número de espiguetas por espiga (SPTA ESP), número de grãos por espiguetas (GR SPTA), massa de mil grãos (MS 1000 G), rendimento de grãos (REND), massa seca da parte aérea (MS AÉREA) e índice de colheita (IC).....	39
TABELA 5 - Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 nos anos de 2008 e 2009.....	41
TABELA 6 - Data de início dos subperíodos para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2008.....	50
TABELA 7 - Soma térmica (°C) para cada subperíodo das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2008.....	51
TABELA 8 - Data de início dos subperíodos para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2009.....	51
TABELA 9 - Soma térmica (°C) para cada subperíodo das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2008.....	52
TABELA 10 - Número de grãos espiguetas ⁻¹ das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 nos anos de 2008 e 2009.....	56
TABELA 11 - Cultivares e seus índices de colheita (IC) obtidos conforme o ano de cultivo.....	60
TABELA 12 - Estatura de plantas (cm) das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 nos anos de 2008 e 2009.....	64

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Precipitação (mm) dos anos de 2008 e 2009. Fonte: IAPAR.....34
- FIGURA 2 - Radiação solar global ($\text{MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$) dos anos de 2008 2009. Fonte: IAPAR.....35
- FIGURA 3- Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) dos anos de 2008 e 2009. Fonte: IAPAR.....36
- FIGURA 4 - Rendimento de grãos (kg ha^{-1}) em relação à época de semeadura nos anos de 2008 e 2009.....40
- FIGURA 5 - Correlação entre a soma térmica dos subperíodos ($^{\circ}\text{C}$): emergência (EM), duplo-anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) com o rendimento de grãos (kg ha^{-1}), para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208.....42
- FIGURA 6 - Correlação entre a duração dos subperíodos (dias): emergência (EM), duplo-anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) com o número de grãos (m^2) para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208.....43
- FIGURA 7 - Correlação entre a soma térmica dos subperíodos ($^{\circ}\text{C}$): emergência (EM), duplo-anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) com o rendimento de grãos (kg ha^{-1}), para os cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208.....44
- FIGURA 8 - Correlação entre a duração dos subperíodos (dias): emergência (EM), duplo-anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) com o número de grãos (m^2), para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208.....45
- FIGURA 9 - Correlação entre a duração dos subperíodos (dias): espiguetas terminal (ET) a antese (AN) com o número de grãos e o subperíodo antese (AN) a maturação fisiológica (MF) com a massa de grãos, para os cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208.....45
- FIGURA 10 - Correlação entre o quociente fototermal [$\text{MJ}/(\text{m}^2 \text{ dia } ^{\circ}\text{C})$] e a soma térmica ($^{\circ}\text{C}$) para os subperíodos: emergência (EM), duplo anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2008....47
- FIGURA 11 - Correlação entre o quociente fototermal [$\text{MJ}/(\text{m}^2 \text{ dia } ^{\circ}\text{C})$] e a soma térmica ($^{\circ}\text{C}$) para os subperíodos: emergência (EM), duplo anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2009....48
- FIGURA 12 - Número de espigas m^{-2} em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009.....49
- FIGURA 13 - Produção de espiguetas espiga^{-1} nos anos de 2008 e 2009 conforme as épocas de semeaduras.....53

FIGURA 14 - Número de grãos por espiguetas em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009.....	55
FIGURA 15 - Massa de seca de espigas (kg ha^{-1}) em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009.....	57
FIGURA 16 - Massa de mil grãos (g) em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009.....	58
FIGURA 17 - Índice de colheita das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009.....	60
FIGURA 18 - Matéria seca da parte aérea (kg ha^{-1}) em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009.....	62
FIGURA 19 - Estatura de plantas (cm) em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009.....	63

LISTA DE SIGLAS

AN	Antese
°C	Graus Celsius
DA	Duplo-anel
EM	Emergência
ET	Espiguetta terminal
ha	Hectare
kg	Quilograma
MF	Maturação fisiológica
MJ	Megajoule
MPa	Megapascal
mm	Milímetros
QF	Quociente fototermal
RS	Radiação solar
Tb	Temperatura base
Tm	Temperatura media

LISTA DE ABREVIATURAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
USDA	United States Department of Agriculture
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO TRIGO.....	18
2.2 PRODUÇÃO DE TRIGO NO BRASIL E NO PARANÁ.....	19
2.3 DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO E EXIGÊNCIAS BIOCLIMÁTICAS.....	20
2.3.1 Temperatura.....	21
2.3.2 Radiação Solar.....	22
2.3.3 Fotoperíodo e Vernalização.....	23
2.3.4 Precipitação.....	24
2.3.5 Disponibilidade de Recursos Ambientais e Componentes de Rendimento do Trigo.....	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	29
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	29
3.3 ESTABELECIMENTO E ADUBAÇÃO DA CULTURA.....	30
3.4 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	30
3.5 DETERMINAÇÃO DOS SUBPERÍODOS E CÁLCULO DO QUOCIENTE FOTOTERMAL.....	31
3.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO.....	32
3.7 CARACTERÍSTICA DAS CULTIVARES.....	32
3.8 DADOS METEOROLÓGICOS.....	33
3.8.1 Precipitação.....	34
3.8.2 Radiação Solar Global.....	35
3.8.3 Temperatura.....	35
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 RENDIMENTO E SEUS COMPONENTES <i>versus</i> ANOS E ÉPOCAS DE SEMEADURA.....	38
4.1.1 Número de Espigas m ²	48
4.1.2 Número de Espiguetas Espiga ⁻¹	52
4.1.3 Grãos Espiguetas ⁻¹	54
4.1.4 Massa Seca de Espigas e de Grãos.....	56
4.1.5 Índice de Colheita Aparente.....	59

4.1.6 Massa Seca da Parte Aérea e Estaturas das Plantas.....	61
5 CONCLUSÕES	66
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

A cultura do trigo possui elevada expressão econômica no Estado do Paraná, existindo a possibilidade das áreas serem ampliadas significativamente, se a cultura proporcionar aumentos de rentabilidade ao agricultor. Para Rodrigues (2006) a pouca lucratividade da triticultura brasileira deve-se principalmente, à baixa produtividade da cultura e aos altos custos de produção.

Dentre os fatores relacionados a produtividade, podemos destacar os fatores de ambiente envolvidos na definição dos componentes de rendimento de grãos da cultura. Dentre eles, a temperatura e a radiação solar possuem influência direta na produção dos componentes de rendimento do trigo, afetando a duração de cada fase de desenvolvimento e a produção de diferentes órgãos (folhas, espigas, espiguetas, flores e grãos). Embora os componentes de rendimento da cultura de grãos são gerados, através de toda a estação de crescimento ou ciclo da cultura, o rendimento parece ser muito mais sensível às alterações provocadas pela disponibilidade de recursos em alguns subperíodos de desenvolvimento específicos, mais do que em outros. Nesse particular, vários estudos têm demonstrado que o número de grãos m^{-2} é o componente dominante para explicar variações de rendimento do trigo (FISCHER, 1985; SAVIN e SLAFER, 1991; RODRIGUES *et al.*, 2007; ESTRADA-CAMPUZANO *et al.*, 2008; FISCHER, 2008). O aspecto fundamental para se entender a formação do rendimento de grãos do trigo, foi à identificação de um subperíodo crítico concentrado num curto espaço de tempo imediatamente anterior à antese, delimitado entre os estádios de espiguetas terminal e a antese (FISCHER, 1985). Esse subperíodo crítico para a definição do rendimento potencial em trigo, espiguetas terminal-antese (ET-AN), caracteriza-se como a etapa de crescimento da espiga no interior do colmo (pré-espigamento).

Devido à região de Pato Branco ter a semeadura do trigo estendendo-se ao longo dos meses de maio a julho, e a cultura estar submetida a diferentes condições de ambiente, e estas ligadas a definição do rendimento, observa-se a necessidade da definição da época do ano que propicie as melhores condições de ambiente para a cultura, especialmente no subperíodo ET-AN, período crítico para a formação do rendimento potencial do trigo.

Nesse contexto, este estudo objetivou apresentar um mapeamento da variabilidade temporal dos fatores do ambiente em Pato Branco-PR, e discutir as suas possíveis implicações para a expressão do potencial de rendimento de grãos de trigo. Também, buscou-se analisar o(s) período(s) do ano que ofereça(m) as melhores condições de ambiente, em termos de temperatura e radiação solar para a definição do aumento dos componentes de rendimento e desenvolvimento da cultura, buscando as melhores épocas de semeadura para as cultivares em estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta de ciclo anual, pertencente à família *Poaceae* e ao gênero *Triticum*. Este gênero contém em torno de 30 espécies, sendo que metade é cultivada comercialmente e as restantes crescem de forma silvestre. O *Triticum aestivum* L., conhecido como trigo comum, é a espécie de maior interesse comercial (ABITRIGO, 2006). Essa cultura foi primeira a ser domesticada pelo homem e, por cerca de 8.000 anos, é o principal cereal cultivado na Europa, Ásia Ocidental e norte da África. No Brasil, as primeiras sementes foram trazidas por Martim Afonso de Sousa em 1531 (ÖZKAN *et al.*, 2001).

A cultura do trigo é originária do Oriente Médio, região ocupada atualmente pelos países de Israel, Líbano, Kuwait, Síria e Iraque. Posteriormente, foi difundida para o restante do mundo, ocupando hoje aproximadamente 20% das áreas agricultáveis do planeta. Embora não se saiba exatamente quando o trigo passou a fazer parte da alimentação humana, estudos permitiram identificar trigos com, aproximadamente, 6.700 anos a.C. Esta cultura, no passado, foi fundamental para a sobrevivência de várias civilizações predominantemente rurais (TOMASINI e AMBROSI, 1998).

O trigo é uma cultura amplamente adaptada aos mais diversos locais do mundo, sendo cultivada entre as latitudes de 30°S a 60°N e até altitudes superiores a 3.000 m. Esta ampla adaptação do trigo deve-se, ao seu complexo genoma, proporcionando alta plasticidade (BÖRNER *et al.*, 2005).

O cultivo de trigo foi uma das primeiras atividades agrícolas introduzidas pelos colonizadores europeus no Brasil. Os cultivos brasileiros, estabelecidos no Rio Grande do Sul e em São Paulo, foram anteriores aos norte-americanos, argentinos e uruguaios (TOMASINI e AMBROSI, 1998).

Atualmente o destino da cultura do trigo é principalmente à fabricação de pães, massas alimentícias e biscoitos. Também pode ser destinado para fabricação de ração animal quando não atinge qualidade exigida (GUARIENTI *et al.*, 2005).

No Brasil, a cultura não possui lugar de maior destaque devido aos problemas enfrentados, considerados de ordem sistêmica, envolvendo uma forte interação entre componentes biofísicos e socioeconômicos, ao longo dos diferentes segmentos da cadeia produtiva. No primeiro grupo, enquadram-se a cultura propriamente dita (cultivares e suas características), os estresses bióticos causados por doenças, pragas e plantas daninhas, e os abióticos, ligados ao clima e ao solo. E, no segundo grupo, têm-se as relações de mercado, as macropolíticas (econômica, agrícola, etc), a estrutura fundiária e, principalmente, a ação do homem, atuando como protagonista principal (CUNHA *et al.*, 2001).

2.2 PRODUÇÃO DE TRIGO NO BRASIL E NO PARANÁ

A cultura do trigo tem grande importância no cenário agrícola mundial, por ser o cereal mais cultivado em área, mas em volume de grãos, é superado pela cultura do milho (USDA, 2009).

Atualmente, os maiores produtores e exportadores mundiais são Argentina, Austrália, Canadá e Estados Unidos e, entre os importadores, China, Índia, Rússia, União Européia, Turquia e infelizmente, apesar da grande área agricultável, o Brasil também se destaca entre os importadores.

O trigo é um importante cereal para o Estado do Paraná, pela necessidade de ocupação das áreas durante o período de inverno e pela falta de culturas como opções para o período.

Segundos dados da CONAB (2009), a área cultivada com o trigo no Estado do Paraná, no ano de 2009, situou-se em 1,19 milhões de hectares, obtendo-se uma produtividade de 2.642 Kg ha⁻¹, totalizando uma produção de 3,14 milhões de toneladas. A área cultivada no país foi de 2,32 milhões de hectares, resultando em uma produtividade de 2.402 Kg ha⁻¹, totalizando uma produção de 5,57 milhões de toneladas.

O balanço de oferta e demanda publicada pela CONAB (2009) indica a previsão de importação de trigo no ano safra 2009/10 de 5,7 milhões de toneladas, que somada à produção de 5,57 milhões toneladas e ao estoque inicial de 1,81 milhões toneladas, gera um suprimento de 13,09 milhões toneladas.

2.3 DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO E EXIGÊNCIAS BIOCLIMÁTICAS

Os fatores envolvidos no desenvolvimento do trigo são de extrema importância para compreensão da formação dos componentes de rendimento da cultura.

Slafer e Rawson (1994) definiram que o ciclo de desenvolvimento da cultura do trigo vai da emergência até a maturação fisiológica, e pode ser dividido em quatro fases: i) vegetativa, que ocorre entre a formação dos primórdios foliares do colmo principal até a formação do primeiro primórdio floral; ii) reprodutiva, que se subdivide em início da fase reprodutiva, da iniciação floral (pouco antes do estágio de duplo anel) até a formação da espiguetas terminal, quando todas as espiguetas e algumas flores já estão diferenciadas, e final da fase reprodutiva, que ocorre desde a iniciação da espiguetas terminal até o florescimento ou antese; e iii) finalmente a fase de enchimento de grãos, que vai da antese até a maturação fisiológica.

Desta forma, o número de grãos é determinado antes da antese e após este estágio os grãos são de fato enchidos e é estabelecida a sua massa seca de grãos (FISCHER, 1985).

De forma geral, a duração dos estádios ontogenéticos da cultura do trigo são regulados por três fatores determinantes: temperatura, fotoperíodo e vernalização. O conhecimento das respostas das culturas a estas variáveis de ambiente é extremamente importante para caracterizar os efeitos da adaptabilidade de diferentes cultivares de trigo a diferentes áreas produtivas. Dos três fatores acima mencionados, a temperatura é um fator universal que afeta a duração de todos os estádios da cultura, da emergência à maturação fisiológica (MIRALLES, 2004).

Guarienti *et al.* (2005) complementam afirmando que o conhecimento dos riscos de natureza climática que interferem na qualidade de trigo produzido no Sul do Brasil pode amenizar o risco de perdas econômicas, além de constituir poderoso auxiliar nas tomadas de decisão e de políticas agrícolas e de contribuir para a oferta de matérias-primas adequadas às necessidades das indústrias brasileiras.

Descreve-se a seguir a influência dos principais fatores abióticos que interferem no crescimento e desenvolvimento da cultura do trigo.

2.3.1 Temperatura

Os efeitos ocasionados pela temperatura são mais amplos quando comparados com os efeitos da radiação e da vernalização, pois há ausência de cultivares de trigo insensíveis a temperatura (RODRIGUES *et al.*, 2001).

Para Scheeren *et al.* (2000) a temperatura ideal para o pleno desenvolvimento da planta não deve ser muito baixa, pois pode paralisar o crescimento de trigo. Quando ocorre baixa temperatura na fase inicial da lavoura, sem formação de geadas, haverá prolongamento do período vegetativo e o trigo desenvolverá mais afilhos, resultando também em sistema radicular mais abundante, possibilitando maior exploração dos nutrientes do solo. Os mesmos autores afirmam ainda que para o afilhamento, temperaturas entre 15 e 20 °C são excelentes, enquanto para o desenvolvimento de folhas a temperatura ideal é de 20 a 25 °C. A partir do estágio de alongamento, temperaturas muito baixas, com formação de geadas fortes, poderão provocar "queima" de folhas e "estrangulamento" do colmo de trigo, prejudicando severamente a cultura.

Walter *et al.* (2009) complementam afirmando que a temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura do trigo se situa em torno de 22 °C. Para Tavella (1988 apud FIETZ, 2005), tendo a temperatura de 15 °C como referência, quando a temperatura média diária alcança 18,5 °C, 22,0 °C e quando ultrapassa 25 °C há diminuições de 11,3%, 22,6% e 32,3% no rendimento da cultura do trigo, respectivamente.

Siqueira *et al.* (2000) citam que a principal causa da diminuição do rendimento de grãos das culturas é o encurtamento do ciclo de desenvolvimento, em cenários com aumentos de temperatura.

Cargnin *et al.* (2006) observaram que altas temperaturas na fase de germinação ocasiona redução da massa seca de plântula e da eficiência de uso do endosperma.

2.3.2 Radiação Solar

Segundo Moreira *et al.* (1999) a radiação contida na faixa espectral compreendida entre 400 e 700 nm do espectro eletromagnético é conhecida tanto como radiação visível quanto radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Esta radiação é a fonte de energia para as plantas realizarem a fotossíntese. Pois a produção de matéria seca das culturas agrícolas é diretamente proporcional à RFA absorvida pelo dossel das plantas.

A radiação solar é a fonte de energia para a fotossíntese, sendo o processo inicial utilizado pelas culturas para converter água e dióxido de carbono em açúcares simples. Desse modo, a quantidade e duração da superfície do dossel fotossinteticamente ativo e a eficiência do uso da radiação são componentes importantes no crescimento e produtividade agrícola (OVIEDO *et al.*, 2001). Apesar de a radiação solar ser essencial para a fotossíntese, ela é somente um dos diversos fatores que interagem na produtividade agrícola. Outros fatores limitantes ao crescimento e produtividade agrícola são os nutrientes, água, temperatura e o CO₂.

A produção de biomassa pelas culturas está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, interceptada e absorvida pelas folhas, e à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química, pela fotossíntese. Sendo assim, qualquer fator que altere a eficiência de uso da radiação solar pode influenciar na produção de grãos de trigo (HEINEMANN *et al.*, 2006).

Calderini *et al.* (1997) observaram que as modernas cultivares de trigo já alcançaram índices de colheita bem próximos do limite teórico, e que o aumento de produção de grãos, deverá ser obtido pelo aumento na produção de biomassa, mantendo os presentes valores de participação das mesmas.

Tornando-se desta forma essencial o máximo aproveitamento da radiação solar pela cultura. Heinemann *et al.* (2006) comentam ainda que qualquer fator que altere a eficiência de uso da radiação solar pode influenciar a produção de grãos de trigo.

2.3.3 Fotoperíodo e Vernalização

Ribeiro *et al.* (2009) trabalhando com cinco cultivares (BRS 179, BRS 194, BRS 207, BRS Figueira e BRS Umbu) e três épocas de semeadura 23/6 (período indicado), 25/7 e 27/8, verificaram que houve interação entre fotoperíodo e cultivar (para a semeadura realizada em 23/6), e que todas as cultivares tiveram seus ciclos reduzidos, com o aumento do fotoperíodo, enquanto nas plantas com épocas de semeadura de 25/7 e 27/8, houve interação entre fotoperíodo e cultivar e entre vernalização e cultivar. Assim, concluíram que o fotoperíodo influencia a taxa de desenvolvimento e a duração do ciclo do trigo, independentemente do processo de vernalização e que a resposta ao fotoperíodo, na fase reprodutiva do trigo, é dependente do genótipo.

Rodrigues *et al.* (2001) também observaram que algumas variedades respondem ao fotoperíodo, embora outras não. Mas o mesmo autor salienta que, nas condições de cultivo do Sul do Brasil, o comprimento do dia, ao longo dos estádios de desenvolvimento do trigo, não varia, de modo geral, em mais de duas horas. Essa variação mínima tem sido interpretada como insuficiente para provocar alterações significativas na planta, ou seja, as cultivares de trigo semeadas no Rio Grande do Sul apresentam pouca ou nenhuma resposta ao fotoperíodo. Dessa maneira pode-se afirmar que os processos de desenvolvimento da planta de trigo são controlados principalmente pela temperatura do ar.

Alguns cereais de invernos desenvolveram mecanismos como estratégia de proteção contra os efeitos danosos das baixas temperaturas, sendo a vernalização um desses mecanismos na cultura do trigo. Vernalização é o processo pelo qual sementes tratadas ou plântulas expostas a temperaturas baixas, mas não congelantes são induzidas a florescer. Trigos de primavera apresentam pouca sensibilidade à vernalização e trigos de inverno são fortemente responsivos (sensíveis) à vernalização (ALBERTO *et al.*, 2009). Após a floração, plantas de trigo não são responsivas a vernalização (não sensíveis). Para Miralles (2004) as temperaturas são dadas como vernalizantes em um intervalo de 0 a 12 °C sendo o ideal entre 5-7 °C.

Para Slafer e Rawson (1994), as plantas de trigo respondem à vernalização, especialmente pela diminuição do tempo para atingir o florescimento, com a redução

do número de primórdios foliares e, por consequência, com a redução do número final de folhas.

Sabe-se que a maioria das cultivares brasileiras não possuem exigências a vernalização.

2.3.4 Precipitação

Para Alves e Silva (2007) a cultura do trigo possui uma relativa tolerância à deficiência hídrica, quando comparada a outras culturas, devido a sua maior eficiência no uso da água, em decorrência de ser originária de regiões semi-áridas. Quanto à produtividade alcançada para o cultivo irrigado de trigo, Albrecht (2005) afirma que se chega a obter mais de 7.000 kg ha^{-1} , no caso dos cultivos nas regiões do Cerrados.

Rodrigues *et al.* (1998) verificaram que o estágio de folha-bandeira foi o mais sensível à deficiência hídrica - causando maior redução no rendimento – seguido da antese e quarta folha. Ainda, segundo Rodrigues *et al.* (1998), dos componentes de rendimento, o número de grãos por espiga é o mais associado à redução do rendimento de grãos sob efeito da deficiência hídrica, mas a redução no rendimento de grãos em trigo ocorreu somente quando o nível de deficiência hídrica foi superior a $-2,0 \text{ MPa}$. Por outro lado, experimentos realizados por Frizzone e Olitta (1990) demonstraram que o trigo é bastante sensível ao déficit de água, obtendo-se as maiores reduções no rendimento de grãos quando este déficit ocorria entre o início do florescimento e a fase de grão leitoso.

No Rio Grande do Sul os valores de precipitação pluvial estão no limite máximo de tolerância da cultura, tanto que, em anos nos quais a precipitação pluvial é acima da média no Estado (anos de *El Niño*), o rendimento de grãos da cultura é afetado negativamente. Em 57% dos anos de ocorrência de *El Niño*, os desvios da média de rendimento de grãos de trigo no Rio Grande do Sul foram negativos, enquanto que, dos eventos de *La Niña*, 67% apresentaram desvios positivos, evidenciando uma forte tendência dos anos de *La Niña* favorecer a cultura do trigo e anos de *El Niño* ser desfavoráveis a mesma (CUNHA, 1999). Estando a queda de

produtividade ligada certamente à diminuição da radiação solar, nos anos em que ocorre o fenômeno de *El Niño*.

2.3.5 Disponibilidade de Recursos do Ambiente e Componentes de Rendimento do Trigo

Embora os componentes de rendimento dos cultivos de grãos sejam gerados através de toda a estação de crescimento ou ciclo da cultura, o rendimento parece ser muito mais sensível às alterações provocadas pela disponibilidade de recursos em alguns subperíodos de desenvolvimento específicos, mais do que em outros. Nesse particular, vários estudos têm demonstrado que o número de grãos por unidade de superfície é o componente dominante para explicar variações de rendimento em trigo (FISCHER, 1985; SAVIN e SLAFER, 1991; RODRIGUES *et al.*, 2007; ESTRADA-CAMPUZANO *et al.*, 2008; FISCHER, 2008).

O aspecto fundamental para o entendimento da formação do rendimento em trigo foi à identificação de um subperíodo crítico concentrado num curto espaço de tempo imediatamente anterior à antese, delimitado entre os estádios de espiguetas terminal e a antese (FISCHER, 1985). Esse subperíodo crítico para a definição do rendimento potencial em trigo, espiguetas terminal-antese (ET-AN), caracteriza-se como a etapa de crescimento da espiga no interior do colmo (pré-espigamento).

Nas lavouras, o começo desse importante subperíodo quase que invariavelmente coincide com o final do perfilhamento ou início do alongamento dos colmos, na ocasião em que há elevação do ponto de crescimento para cima da superfície do solo (RODRIGUES *et al.*, 2000).

Cabe destacar que a maior parte dos avanços obtidos no aumento do rendimento potencial de trigo, mundialmente, via programas de melhoramento genético, foram alcançados graças às mudanças ocorridas nessa etapa de crescimento da espiga (ET-AN), principalmente envolvendo modificações no padrão de partição de assimilados fotossintéticos, com um maior direcionamento para as espigas (GIFFORD *et al.*, 1984; SLAFER *et al.*, 2001).

O aumento do potencial produtivo pode ser conseguido através de um maior número de sementes por unidade de área. A compreensão desta variável é

essencial para explicar a variação no rendimento e uma opção de identificar o aumento do potencial produtivo do trigo (BINDRABAN *et al.*, 1998).

Atualmente, com as previsíveis dificuldades em se continuar aumentando a partição para as espigas, via redução da altura de planta e aumento do IC (índice de colheita), Slafer *et al.* (2001) e Rodrigues *et al.* (2007) indicam a possibilidade de se aumentar a duração do período de crescimento da espiga.

Rodrigues *et al.* (2007) avaliando os progressos no melhoramento genético para rendimento de grãos de trigo no Sul do Brasil, no período de 1940-1992, verificou um aumento na duração do subperíodo ET-AN nas cultivares modernas, contribuindo para um aumento do rendimento de grãos.

Os fundamentos teórico-experimentais do clássico trabalho de Fischer (1985), que definiu, para trigo de primavera, sob condições potenciais de manejo, a existência de uma estreita relação entre um quociente fototermal (QF – radiação/temperatura) e o número de grãos por unidade de superfície, têm sido usados como ferramenta de avaliação das disponibilidades de recursos do ambiente em termos de potencial de rendimento para trigo (MAGRIN *et al.*, 1993).

Fischer (1985) propõe que a radiação influencia o número de grãos via efeito linear na taxa de crescimento durante o período imediatamente precedente à antese, enquanto que a temperatura opera fundamentalmente na duração deste período. Menéndez e Satorre (2007) afirmam que o QF diminui com o aumento da temperatura e aumenta com o aumento da radiação.

Ou seja, mais radiação disponível e menores temperaturas (maiores QFs) em pré-antese, alongam este subperíodo, o que permite uma maior assimilação de CO₂ e nutrientes, revertendo em um maior número de grãos por área.

Quando água e nutrientes não são fatores limitantes durante o desenvolvimento do cultivo, o número de grãos m⁻² pode ser predito de maneira confiável pelo QF_(Et-An) (FISCHER, 1985).

Para Slafer *et al.* (1990 apud MIRALLES, 2004) as condições ambientais durante a fase reprodutiva afetam de maneira importante o número final de grãos.

Durante essa fase se define o número de afilhos viáveis (afilhos que produzirão espigas), estabelecendo o número de espigas por unidade de área e o número de primórdios florais que sobreviveram dentro de cada espigueta, obtendo como resultado final o número de flores férteis, que finalmente depois da maturidade serão estabelecidas como grãos.

A relação positiva entre o peso das espigas no florescimento e o número de flores férteis neste momento demonstra que a quantidade de recursos alojados na espiga é fundamental para se obter um elevado número de grãos (RODRIGUES *et al.*, 2007). Sendo que a radiação afeta o número de grãos com relação linearmente positiva com a taxa de crescimento da cultura, e a temperatura afeta negativamente, acelerando o desenvolvimento. É possível pensar que o número de grãos (e em muitos casos o rendimento) depende destes fatores durante o período crítico definido em torno da antese.

Desta forma, as tentativas de entender como a produção é construída, tem sido descritas como produto da expressão numérica de seus componentes. Assim, a produção de trigo é considerada produto do número de plantas por área, espigas plantas⁻¹, espiguetas espigas⁻¹, grãos espiguetas⁻¹ e peso de grão. Tais componentes são, quase invariavelmente, negativamente correlacionados, de modo que o melhoramento de um componente pode afetar negativamente o outro (SLAFER *et al.*, 1996).

Vários estudos têm permitido compreender que, tão importante quanto os critérios específicos de seleção, tão desejados pelos melhoristas, é o conhecimento e a definição de períodos no ciclo de desenvolvimento da planta de trigo, considerados como mais importantes (críticos) para o rendimento de grãos (RODRIGUES *et al.*, 2000). O conhecimento das causas de variações desses períodos críticos, bem como os processos de crescimento que as produzem, são importantes ferramentas de manejo para máxima expressão do potencial de rendimento de grãos. Entre os componentes de rendimento de grãos estudados, o peso de grãos não esteve associado significativamente com a evolução do rendimento de grãos nas condições do Sul do Brasil (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Os reflexos das diferenças sazonais de temperatura e radiação são perceptíveis na expressão do potencial de rendimento do trigo, tanto nas estatísticas de lavouras em campos de produtores quanto nos dados da rede de ensaios experimentais. Pela condição ambiente mais favorável para trigo, maior rendimento e menor variabilidade entre safras, sistematicamente, tem sido obtido na zona de maior altitude. Isso se explica por uma condição mais favorável para definir o número de grãos por unidade de área, especialmente associada com a relação entre radiação solar e temperatura (quociente fototermal), no período que vai de 20 dias antes até 10 dias após a antese (FISCHER, 1985).

Para Miralles (2004), se os fatores ambientais que regulam o crescimento são desfavoráveis durante o período crítico, estes irão incidir negativamente sobre o número final de flores férteis no momento da floração da cultura. Assim, condições pouco favoráveis nos 10 dias posteriores à floração reduzirão à capacidade de estabelecimento das flores férteis e conseqüentemente a formação de um maior número de grãos.

Para cada fase de desenvolvimento da cultura do trigo são produzidos diferentes órgãos (folhas, espiguetas, flores e grãos), estando o número da formação destes órgãos dependentes da duração de cada fase. Como mencionado anteriormente à temperatura contribui significativamente no tempo de duração destas fases, assim a diminuição da temperatura até determinado ponto (temperatura base) tende a alongar estas fases, contribuindo para o aumento do rendimento.

Uma forma de alongar o tempo nestes subperíodos é adequar à semeadura das cultivares, de forma a coincidir os estádios entre a espiguetas terminal e antese (fase de maior importância na definição do número de grãos) com o período que apresente um maior quociente fototermal (QF, ou seja, onde a radiação seja a maior possível e que a temperatura seja a menor possível).

Nesse sentido, e com base na evolução dos rendimentos ocorrida nos últimos anos no material genético disponível, estratégias devem ser buscadas para maximizar a duração do subperíodo de espiguetas terminal a antese, no sentido de aumentar a disponibilidade de recursos do solo para sustentar o estabelecimento do maior número de componentes de rendimento e conseqüentemente obter um maior rendimento de grãos.

A semeadura de trigo, em Pato Branco-PR, dá-se entre maio e julho, e também em muitas regiões produtoras de trigo o período de semeadura se estende por várias semanas ou até mesmo meses e este fato, por si só, determina que o período crítico de formação de rendimento potencial em trigo (ET-AN) acabe submetido a diferentes condições de ambiente, com possíveis conseqüências para a expressão do potencial de rendimento de grãos dessa cultura, devido às variações de radiação solar e de temperatura.

Nesse contexto, este estudo objetivou apresentar um mapeamento da variabilidade temporal dos fatores do ambiente em Pato Branco, e discutir suas

possíveis implicações para a expressão do potencial de rendimento de grãos de trigo.

Assim, buscou-se (i) analisar o(s) período(s) do ano que ofereça(m) as melhores condições ambientais em termos de temperatura e radiação solar para a definição do aumento dos componentes de rendimento da cultura, definindo as épocas ideais de semeadura para as cultivares em estudo, e; (ii) observar as implicações do QF no rendimento dos genótipos testados e analisar a influência dos fatores meteorológicos (radiação solar, temperatura e precipitação) sobre a construção do rendimento. Neste sentido, foi determinada a duração dos subperíodos de desenvolvimento de genótipos. Assim delimitados: semeadura-emergência, emergência-duplo anel, duplo anel-espiguetas terminal, espiguetas terminal-antese e antese-maturação fisiológica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Curso de Agronomia da UTFPR, em Pato Branco-PR (26°10'S; 52°41'W). Sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho aluminoférrico de textura argilosa, situado em relevo suave ondulado, localizado na região denominada Terceiro Planalto Paranaense, apresentando no local de implantação do experimento altitude média de 750 m.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições, no ano de 2008 e com quatro repetições no ano de 2009, em esquema bifatorial (cultivares BRS 208, BRS 220 e BRS Guamirim x sete épocas de semeadura). As sete épocas

de semeadura foram: 06/05, 17/05, 31/05, 14/06, 30/06, 12/07 e 26/07 para o ano de 2008, e 02/05, 16/05, 02/06, 13/06, 30/06, 13/07 e 24/07 para o ano de 2009.

3.3 ESTABELECIMENTO E ADUBAÇÃO DA CULTURA

As semeaduras foram efetuadas na densidade de 400 sementes aptas por m² e tratadas (Triadimenol), sendo as parcelas experimentais compostas de 7 linhas de 6 m cada, com espaçamento entre linhas de 20 cm.

A adubação de base foi realizada com 400 kg ha⁻¹ da formulação 08-20-20, de acordo com a análise de solo (anexo 1) e a adubação nitrogenada de cobertura constou de 20 kg N ha⁻¹, na forma de uréia. Sendo aplicado no estágio de espiguetas terminal.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Nas tabelas 1 e 2 é apresentada a caracterização química do solo da área experimental, dos anos de 2008 e 2009, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento.

Tabela 1 - Caracterização do solo da área experimental onde foi implantado o experimento no ano de 2008. UTFPR, 2010.

M. O. ¹	P	K ⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	pH	V
	--- mg dm ⁻³ ---			--- cmol _c dm ⁻³ ---		---CaCl ₂ ---	%
4,46	5,37	172,8	0,02	5,03	2,69	5,2	64,7

¹M.O.: matéria orgânica, P: fósforo (Melich), K⁺: potássio, Al³⁺: alumínio, Ca²⁺: cálcio, Mg²⁺: magnésio, V: saturação de bases.

Tabela 2 - Caracterização do solo da área experimental onde foi implantado o experimento no ano de 2009. UTFPR, 2010.

M. O. ¹	P	K ⁺	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	pH	V
	--- mg dm ⁻³ ---			--- cmol _c dm ⁻³ ---		---CaCl ₂ ---	%
4,89	8,25	78	0,09	4,25	2,38	4,45	57

¹M.O.: matéria orgânica, P: fósforo (Melich), K⁺: potássio, Al³⁺: alumínio, Ca²⁺: cálcio, Mg²⁺: magnésio, V: saturação de bases.

3.5 DETERMINAÇÃO DOS SUBPERÍODOS E CÁLCULO DO QUOCIENTE FOTOTERMAL

Foi determinada a duração dos subperíodos: semeadura-emergência (SM-EM), emergência - duplo anel (EM-DA), duplo anel - espiguetas terminal (DA-ET), espiguetas terminal - antese (ET-AN) e antese-maturação fisiológica (AN-MF).

A emergência de plântulas e a antese foram estimadas quando 50% das plântulas e espigas nas parcelas possuíam a primeira folha e anteras extrusadas, respectivamente.

Os estádios de duplo anel e de espiguetas terminal foram determinados morfológicamente, de acordo com Nerson *et al.* (1980), com auxílio de estereomicroscópio binocular, em três colmos colhidos a cada 48 horas, sendo necessário que as plantas fossem dissecadas e analisadas em laboratório

Para determinação da maturação fisiológica, durante o aparecimento das aristas, foram marcadas 50 plantas homogêneas por parcela. Próximo a grão leitoso, iniciaram-se as coletas de três espigas a cada 72 horas, sendo secas em temperatura de 60 °C. Posteriormente, em balança de precisão, foi realizada a pesagem de cinco espiguetas centrais das três espigas coletadas por parcela, considerando o dia da ocorrência da maturação fisiológica, quando as espiguetas atingiram massa constante.

O quociente fototermal compreendendo o subperíodo ET-AN foi calculado, pelo modelo proposto por Fisher (1985): $QF = Rs/(Tm - Tb)$, onde o **QF** é o quociente fototermal diário (MJ dia⁻¹ °C⁻¹), **Rs** é a radiação solar total ou global (MJ m⁻² dia⁻¹), **Tm** é a temperatura média diária (°C) e **Tb** a temperatura base (°C).

As temperaturas bases utilizadas foram: SE–EM = 2,1 °C; EM–DA = 4,8 °C; DA–ET= 0,9 °C; ET–AN = 8,4 °C; AN–MF = 8,0 °C (RODRIGUES *et al.*, 2001).

Quanto à realização do cálculo da soma térmica (°C dia⁻¹), foi efetuado pelo somatório das temperaturas médias diárias.

3.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO

Antes da realização da colheita foi determinado à altura das cultivares. Posteriormente, foi realizada a colheita da biomassa em 01 m² e levado ao laboratório, onde foi realizada a separação manual das estruturas (espigas, folhas e colmos) e levadas para estufa, permanecendo aproximadamente por uma semana, posteriormente a retirada da estufa foram imediatamente pesadas.

O número de espigas foi determinado através da contagem total das espigas colhidas em 01 m² da parcela.

O número de espiguetas espiga⁻¹ foi obtido analisando-se 50 espigas, coletadas aleatoriamente do total de espigas colhidas.

O número de grãos espiguetas⁻¹ foi determinado realizando-se a debulha das 50 espigas, utilizadas para a contagem do número espiguetas espiga⁻¹, realizando-se a contagem do número total de grãos e dividindo-se pelo total de espiguetas.

Para a determinação do rendimento de grãos, as espigas coletadas em 01 m² foram trilhadas e em seguida os grãos foram pesados, convertendo-se o resultado para Kg ha⁻¹. Quanto à massa de grãos, este componente foi determinado através da contagem de mil grãos.

3.7 CARACTERÍSTICA DAS CULTIVARES

As características das cultivares, utilizadas neste experimento são as seguintes:

BRS Guamirim: destaca-se pelo seu porte baixo (70 cm de altura) e possui alto potencial de afilhamento, o que garante grande número de espigas por metro

quadrado. Tem ampla adaptação às principais regiões tritícolas brasileiras e apresenta média de rendimento de grãos de 3.400 kg ha⁻¹, podendo chegar a 4.100 kg ha⁻¹ no Estado do Paraná. A classe comercial é pão, indicado para panificação industrial e mesclas de farinha. Em relação a doenças, o BRS Guamirim é moderadamente resistente à ferrugem da folha, ao oídio, a giberela e às manchas foliares. Ainda é moderadamente resistente à debulha natural, à germinação na espiga, ao crestamento e resistente ao acamamento (EMBRAPA, 2008).

BRS 220: a cultivar de trigo se destaca por apresentar palha forte e excelente resistência ao acamamento. É resistente à ferrugem da folha, moderadamente resistente ao vírus do mosaico, ao oídio e às manchas foliar e suscetível ao vírus do nanismo amarelo da cevada. É moderadamente tolerante ao alumínio tóxico e suscetível à germinação pré-colheita. Pertence à classe trigo Pão. Tem apresentado melhor desempenho em ambientes de temperaturas amenas e de boa fertilidade. Em sistema de rotação de culturas apresenta excelente rendimento com reduzida aplicação de fungicidas. No Paraná, em cinco anos de ensaios, apresentou produtividade média de 4.050 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2008).

BRS 208: apresenta resistência às principais doenças do trigo, principalmente, ao oídio. É tolerante ao alumínio tóxico do solo e moderadamente resistente ao acamamento. Apresenta qualidade industrial relativamente estável, nos diferentes ambientes, sendo classificado como trigo Pão. O potencial produtivo da cultivar é superior a 4.000 kg ha⁻¹, tendo apresentado elevados rendimentos com pouco uso de fungicidas. Quanto às doenças, sugere-se atenção especial no controle da brusone e giberela, em ambientes favoráveis à sua ocorrência (EMBRAPA, 2008).

3.8 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação experimental do IAPAR em Pato Branco-PR (26°10'S; 52°41'W e 750 m), localizado cerca de 6,7 km do ensaio.

As condições climáticas dos anos de 2008 e 2009 mostraram diferenças relevantes, para precipitação, radiação, temperatura e ocorrência de geadas. Serão descritas a seguir as diferenças de cada um destes fenômenos entre os anos.

3.8.1 Precipitação

No experimento conduzido em 2008, não houve irrigação e várias pequenas estiagens afetaram a cultura do trigo. Para o ano de 2009 houve uma situação de maior precipitação, talvez excesso de precipitação, e nos poucos eventos de estiagem que ocorreram realizou-se a irrigação.

O ano de 2008 totalizou um acumulado de precipitação de 985 mm ($5,1 \text{ mm dia}^{-1}$) durante o ciclo de semeadura à maturação fisiológica, lembrando que estes valores foram mal distribuídos. Em contrapartida, para o mesmo período do ano de 2009 a quantidade foi de 1341 mm de chuva ($6,9 \text{ mm dia}^{-1}$) e melhor distribuídas, quando comparadas ao ano de 2008. O ciclo de desenvolvimento da cultura no ano de 2009 teve uma quantidade de chuva 36% superior a o ano de 2008 (figura 1).

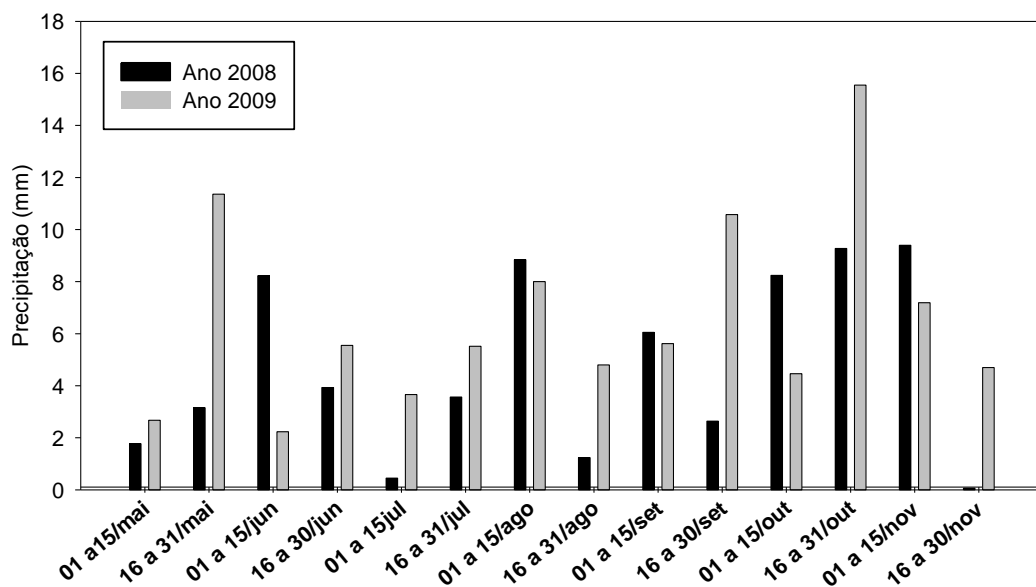


Figura 1 - Precipitação dos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010. Fonte: IAPAR.

3.8.2 Radiação Solar Global

Em relação à radiação solar, entre os anos de cultivo, observa-se que a radiação incidente para o ano de 2008 foi superior, especialmente entre os meses de agosto e setembro (figura 2), com uma média diária de $12,9 \text{ MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$. Já para o ano de 2009, a radiação foi inferior, com $9,6 \text{ MJ m}^2 \text{ dia}^{-1}$, sendo então 35% inferior ao ano de 2008. Valores estes referentes aos períodos que se iniciaram da sementeira e foram até a maturação fisiológica.

Certamente, esta diminuição acentuada da radiação foi ocasionada pela nebulosidade, pois como foi citado anteriormente, o período de 2009 apresentou uma quantidade de chuva superior ao de 2008.

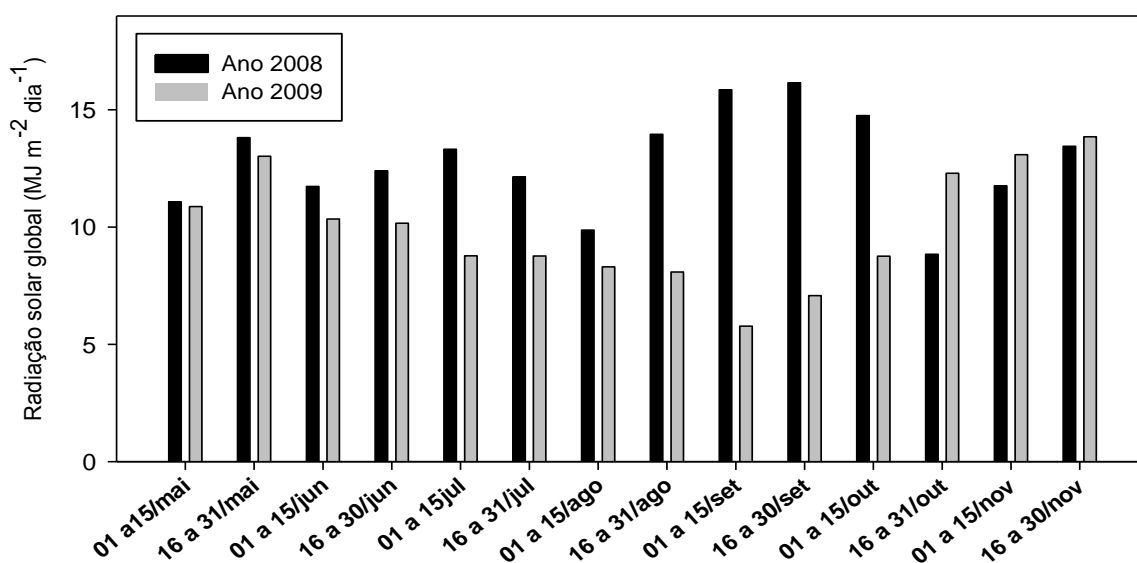


Figura 2 - Radiação solar global dos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010. Fonte: IAPAR.

3.8.3 Temperatura

As temperaturas médias ocorridas nos períodos que se iniciaram desde a primeira sementeira até a maturação fisiológica da última época de sementeira, também apresentaram diferenças consideráveis. Nos anos de 2008 e 2009 as temperaturas médias foram de $19,1 \text{ °C}$ e $17,5 \text{ °C}$, respectivamente (figura 3).

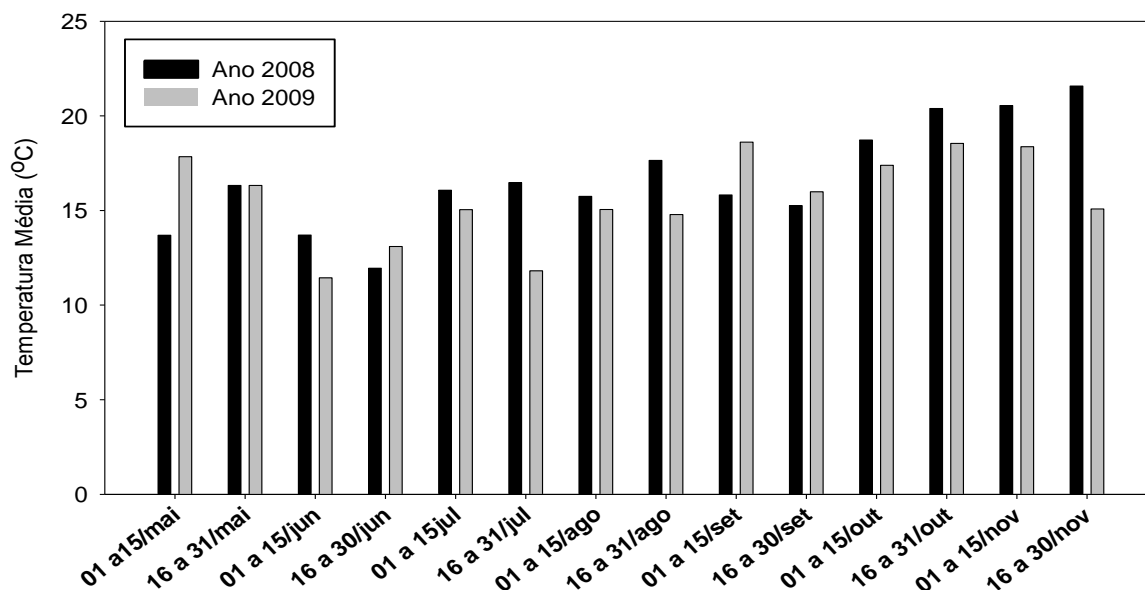


Figura 3 - Temperatura dos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010. Fonte: IAPAR.

Como citado anteriormente, o ano de 2009 apresentou temperaturas mais baixas em relação ao ano de 2008 e foi possível observar também a ocorrência de temperaturas mais baixas (tabela 3), principalmente nos dias 24 e 25 de julho.

Tabela 3 - Temperaturas (°C) abaixo de 4 °C ocorridas no ano de 2008 e 2009 em Pato Branco - PR.

Datas	°C	Datas	°C
31/5/2008	2,2	16/5/2009	3,2
10/6/2008	1,8	2/6/2009	3,6
11/6/2008	1,8	3/6/2009	-1,6
16/6/2008	-1,8	4/6/2009	3,8
18/6/2008	3,8	6/6/2009	3,8
4/8/2008	3,2	1/7/2009	3,2
7/9/2008	2,8	24/7/2009	-0,6
22/9/2008	3,8	25/7/2009	-1,9
		3/8/2009	3,9

Fonte: IAPAR.

3. 9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados estatisticamente, sendo submetidos à análise da variância no modelo fatorial (2x3x7), sendo dois anos de cultivo 2008 e 2009, três cultivares (BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208) e sete épocas de semeadura. Os valores que apresentaram interação significativa foram testados pela análise de regressão polinomial conjunta até o grau de polinômio cúbico.

Quanto à comparação de médias foi realizado através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Posteriormente as análises foram realizadas utilizando-se do programa computacional ASSISTAT 7.5 beta (SILVA *et al.*, 2009). Os gráficos e correlações foram gerados a partir do programa SigmaPlot (SIGMAPLOT, 2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RENDIMENTO DE GRÃOS E SEUS COMPONENTES *versus* ANOS E ÉPOCAS DE SEMEADURA

Observando a tabela da análise da variância conjunta (tabela 4), para os parâmetros analisados, verifica-se que a exceção da massa seca de espigas, os demais parâmetros revelaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os anos de 2008 e 2009. O mesmo ocorreu para a fonte de variação das cultivares, com a exceção da massa seca total da parte aérea, os demais parâmetros foram significativamente diferentes. Quanto à fonte de variação épocas de semeadura, percebe-se que todos os parâmetros analisados foram significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Analisando a interação entre as fontes de variação, verifica-se que para os anos e época de semeadura todos os parâmetros apresentaram diferenças significativas, menos para a massa seca total da parte aérea.

Quanto à interação entre anos e cultivares observa-se que apenas altura de planta, número de grãos espiguetas⁻¹, índice de colheita e rendimento de grãos foram significativos (tabela 4).

Para as interações entre época de semeadura e cultivares os dados revelaram que apenas número de espiguetas espiga⁻¹ e índice de colheita foram significativos.

Já a interação tripla entre os fatores de variação ano de cultivo, época de semeadura e cultivares, pode-se observar que houve diferença significativa ($P < 0,05$) somente para número de espiguetas espiga⁻¹ e índice de colheita.

Quanto à qualidade dos resultados, observa-se que estes apresentaram uma alta precisão, apresentando coeficientes de variações (cv) que foram abaixo ou próximos a 11%.

Tabela 4 - Quadro da análise da variância conjunta para as fontes de variação: anos (A), épocas (E) e cultivares (C), com os respectivos graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM) e coeficiente de variação (CV) para as variáveis: altura de plantas (ALT), massa seca de espigas (MS ESP), número de espigas por m² (ESP m²), número de espiguetas por espiga (SPTA ESP), número de grãos por espiguetas (GR SPTA), massa de mil grãos (MS 1000 G), rendimento de grãos (REND), massa seca da parte aérea (MS AÉREA) e índice de colheita (IC). UTFPR, 2010.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		ALT	ESP m ²	SPTA ESP	MS ESP	GR SPTA
Anos (A)	1	120.0**	89014.29**	98.73**	769403.94 ^{ns}	0.49**
Épocas (E)	6	161.9**	7397.97**	5.23**	1931517.31**	0.31**
Cultivares (C)	2	4356.34**	305645.45**	112.69**	3209673.23**	0.47**
A x E	6	03.38**	6852.73**	12.54**	1214086.69**	0.04*
A x C	2	85.78**	2080.10 ^{ns}	0.26 ^{ns}	432282.54 ^{ns}	0.59**
E x C	12	9.84 ^{ns}	1365.69 ^{ns}	2.55**	205182.39 ^{ns}	0.02 ^{ns}
A x E x C	12	9.32 ^{ns}	1165.10 ^{ns}	2.82**	361196.95 ^{ns}	0.03 ^{ns}
Resíduo-Erro	84	9.29	1243.23	0.61	344481.92	0.02
Total	125					
Média		83.13	455.54	17.37	5316.46	1.81
C.V. (%)		3.66	7.74	3.51	11.03	8.13

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		MS 1000 G	REND	MS AÉREA	IC
Anos (A)	1	159.32**	67814277.5**	4553959.58**	0.86**
Épocas (E)	6	121.32**	2175645.58**	2350711.45**	0.01**
Cultivares (C)	2	19.26**	2862606.05**	1080576.24 ^{ns}	0.04**
A x E	6	44.64**	1093068.92**	1217090.47 ^{ns}	0.009**
A x C	2	5.00 ^{ns}	1271914.48**	972887.99 ^{ns}	0.01**
E x C	12	2.38 ^{ns}	141678.25 ^{ns}	467323.62 ^{ns}	0.001**
A x E x C	12	3.87 ^{ns}	128410.56 ^{ns}	5320005.77 ^{ns}	0.001**
Resíduo-Erro	84	2.21	118267.61	603124.97	0.001
Total	125				
Média		33.79	3094.18	9557.57	0.32
C.V. (%)		4.4	11.11	8.12	10.4

*, ** Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. ^{ns} Não significativo. G.L.= Graus de liberdade, C.V. = Coeficiente de variação.

Analisando o rendimento de grãos nos anos de cultivo de 2008 e 2009, observa-se que houve diferenças significativas entre os anos, em relação às épocas de semeadura. Verifica-se que o ano de 2008 apresentou maior rendimento, mesmo enfrentando várias estiagens (figura 1). Observando a curva de rendimento de grãos dos anos de cultivo (figura 4), nota-se que, para o ano de 2008, caso fosse realizada a semeadura no dia 30 de maio, obter-se-ia o maior rendimento (4277 kg ha⁻¹), já

para o ano de 2009, esse seria atingido na semeadura realizada no dia 14 junho (2671 kg ha⁻¹).

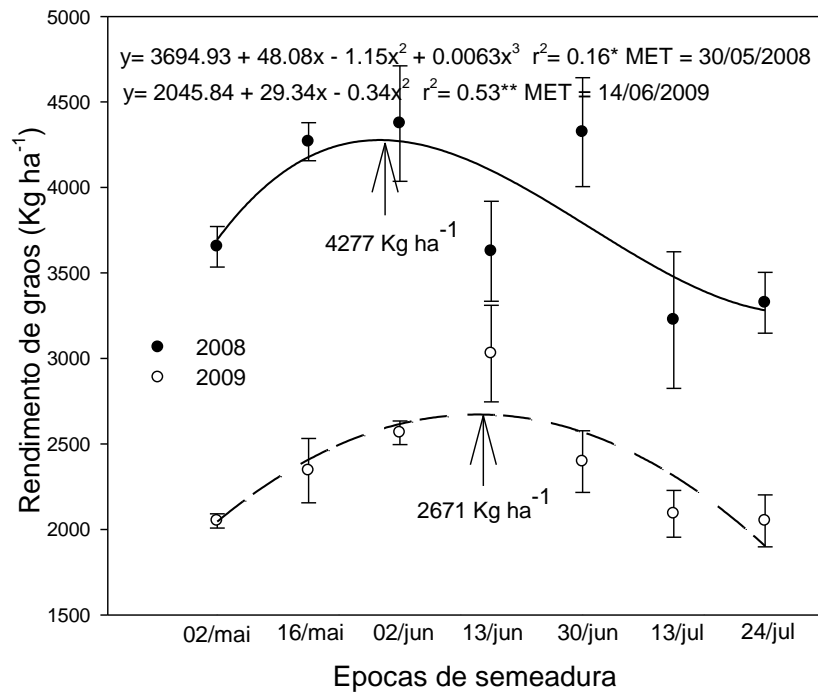


Figura 4 - Rendimento de grãos (Kg ha⁻¹) em relação à época de semeadura nos anos de 2008 e 2009. MET = Máxima eficiência técnica. UTFPR, 2010.

Ressalta-se que no ano de 2008 houve baixa precipitação, levando à cultura a deficiência hídrica em várias fases de desenvolvimento. Por outro lado, já o ano de 2009 apresentou problemas com excesso precipitação (figura 1).

Rodrigues *et al.* (1998) afirmam que o estágio mais sensível na cultura do trigo a deficiência hídrica é na folha-bandeira, seguido do estágio de antese, já para o estágio de grão leitoso, deficiência hídrica não afeta significativamente o rendimento de grãos. Os mesmos autores citam que o número de grãos espiga⁻¹ é o componente de rendimento mais associado à redução do rendimento de grãos sob efeito da deficiência hídrica, e que a cultura é relativamente tolerante a falta de água, apresentando decréscimos de rendimento somente quando submetida a estresses abaixo de -2 MPa (potencial de água no xilema).

Por outro lado, em 2009, constatou-se que a ocorrência de alta precipitação, foi o principal fator da diminuição da produtividade, em virtude do efeito ocasionado

pelo aumento da nebulosidade, assim indiretamente repercutindo na diminuição da radiação solar (figura 2).

Considerando que o ano de 2009 foi mais chuvoso, a diminuição da produtividade observada em relação em 2008, neste trabalho, está de acordo com Menéndez e Satorre (2007) os quais sugerem que a nebulosidade, leva à diminuição da radiação e conseqüentemente a diminuição da fotossíntese, afetando o rendimento. Pois a intensidade da luz é um dos principais fatores que afetam a produção de fotoassimilados e a contribuição para o rendimento de grãos (WANG *et al.*, 2003).

Verón *et al.* (2004) observaram que a precipitação, dentre outros fatores (temperatura e radiação), foi o que mais esteve associado com o rendimento de grãos ao longo do século 20, nas regiões tritícolas da Argentina.

Quanto à comparação das médias para o rendimento de grãos (tabela 5), entre as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208, verificam-se diferenças significativas entre os anos de 2008 e 2009 para todas as cultivares, diferenças atribuídas certamente às adversidades climáticas, como o excesso de precipitação (aumento da nebulosidade) repercutindo na diminuição da radiação solar (discutidas anteriormente).

Verificaram-se também diferenças significativas de rendimento entre os cultivares, no ano de 2009, tendo apresentado o BRS 220 e BRS Guamirim os maiores rendimentos, diferindo do BRS 208 que apresentou o menor rendimento. Porém no ano de 2008, não houve diferenças significativas entre os cultivares. Está diferença de produtividade, pode estar relacionada à resposta que as cultivares apresentam em relação às condições de ambiente.

Tabela 5 – Rendimento de grãos das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

Anos	Rendimento de grãos (Kg ha ⁻¹)							
	Cultivares						Médias ¹	
	BRS Guamirim		BRS 220		BRS 208			
2008	3862	aA	3892	aA	3728	aA	3827	a
2009	2514	bA	2697	bA	1869	bB	2360	b
Médias	3188	A	3294	A	2799	B		

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

No ano de cultivo de 2009, o rendimento não esteve correlacionado com a soma térmica de nenhum subperíodo (figura 5), porém, quando foi realizada a correlação do número de grãos m^{-2} com a duração do subperíodo, verifica-se que houve uma correlação positiva significativamente nas 3 cultivares para o subperíodo espiguetas terminal e antese (figura 6), exatamente na fase em que ocorre a diferenciação de flores espiguetas⁻¹, refletindo no aumento do número de grãos espiguetas⁻¹, exceto para a cultivar BRS Guamirim (figura 9).

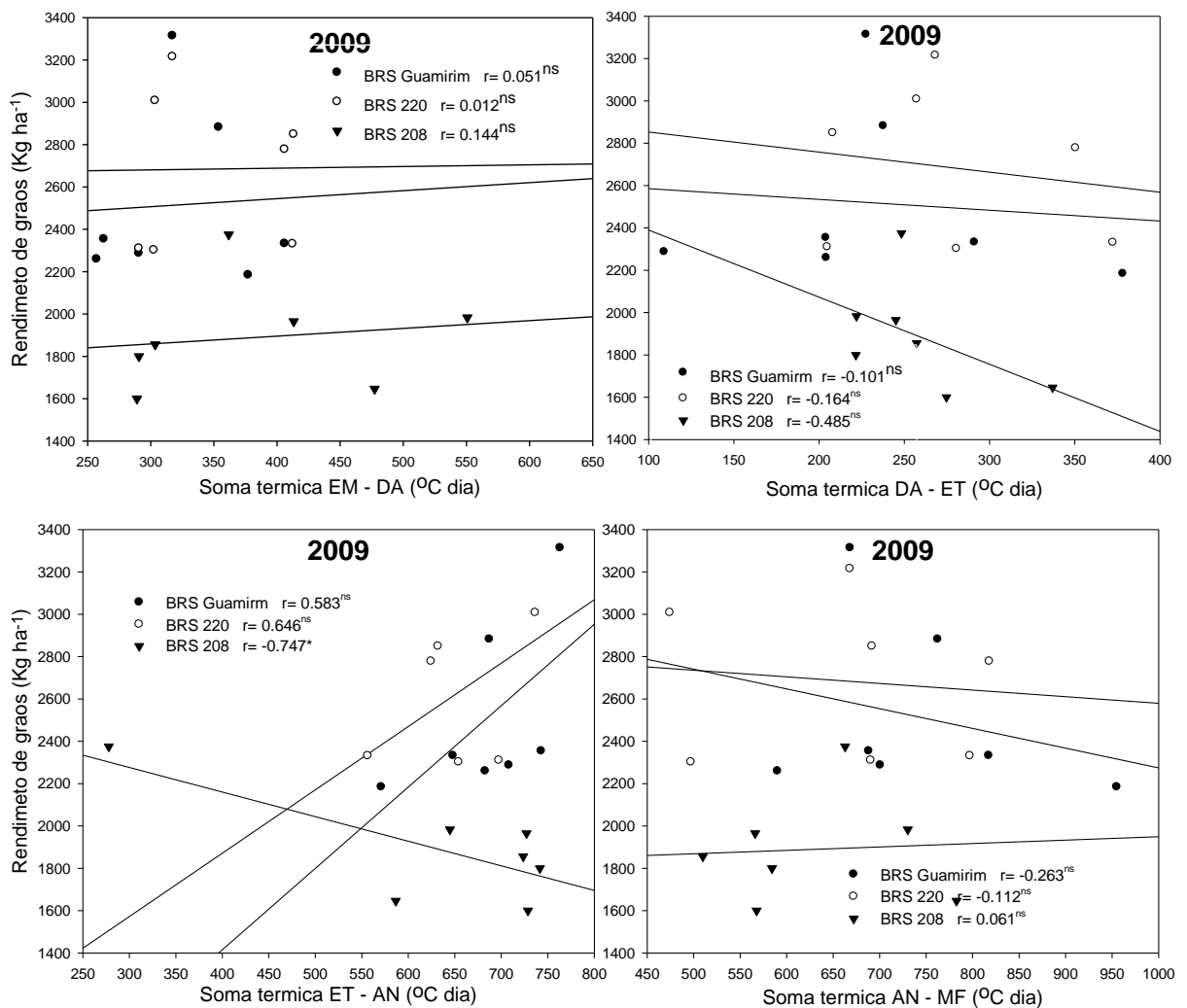


Figura 5 - Correlação entre a soma térmica dos subperíodos: emergência (EM), duplo-anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) com o rendimento de grãos, para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208. UTFPR, 2010.

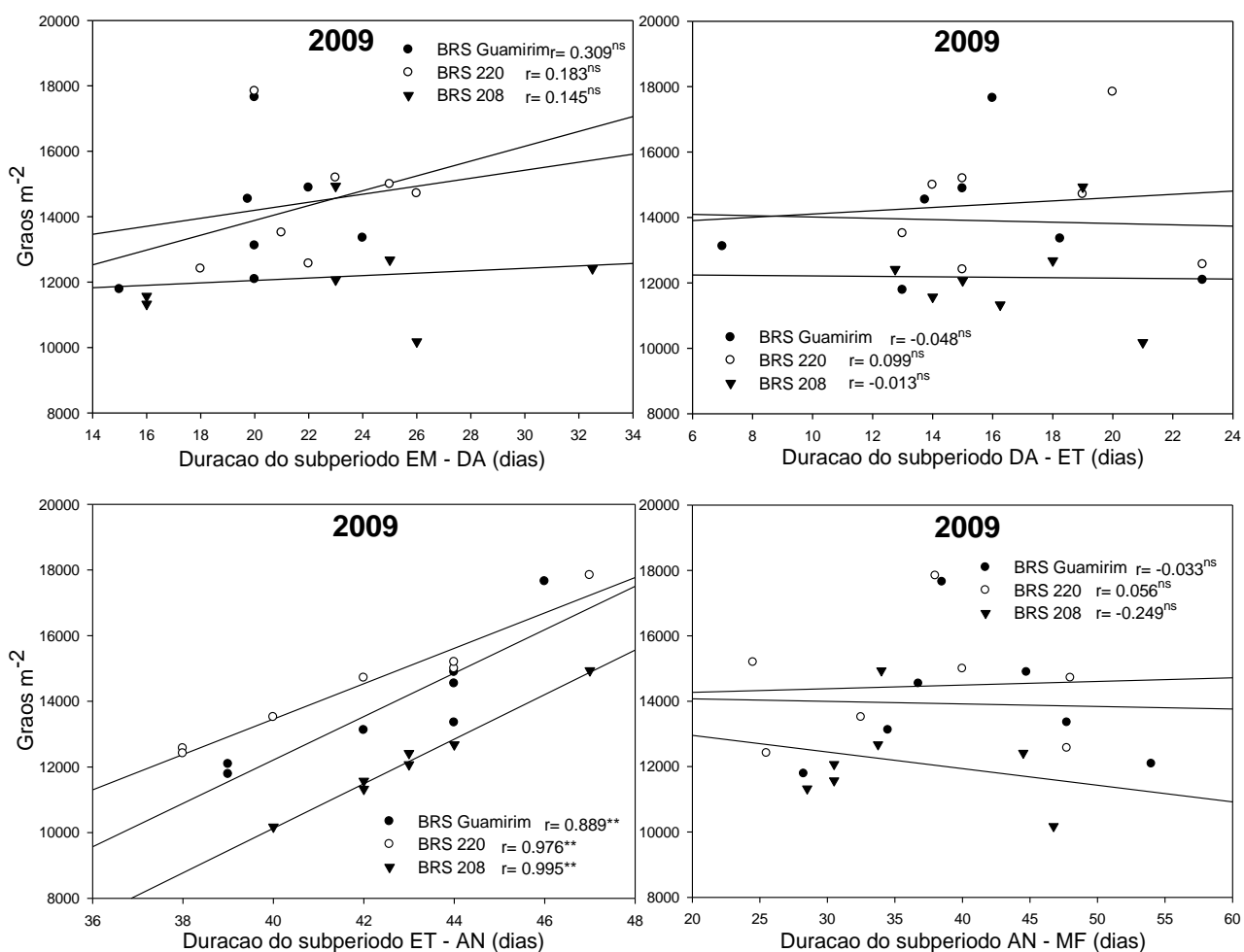


Figura 6 - Correlação entre a duração dos subperíodos: emergência (EM), duplo-anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) com o número de grãos para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208. UTFPR, 2010.

Para o ano de 2008, esperava-se que a soma térmica do subperíodo ET-AN correlacionasse com o aumento de rendimento de grãos, mas provavelmente, devido à estiagem que a cultura enfrentou, não houve esta correlação (figura 7), mas houve uma correlação do rendimento com a duração do subperíodo AN-MF para a cultivar BRS 220. Porém, não foi observado correlação da duração (dias) do subperíodo com o número de grãos (figura 8).

Entretanto, foi observado correlação da massa de mil grãos em relação a duração do subperíodo AN-MF (figura 9), ocorrendo desta forma uma tentativa de compensação com o aumento da massa de grãos pela cultura. Sendo isso observado para todas as cultivares.

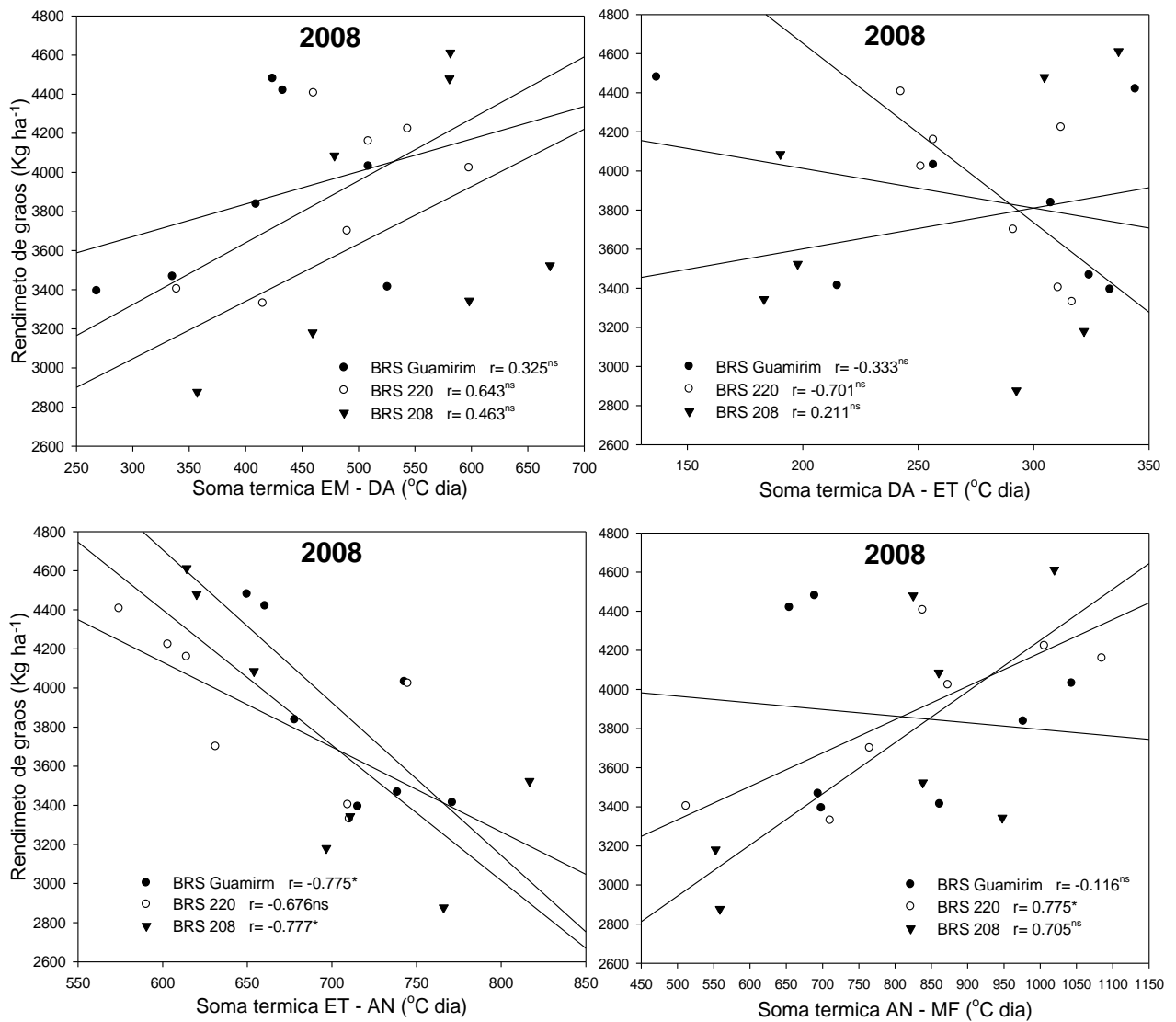


Figura 7 - Correlação entre a soma térmica dos subperíodos: emergência (EM), duplo-anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF), com o rendimento de grãos, para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208. UTFPR, 2010.

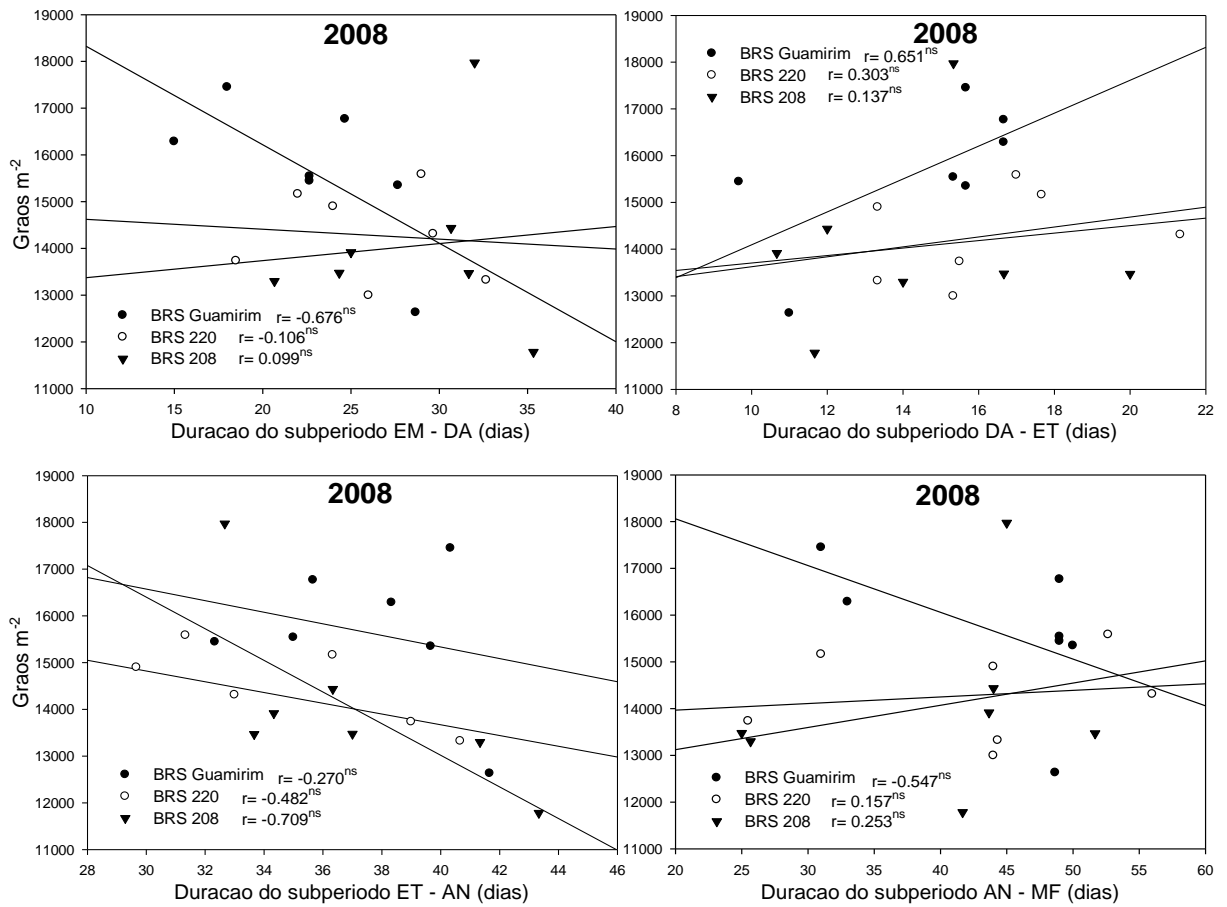


Figura 8 - Correlação entre a duração dos subperíodos: emergência (EM), duplo-anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) com o número de grãos, para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208. UTFPR, 2010.

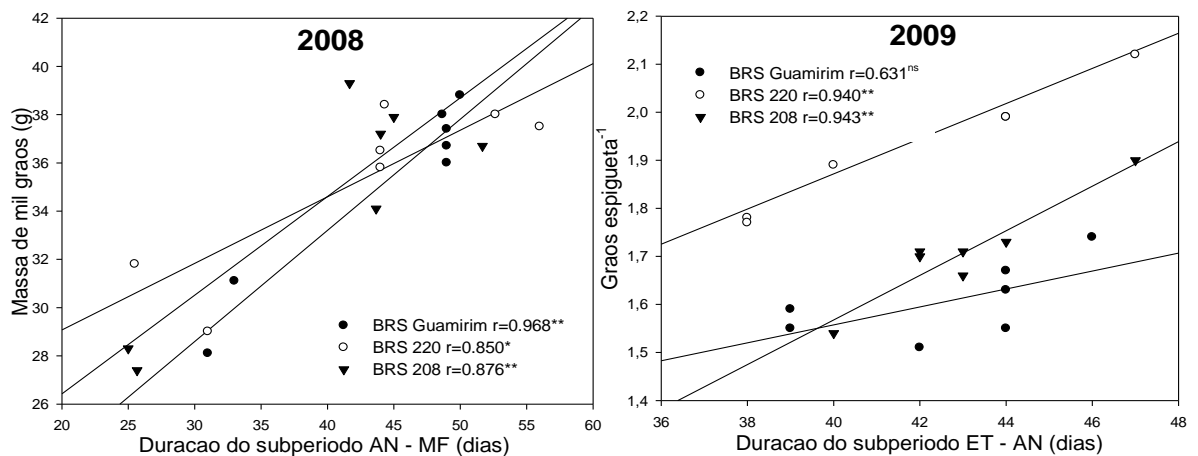


Figura 9 - Correlação entre a duração dos subperíodos: espiguetas terminal (ET) a antese (AN) com o número de grãos por espiguetas e o subperíodo antese (AN) a maturação fisiológica (MF) com a massa de grãos, para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208. UTFPR, 2010.

A redução na produção de fotoassimilados pode estimular a remobilização de reservas para os grãos, ou reduzir o acúmulo destas reservas, dependendo da época da ocorrência da deficiência hídrica (MACHADO *et al.*, 1993).

Quando realizada a correlação da soma térmica com o QF dos subperíodos, para o ano de 2008 (figura 10), é possível observar que a correlação foi significativa para as cultivares BRS Guamirim e BRS 208, durante a EM-DA. Posteriormente, apresentando correlação no subperíodo AN-MF, porém, apenas para as cultivares BRS 220 e BRS 208.

Para o ano de 2009 somente foi verificado para a cultivar BRS Guamirim, no subperíodo AN-MF (figura 11).

Esperava-se correlação do QF com a duração do subperíodo ET-AN, mas não foi possível observar em ambos os anos. Uma das hipóteses desta ausência de correlação, diferente do observado por Fischer (1985) e Estrada-Campuzano *et al.* (2008), foi devido, possivelmente, às variações de ambiente ocorrida no ano de cultivo de 2008 e 2009. Ressalta-se que os trabalhos dos pesquisadores citados anteriormente foram realizados em condições de ambiente controlados e com o uso do sombreamento artificial, bem diferente das condições ambientais do presente experimento.

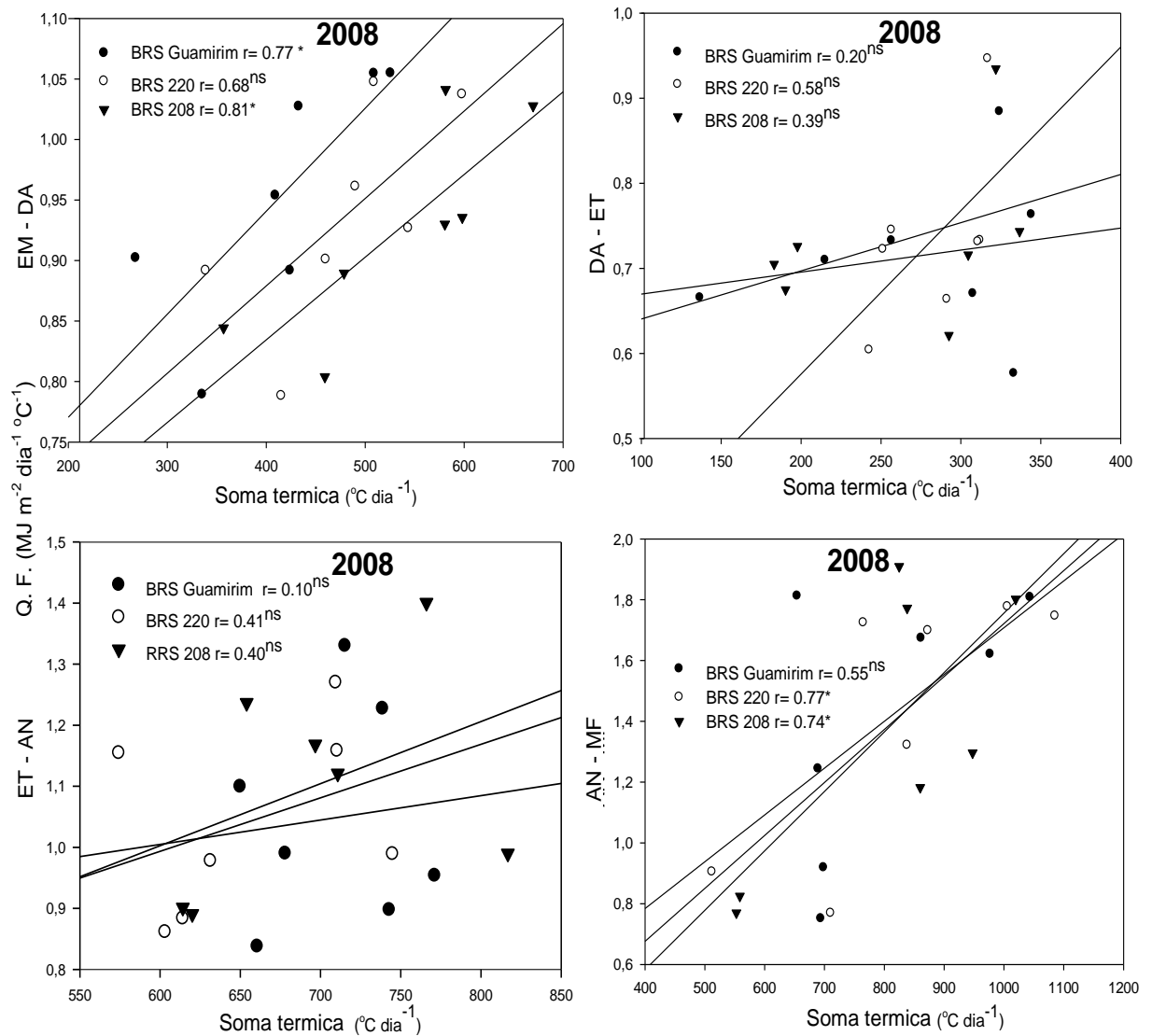


Figura 10 - Correlação entre o quociente fototermal (Q. F.) e a soma térmica para os subperíodos: emergência (EM), duplo anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2008. UTFPR, 2010.

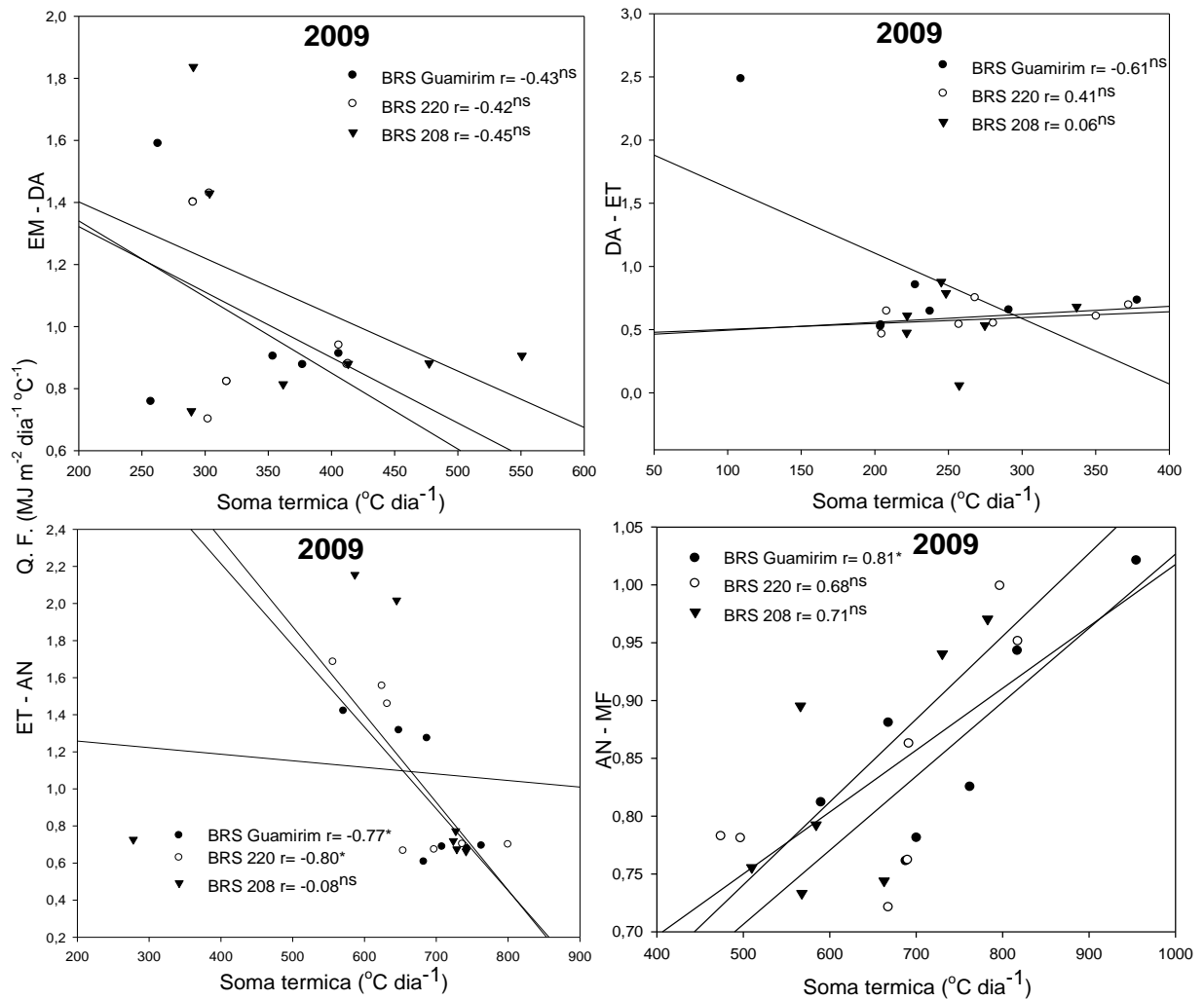


Figura 11 - Correlação entre o quociente fototermal (Q. F.) e a soma térmica para os subperíodos: emergência (EM), duplo anel (DA), espiguetas terminal (ET), antese (AN) e maturação fisiológica (MF) para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2009. UTFPR, 2010.

4.1.1 Número de Espigas m⁻²

Quanto a o número de espigas m⁻², esse componente apresentou diferenças significativas entre os anos de cultivo, mas não apresentou entre os cultivares (figura 12).

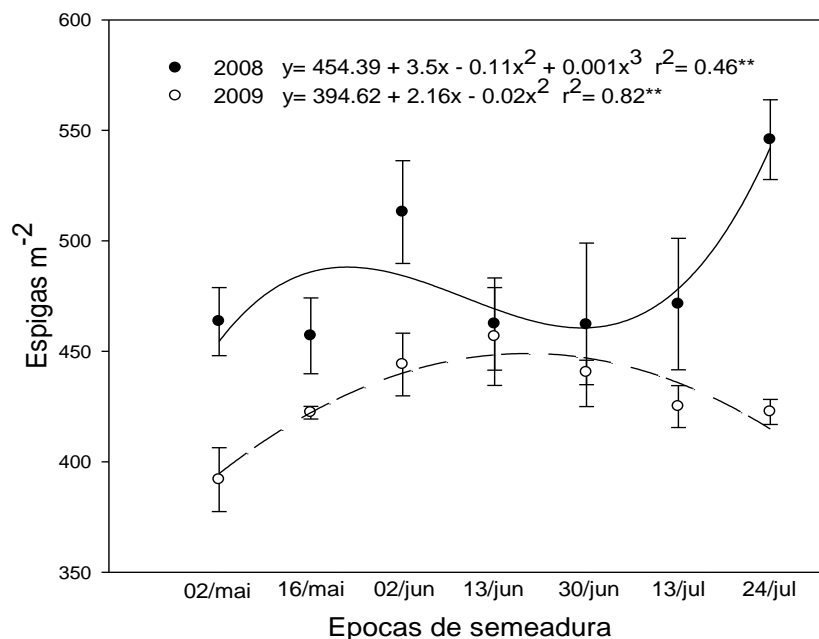


Figura 12 - Número de espigas m⁻² em relação às épocas de semeaduras, nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

No ano de 2008, o maior número de espigas m⁻² foi atingido na última época de semeadura, em 24 de julho (545 espigas m⁻²), porém, anteriormente houve um segundo pico na produção deste componente, no dia 22 de maio (488 espigas m⁻²).

Para o ano de 2009 o número máximo de espigas foi atingido no dia 21 de junho (449 espigas m⁻²). Este componente de rendimento tem o início de sua diferenciação próximo ao subperíodo de duplo anel e se estende até próximo a antese, estando assim, sujeito as adversidades climáticas, como deficiências hídricas e altas ou baixas temperaturas.

Observa-se que, no ano de 2008, houve um declínio na produção deste componente logo após a terceira época de semeadura, voltando a crescer após a sexta época. Se analisarmos as condições climáticas como a ocorrência de baixas temperaturas (tabela 3), com as datas dos subperíodos (tabelas 6 e 7), observa-se que as épocas que tiveram menor produção deste componente (4^a, 5^a e 6^a épocas) foram afetadas por estas adversidades climáticas, no subperíodos de DA à AN, repercutindo assim na produção do número de espigas.

Com relação às tabelas 6 e 7, é importante salientar, que apesar das cultivares apresentarem os mesmos ciclos, os estádios ocorreram em datas diferentes, com a seguinte ordem: BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208. Desta forma, observa-se a possibilidade de uma nova estratégia para minimizar os efeitos de adversidades climáticas, com relação à diversificação das cultivares a serem semeadas.

Tabela 6 - Data do início dos subperíodos para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2008. UTFPR, 2010.

Cultivares	Épocas	SM ¹	EM	DA	ET	AN	MF
BRS Guamirim	1 ^a	6/5	13/5	10/6	22/6	2/8	17/9
	2 ^a	17/5	26/5	24/6	8/7	17/8	11/10
	3 ^a	31/5	8/6	2/7	20/7	24/8	29/9
	4 ^a	14/6	24/6	16/7	1/8	5/9	26/10
	5 ^a	30/6	8/7	30/7	7/8	10/9	26/10
	6 ^a	11/7	24/7	7/8	24/8	2/10	4/11
	7 ^a	26/7	2/8	20/8	5/9	15/10	16/11
BRS 220	1 ^a	6/5	13/5	14/6	28/6	7/8	23/9
	2 ^a	17/5	26/5	24/6	16/7	18/8	14/10
	3 ^a	31/5	8/6	8/7	24/7	25/8	17/10
	4 ^a	14/6	24/6	20/7	5/8	6/9	17/10
	5 ^a	30/6	8/7	1/8	15/8	13/9	26/10
	6 ^a	11/7	24/7	12/8	27/8	5/10	29/10
	7 ^a	26/7	2/8	24/8	10/9	17/10	19/11
BRS 208	1 ^a	6/5	13/5	18/6	29/6	12/8	26/9
	2 ^a	17/5	26/5	28/6	16/7	18/8	11/10
	3 ^a	31/5	8/6	10/7	26/7	27/8	11/10
	4 ^a	14/6	24/6	26/7	5/8	11/9	29/10
	5 ^a	30/6	8/7	2/8	13/8	16/9	29/10
	6 ^a	11/7	24/7	13/8	27/8	8/10	3/11
	7 ^a	26/7	2/8	26/8	12/9	19/10	13/11

¹SM – semeadura; EM – emergência; DA – duplo anel; ET – espiguetas terminal; AN – antese; MF – maturação fisiológica.

Tabela 7 - Soma térmica (°C) para cada subperíodo das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2008. UTFPR, 2010.

Cultivares	Épocas	SM-EM	EM-DA	DA-ET	ET-AN	AN-MF
BRS Guamirim	1 ^a	112,90	525,77	215,02	771,19	861,47
	2 ^a	194,79	508,81	256,62	742,91	1043,55
	3 ^a	135,63	432,98	344,11	660,57	654,40
	4 ^a	178,69	409,31	307,49	678,04	976,90
	5 ^a	147,46	424,10	136,73	649,91	689,34
	6 ^a	256,82	268,08	333,17	715,31	698,58
	7 ^a	137,22	335,34	324,16	738,75	693,97
BRS 220	1 ^a	112,90	597,96	251,20	744,94	872,89
	2 ^a	194,79	508,81	256,62	614,20	1085,29
	3 ^a	135,63	543,66	311,98	603,17	1005,92
	4 ^a	178,69	490,05	291,23	631,41	765,00
	5 ^a	147,46	460,17	242,56	574,29	838,09
	6 ^a	256,82	338,96	310,63	709,47	512,03
	7 ^a	137,22	415,29	316,74	710,33	710,44
BRS 208	1 ^a	112,90	669,69	197,77	816,75	838,16
	2 ^a	194,79	581,32	336,79	614,20	1019,58
	3 ^a	135,63	580,52	304,63	620,08	824,89
	4 ^a	178,69	598,11	183,17	710,79	947,62
	5 ^a	147,46	478,71	190,30	653,95	860,11
	6 ^a	256,82	357,03	292,56	766,00	558,44
	7 ^a	137,22	459,34	321,84	696,73	552,59

Tabela 8 - Data do início dos subperíodos para as cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2009. UTFPR, 2010.

Cultivares	Épocas	SM ¹	EM	DA	ET	AN	MF
BRS Guamirim	1 ^a	2/5	11/5	31/5	23/6	1/8	27/9
	2 ^a	16/5	25/5	18/6	7/7	19/8	6/10
	3 ^a	2/6	14/6	6/7	21/7	3/9	17/10
	4 ^a	13/6	24/6	14/7	31/7	15/9	22/10
	5 ^a	30/6	11/7	31/7	13/8	26/9	2/11
	6 ^a	13/7	23/7	13/8	19/8	30/9	5/11
	7 ^a	24/7	3/8	18/8	31/8	9/10	7/11
BRS 220	1 ^a	2/5	11/5	2/6	25/6	2/8	18/9
	2 ^a	16/5	25/5	18/6	9/7	20/8	7/10
	3 ^a	2/6	14/6	9/7	23/7	5/9	15/10
	4 ^a	13/6	24/6	14/7	3/8	19/9	27/10
	5 ^a	30/6	11/7	3/8	18/8	1/10	27/10
	6 ^a	13/7	23/7	13/8	26/8	5/10	8/11
	7 ^a	24/7	3/8	21/8	6/9	14/10	7/11
BRS 208	1 ^a	2/5	11/5	6/6	27/6	6/8	21/9
	2 ^a	16/5	25/5	27/6	10/7	22/8	4/10
	3 ^a	2/6	14/6	9/7	27/7	9/9	12/10
	4 ^a	13/6	24/6	17/7	5/8	21/9	25/10
	5 ^a	30/6	11/7	3/8	18/8	30/9	29/10
	6 ^a	13/7	23/7	13/8	27/8	8/10	6/11
	7 ^a	24/7	3/8	19/8	4/9	16/10	12/11

¹SM – semeadura; EM – emergência; DA – duplo anel; ET – espiguetas terminal; AN – antese; MF – maturação fisiológica.

Tabela 9 - Soma térmica (°C) para cada subperíodo das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 no ano de 2009. UTFPR, 2010.

Cultivares	Épocas	SM-EM ¹	EM-DA	DA-ET	ET-AN	AN-MF
BRS Guamirim	1 ^a	170,82	377,32	378,32	571,00	955,18
	2 ^a	171,17	406,04	291,18	648,22	817,47
	3 ^a	194,52	353,90	237,70	687,27	762,56
	4 ^a	179,31	317,35	227,62	763,33	668,24
	5 ^a	184,75	262,94	204,01	743,01	688,43
	6 ^a	154,39	290,67	109,18	708,35	700,71
	7 ^a	116,36	257,27	204,25	682,75	590,28
BRS 220	1 ^a	170,82	412,47	372,47	556,45	797,20
	2 ^a	171,17	406,04	350,54	624,60	818,00
	3 ^a	194,52	413,25	208,14	632,06	691,97
	4 ^a	179,31	317,35	268,27	800,22	668,12
	5 ^a	184,75	303,58	257,27	736,57	474,51
	6 ^a	154,39	290,67	204,85	697,42	690,58
	7 ^a	116,36	302,51	280,67	654,15	497,21
BRS 208	1 ^a	170,82	477,31	337,09	586,47	782,72
	2 ^a	171,17	550,74	221,97	644,83	730,22
	3 ^a	194,52	413,25	245,07	727,11	566,10
	4 ^a	179,31	361,84	248,35	277,93	662,91
	5 ^a	184,75	303,58	257,27	723,62	509,90
	6 ^a	154,39	290,67	221,63	741,46	584,28
	7 ^a	116,36	289,14	274,71	728,67	567,71

¹SM – semeadura; EM – emergência; DA – duplo anel; ET – espiguetas terminal; AN – antese; MF – maturação fisiológica.

4.1.2 Número de Espiguetas Espiga⁻¹

Analisando o componente de rendimento número de espiguetas espiga⁻¹ (figura 13), observa-se que houve diferenças significativas entre os anos de 2008 e 2009 e entre os cultivares. Apresentando o ano de 2008, oscilações na produção, essas oscilações atribuídas certamente as estiagem que ocorreram ao longo do cultivo.

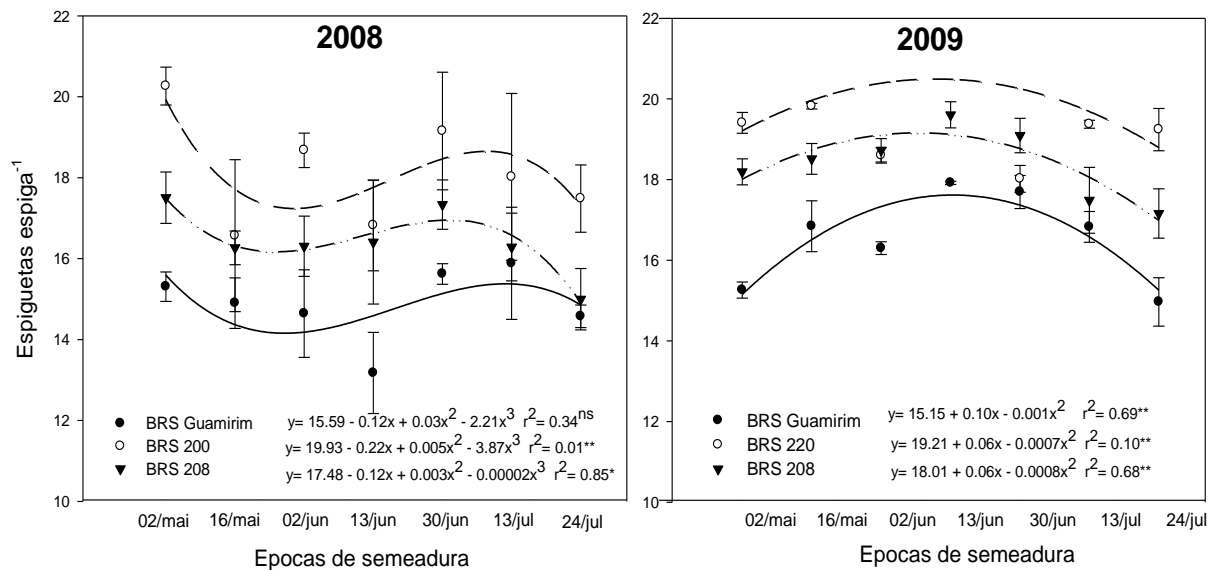


Figura 13 - Produção de espiguetas espiga⁻¹ nos anos de 2008 e 2009 conforme as épocas de semeaduras. UTFPR, 2010.

Para todas as cultivares a primeira época de semeadura do ano de 2008, segundo a curva, apresentou o máximo do componente produzido, sendo 20; 17,5 e 15,5 espiguetas espiga⁻¹ para os cultivares BRS 220, BRS 208 e BRS Guamirim, respectivamente. Também, deve-se considerar que o segundo pico de produção de espiguetas espiga⁻¹, para a cultivar BRS 220 foi na semeadura de 11 de julho (18,6), para BRS 208 foi na semeadura de 2 julho (16,9) e para o BRS Guamirim foi na semeadura de 16 de julho (15,3). Possivelmente, a seca também comprometeu esse resultado.

No ano de 2009, a curva da produção do número de espiguetas espiga⁻¹ se comportou diferente de 2008, sendo que a cultivar BRS 220 teve a máxima produção de espiguetas espiga⁻¹ na semeadura de 4 de junho, o BRS 208 na semeadura de 8 de junho e o BRS Guamirim na semeadura de 17 de junho, obtendo-se 20,5; 19 e 17 espiguetas espiga⁻¹, respectivamente. É importante salientar que esse componente é diferenciado entre os subperíodos de DA à ET.

Pode-se concluir, analisando as curvas de produção para esse componente, que no ano de 2008 e 2009, com auxílio das tabelas de ocorrência de temperaturas baixas (tabela 3), e das datas de início dos subperíodos das cultivares (tabelas 6 e 7), que as variações do componente espiguetas espiga⁻¹ no ano de 2008 (2^a, 3^a, 4^a

épocas) coincidiram com à deficiência hídrica, pois no ano de 2009, não houve estiagens neste mesmo período e a produção deste componente foi superior.

Outro fator que pode estar ligado a estas variações, ocorridas no ano de 2008, é quanto à ocorrência de temperaturas elevadas (figura 3), ocasionando assim interferência na produção deste componente. Já que temperatura alta é um dos principais determinantes do desenvolvimento e crescimento de trigo, diminuindo o rendimento de 3 a 5% com o aumento de 1 °C, acima de 15 °C em plantas sob condições controladas (GIBSON e PAULSEN, 1999).

4.1.3 Grãos Espiguetas⁻¹

Este componente de rendimento, grãos espiguetas⁻¹, possui sua definição entre os subperíodos de espiguetas terminal (ET) até logo depois da à antese (AN).

Analisando a produção do número grãos espiguetas⁻¹ (figura 14), é possível observar que o ano de 2008 foi significativamente superior a o ano de 2009. Observando-se as curvas, nota-se que no ano de 2008 o máximo número de grãos espiguetas⁻¹, foi atingido na semeadura de 2 de junho, com 2,07 grãos produzidos por espiguetas, diferindo do ano de 2009 onde na semeadura de 16 de junho foi atingido o número de 1,85 grãos espiguetas⁻¹. Geralmente entre 6 e 12 primórdios florais são definidos por espiguetas, dependendo da posição que estão na espiga, desses, 4 a 5 são viabilizados e podem ser fertilizados na antese (KIRBY, 1988). Uma vez determinado o número de grãos, o rendimento torna-se função da taxa de acúmulo de matéria seca e da duração do período de enchimento de grãos (AUDE *et al.*, 1984). Um dos fatores que pode ter ocasionado a diminuição acentuada no ano de 2008 para 1ª época de semeadura, foi à coincidência do subperíodo de ET a AN (próximo ao mês de julho), com um período de estiagem (figura 1). Já que a radiação solar e a temperatura, não foram fatores limitantes (figuras 2 e 3). Na fotossíntese, a formação e remobilização de reservas e o estabelecimento do número de grãos viáveis, são afetados durante a ocorrência de deficiência hídrica acarretando, conseqüentemente, variações no comportamento das relações fonte-dreno (GUSTA e CHEN, 1987).

Machado *et al.* (1993) complementam afirmando que os efeitos da deficiência hídrica, ocorridos nas fases próximas à antese e início do crescimento dos grãos, afetou com maior severidade os processos relacionados com a fecundação e pegamento de grãos, isto é, o número de grãos viáveis.

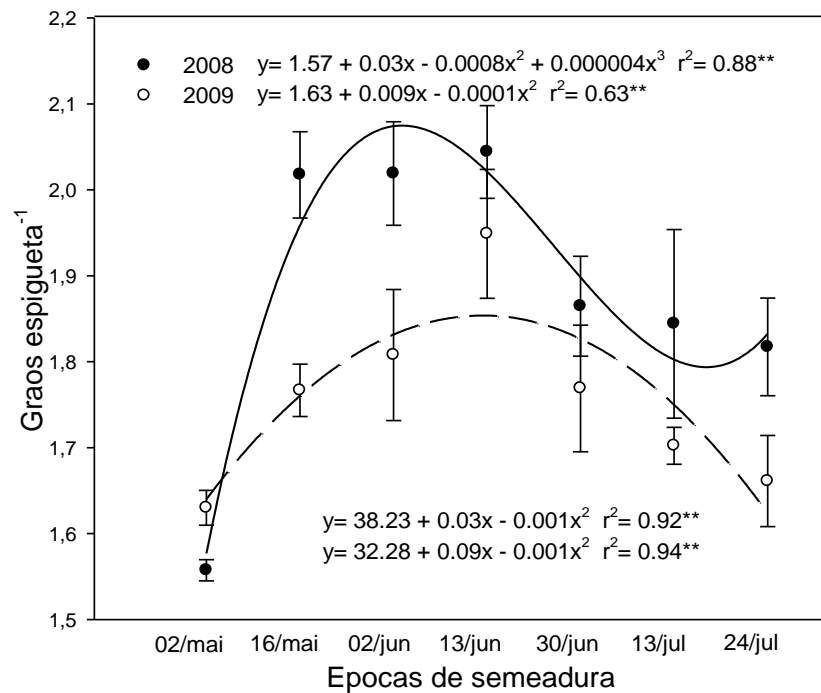


Figura 14 - Número de grãos por espiguetas em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

Quanto à comparação das médias (tabela 10), observa-se diferença significativa para o número de grãos espiguetas⁻¹ para todas as cultivares entre os anos. Sendo que no ano de 2008 a cultivar BRS 208 apresentou o maior número de deste componente produzido, diferindo das demais cultivares. Já para o ano de 2009, a cultivar BRS 220 foi a que apresentou a maior produção de grãos espiguetas⁻¹, diferindo das demais cultivares.

Tabela 10 - Número de grãos espiguetas⁻¹ das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

Anos	Número de grãos espiguetas ⁻¹							
	Cultivares							
	BRS Guamirim		BRS 220		BRS 208		Médias ¹	
2008	1,79	aB	1,83	bB	2,01	aA	1,88	a
2009	1,60	bB	1,96	aA	1,69	bB	1,75	b
Médias	1,69	B	1,89	A	1,98	A		

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A variação na produção deste componente pode estar relacionada, à ocorrência de adversidades climáticas (maior precipitação, com aumento da nebulosidade levando a menor radiação solar) e da resposta das cultivares a estas condições de ambiente.

Analisando o ano de 2008, a não ocorrência de correlação da duração do subperíodo de ET à AN esteve associada com a deficiência hídrica ocorrida nesse subperíodo, e observamos que a ocorrência de altas (>28 °C) e baixas temperaturas, foram presentes para ambos os anos, mas, mesmo assim, no ano de 2009 houve correlação da duração do subperíodo com a produção do número de espiguetas. Para o ano de 2008 o aumento do subperíodo possibilitou maior número de grãos por espiguetas, certamente houve maior tempo de direcionamento de fotoassimilados para a sobrevivência de flores e estabelecimento do número de grãos.

Desta forma o aumento do subperíodo vem a confirmar o que foi proposto por Richards e Mirales (1999) e Rodrigues *et al.* (2007), que o aumento da duração do subperíodo permite que mais assimilados sejam direcionados para a nutrição das flores, e conseqüentemente, havendo redução na taxa de aborto de flores anteriormente à antese. Rodrigues (2000) complementa, afirmando que a maior disponibilidade de assimilados próximos a antese pode representar mais flores férteis e, conseqüentemente, grãos em maior número e tamanho, com maior capacidade de formar grãos cheios.

4.1.4 Massa Seca de Espigas e de Grãos

Em relação à massa de espigas, observam-se diferenças significativas entre os anos (figura 15). No ano de 2009, que não sofreu com a deficiência hídrica como

2008, ocorreram diminuições diretamente proporcionais com o decorrer das épocas de semeadura.

Em 2008 a máxima produção de massa seca de espiga, foi atingida na semeadura de 23 de maio, com uma produção de 6100 Kg ha⁻¹, decaindo ligeiramente com o decorrer das demais épocas até o dia até a 6ª época, retornando o aumento da massa na 7ª época.

Rodrigues *et al.* (2002), observaram que as variações no número de grãos m⁻² e o índice de colheita podem estar associados com a massa seca de espigas e/ou à participação de biomassa à espiga, os quais encontraram associação positiva entre o número de grãos m⁻² e a massa seca de espigas na antese.

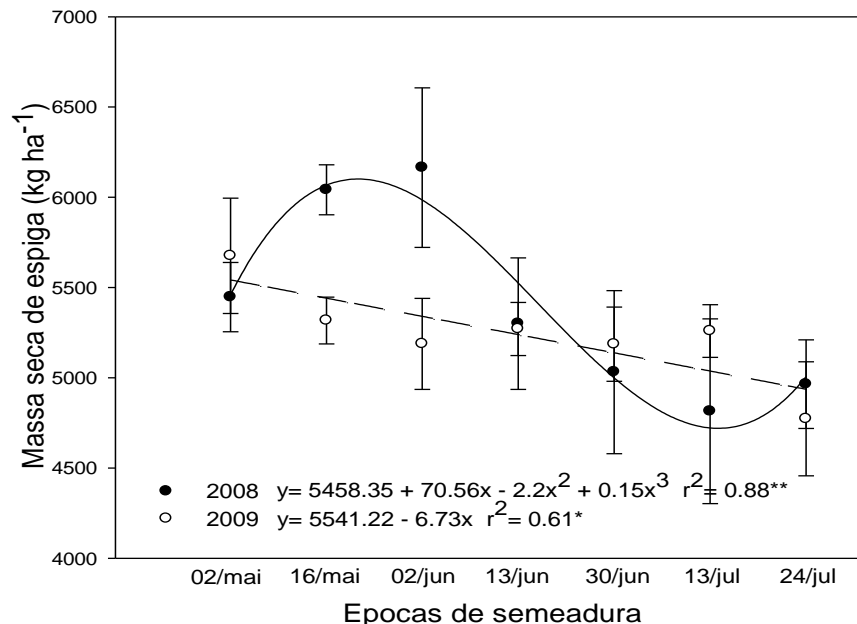


Figura 15 - Massa de seca de espigas em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

A massa de grãos é definida alguns dias após a AN prolongando-se até MF. Observamos que as curvas da massa de grãos (figura 16) apresentaram diferenças entre os anos de cultivo, e houve uma diminuição da massa com o decorrer das épocas de cultivo, principalmente para o ano de 2008.

O crescimento dos grãos pode ser avaliado em termos do balanço entre a capacidade da planta de suprir fotoassimilados (fonte) para os grãos (drenos) e do seu próprio potencial de utilização dos substratos disponíveis (FISCHER, 1983).

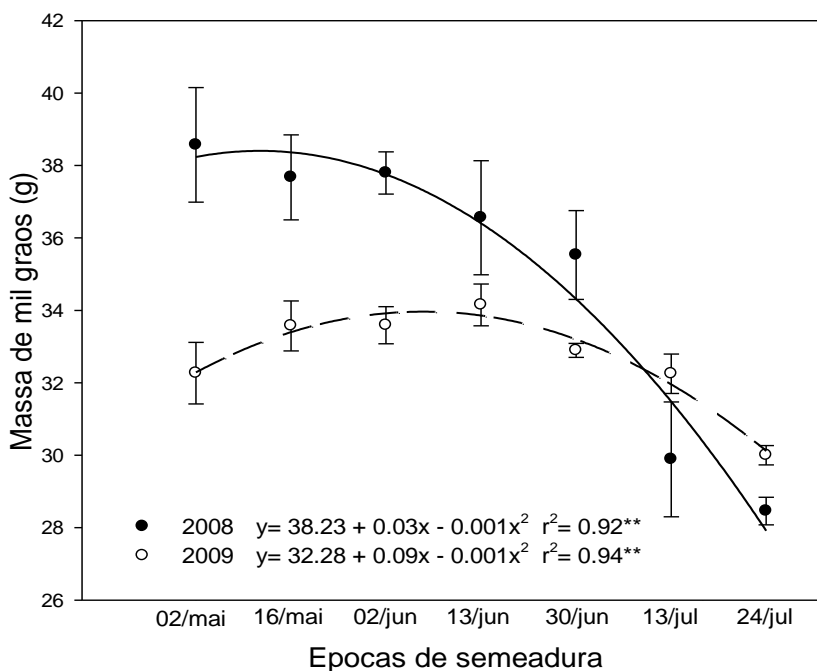


Figura 16 - Massa de mil grãos em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

Para o ano de 2008 a máxima massa de mil grãos foi atingida na semeadura de 8 de maio e para o ano de 2009 foi na semeadura de 3 de junho, com 38,4 e 33,9 g, respectivamente. Sendo que o potencial da massa de grãos é dependente da temperatura média no período de enchimento de grãos (MENÉNDEZ e SATORRE, 2007). Segundo Gibson e Paulsen (1999) e Menéndez e Satorre (2007) a massa de grãos decai linearmente com o aumento da temperatura durante o período de enchimento de grãos. Com a entrada da primavera as temperaturas elevam-se, e assim observou-se uma queda linear na massa de grãos (figura 3 e tabelas 6 e 7). Supostamente as altas temperaturas (figura 3), podem ter causado danos ao enchimento de grãos (durante os subperíodos de AN à MF) nas primeiras épocas do ano de 2009, apresentando uma forma quadrática à curva, e não linear.

Segundo Monteith (1984) pode-se afirmar que os processos de desenvolvimento da plantas de trigo, especialmente as cultivares primaveris, são controlados principalmente pela temperatura. Kolderup (1975) observou que a temperatura ótima do período da AN até a MF para a obtenção de elevada massa de

grãos deve ser em torno de 16 °C, ocorrendo diminuição do rendimento de grão na ordem de 3 a 4% a cada 1 °C de aumento.

Corbellini *et al.* (1997), em trabalhos realizados com trigo na Itália, observaram que a ocorrência de temperaturas muito altas (35-40 °C) durante o enchimento de grãos afeta substancialmente a acumulação de matéria seca e de proteína nos grãos de trigo. Calderini *et al.* (1999) afirmam que temperaturas superiores a 32 °C durante período de enchimento de grãos, mas também precedente antese, podem afetar significativamente a massa final de grãos.

Ainda em relação à massa de grãos, estudos realizados por Rodrigues *et al.* (2002), verificaram que a massa de grãos nos trigos brasileiros praticamente permaneceu inalterada, o aumento de rendimento esteve relacionado com o aumento do número de grãos m⁻².

O fato das últimas épocas de semeadura, apresentar as menores massas de grãos, pode ser explicado pelo excesso de temperatura. Neste experimento, foram observadas na fase de enchimento de grãos, picos de temperatura superiores a 30 °C.

Hirano (1976) afirma que elevada precipitação pluvial antes da maturação fisiológica do trigo promove decréscimo no enchimento dos grãos, diminuindo a massa de grãos. Scheeren *et al.* (2000) também observaram que durante a fase de grão leitoso, danos ocasionados por geadas, ocasionaram enchimento incompleto dos grãos, resultando em baixo peso do hectolitro (PH) e, por conseqüência, em redução no rendimento de grãos e na qualidade final destes. O sombreamento também pode ocasionar interferência da qualidade industrial (AGUIRRE *et al.*, 2006).

Observou-se ainda quanto ao enchimento de grãos, que existe uma significativa variação, nas cultivares brasileiras de trigo, quanto à duração do período de formação dos grãos (ciclo reprodutivo) sendo mais reduzido nas cultivares tardias, de ciclo vegetativo longo (OSÓRIO e WENDT, 1995).

4.1.5 Índice de Colheita Aparente

O índice de colheita aparente obtido pelos cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 teve diferenças significativas entre os anos de cultivo, onde o ano de 2008 apresentou um maior IC em razão da maior produção de grãos (figura 17). O menor IC em 2009 esteve relacionado à baixa disponibilidade de radiação, excesso de precipitação e temperaturas muito baixas, especialmente nos dias 24 e 25 de julho.

A cultivar BRS 220 apresentou o maior IC, seguido pelo BRS Guamirim e BRS 208, em ambos os anos. Os maiores valores obtidos de IC para os anos de 2008 e 2009 estão contidas na tabela 9.

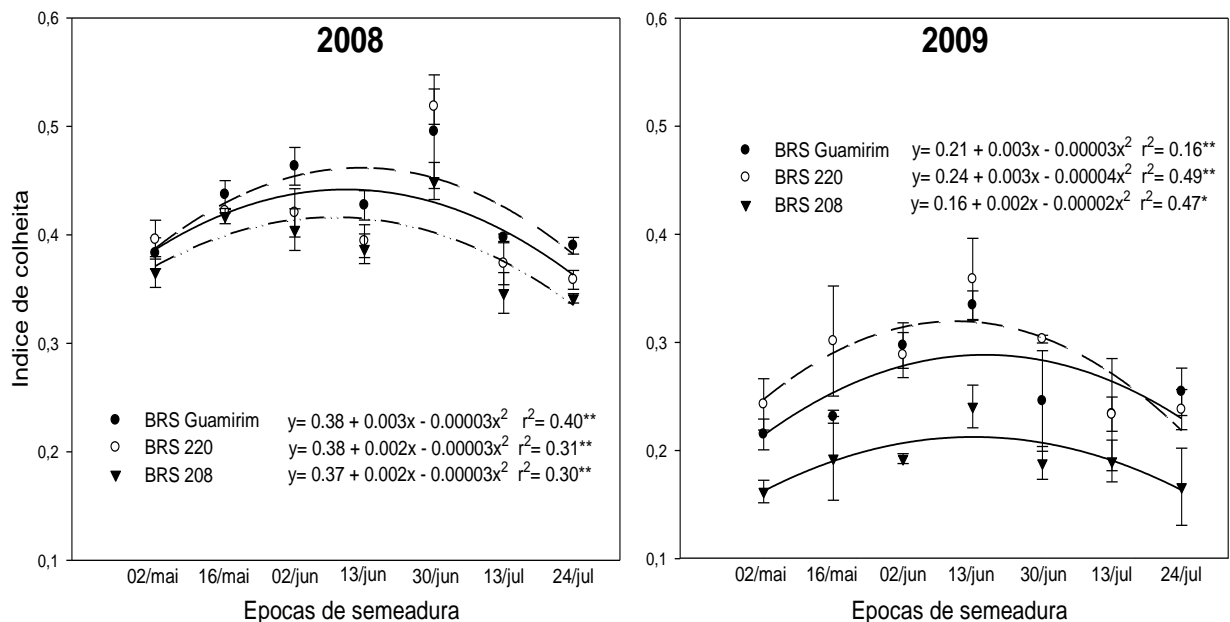


Figura 17 - Índice de colheita das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 em relação à época de semeadura nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

Tabela 11 – Cultivares e seus índices de colheita (IC) obtidos conforme o ano de cultivo. UTFPR, 2010.

Anos	Cultivares	Datas ¹	IC
2008	BRS Guamirim	15/jun	0,44
	BRS 220	12/jun	0,46
	BRS 208	10/jun	0,41
2009	BRS Guamirim	19/jun	0,28
	BRS 220	14/jun	0,31
	BRS 208	16/jun	0,21

¹Datas de semeadura que possivelmente apresentaria os maiores Índices de Colheitas.

O índice de colheita aparente (IC) representa a razão entre o rendimento de grãos (parte colhida e comercializada da cultura) e o rendimento biológico (produção total de fitomassa acima do solo). Para Moreira *et al.* (1999) o índice de colheita relaciona o rendimento de grãos com o rendimento biológico, indicando a eficiência com que a planta converte o rendimento biológico em rendimento de grãos, podendo ser empregado para estudar o efeito de fatores ambientais e/ou edáficos (eficiência do uso da radiação) sobre o desenvolvimento e crescimento de determinada cultura.

Encontram-se valores atuais para o índice de colheita de trigo de alto rendimento, próximos a 0,5 e acredita-se no limite máximo próximo a 0,6 (AUSTIN *et al.*, 1980).

Rodrigues *et al.* (2007) observaram que o aumento de rendimento de grãos de trigo nos últimos anos, esteve relacionado com a produção de biomassa total e que o IC permaneceu praticamente inalterado.

O aumento do IC em trigo tem sido associado principalmente com o desenvolvimento de mais flores definidas na pré-antese, aumentando assim, o número de grãos m^{-2} (EVANS e FISCHER, 1999).

4.1.6 Massa Seca da Parte Aérea e Estaturas das Plantas

A matéria seca da parte aérea teve diferenças significativas entre os anos de 2008 e 2009, mas não entre os cultivares (figura 18). Conclui-se que devido às estiagens ocorridas no ano de 2008 a massa seca da parte aérea sofreu variações. Sendo que na última época de semeadura houve aumento não esperado.

Para o ano de 2009, a massa seca da parte aérea decaiu linearmente, como era previsto. Valores semelhantes foram observados para a massa seca das espigas.

Para Heinemann *et al.* (2006) a produção de biomassa pelas culturas está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, interceptada e absorvida pelas folhas, e à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química, pela fotossíntese.

Assumindo que não há limitação de água, a produção de biomassa é o produto da radiação solar, interceptada pelo dossel, convertida em energia química

presente na massa seca das plantas (RICHARDS, 2000). Bindraban *et al.* (1998) afirmaram que a massa seca (MS) durante o DA - AN é altamente correlacionada com o número de grãos.

Aude *et al.* (1984) observaram que uma maior taxa de matéria seca, não corresponde necessariamente a um maior massa de grãos, pois uma alta taxa, em um curto período de enchimento dos grãos, resulta em um baixa massa de grãos na maturação fisiológica.

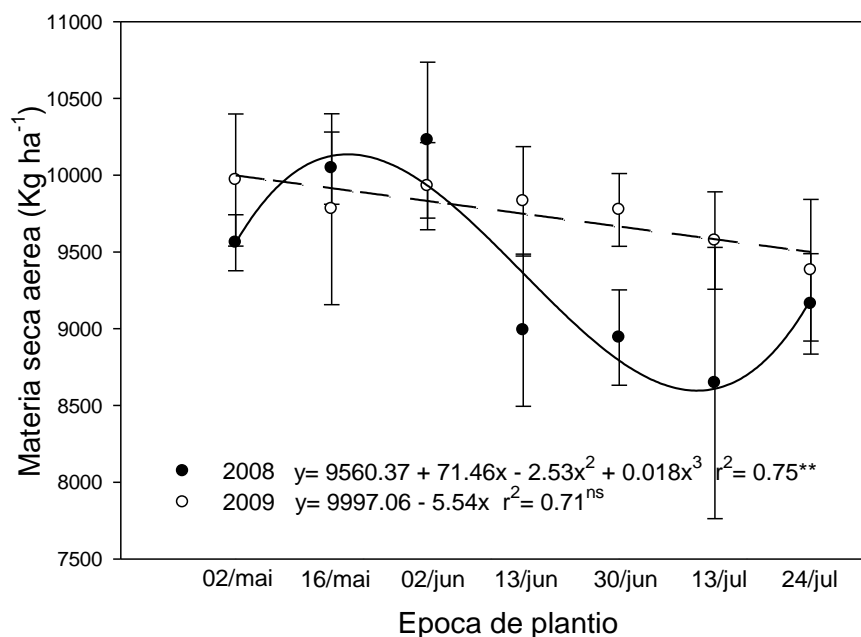


Figura 18 - Matéria seca da parte aérea em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

Castellarin *et al.* (2005) observaram, que os tratamentos sem irrigação apresentaram menor produção de biomassa quando comparado com os tratamentos que receberam irrigação, fato também observado neste trabalho, onde no ano de 2008 que possuiu menor quantidade de água disponível, para maioria das épocas, produziu menor quantidade de biomassa quando comparado com o ano de 2009, que apresentou maior quantidade de água disponível.

Na busca de aumentos de rendimento, a seleção para a produção de biomassa não deve ser negligenciada, pois os aumentos de biomassa foram os

grandes responsáveis pelo aos aumentos de produtividade e pouco se deveu a alterações na taxa de fotossíntese por unidade de área foliar, outro fator, é quanto o fechamento o mais rapidamente do dossel nas fases iniciais da cultura (RICHARDS, 2000).

Quanto à estatura das plantas, como era esperado, diminuiu a o longo das épocas de semeadura, sendo que as primeiras épocas de semeadura atingiram as maiores estaturas, diminuindo linearmente com o decorrer das demais épocas. O ano de 2009, em razão dos maiores índices de precipitação e da melhor e maior distribuição, possibilitou que os cultivares atingissem uma maior estatura das plantas (figura 19), em comparação com o ano de 2008, o qual passou por várias estiagens. Também, a maior estatura pode estar relacionada ao maior sombreamento (nebulosidade) e ao fenômeno de estiolamento.

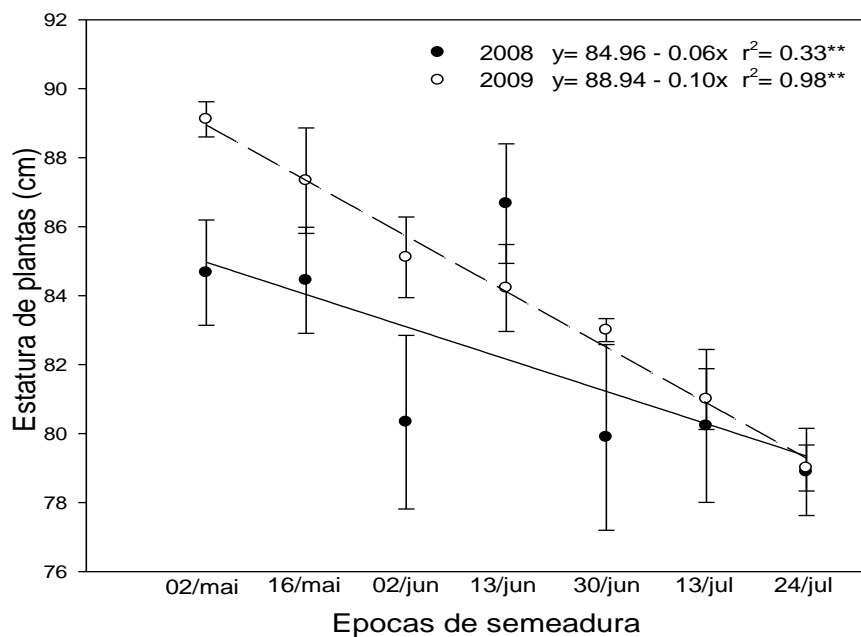


Figura 19 - Estatura de plantas em relação às épocas de semeaduras nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

Uma das explicações da diminuição gradual na estatura das plantas para ambos os anos é devido à alta resposta da cultura à temperatura, com a entrada da primavera as temperaturas tendem a se elevar interferindo e acelerando o ritmo de desenvolvimento, promovendo, assim um estímulo ao florescimento mais precoce

em comparação com a ocorrência de temperaturas mais baixas para um mesmo período.

Em experimentos realizados de 1979 a 1982, com oito épocas de semeadura, foi verificado que a maior altura de plantas foi obtida no ano de maior precipitação (FELÍCIO *et al.*, 1991), confirmando o que foi observado nesse experimento.

Com diferentes épocas de semeadura, observa-se efeitos da radiação e da temperatura no crescimento e produtividade de trigo, sendo que a medida que se atrasa a época de semeadura, a cultura cresce em temperaturas mais altas, repercutindo no encurtamento dos subperíodos, tendo como conseqüência, na pré antese, menor área foliar, assim menor radiação absorvida e menor tempo a cultura exposta a radiação, tendo ambos os fatores diminuição da produção de matéria seca e número de grãos m^{-2} , quanto na pós-antese o aumento da temperatura repercute em menor massa de grãos (POZO, 1988).

Em relação à comparação das médias das estaturas das cultivares, observa-se (tabela 10) que houve diferenças significativas entre os anos de cultivo, para a cultivar BRS Guamirim, a qual apresentou maior estatura no ano de 2009, supostamente característica da cultivar, em resposta a maior disponibilidade de água ocorrido no ano de 2009. Já os cultivares BRS 220 e BRS 208 não diferiram estatisticamente entre os anos.

Quanto às estaturas entre os cultivares, observa-se que houve diferenças significativas entre eles, em ambos os anos, sendo que o cultivar que apresentou maior estatura foi o BRS 208, seguido pelo BRS 220 e pelo BRS Guamirim.

Tabela 12 - Estatura de plantas das cultivares BRS Guamirim, BRS 220 e BRS 208 nos anos de 2008 e 2009. UTFPR, 2010.

Anos	Estatura de plantas (cm)							
	BRS Guamirim		BRS 220		BRS 208		Médias ¹	
2008	71	bC	82	aB	92	aA	82	b
2009	75	aC	81	aB	94	aA	84	a
Médias	73	C	82	B	93	A		

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Machado (1993) comenta que o excesso de calor causa efeitos diretos sobre a cultura do trigo, diminuindo a duração dos estádios de desenvolvimento e da altura das plantas.

Outra explicação da diminuição da estatura das plantas com o decorrer das épocas de semeadura é quanto à sensibilidade que a cultura pode apresentar em relação a o fotoperíodo, ou seja, com aumento do fotoperíodo a cultura tende a entrar em fase de florescimento, desta forma, diminuindo seu crescimento.

Ribeiro *et al.* (2009) observou que o fotoperíodo influencia a taxa de desenvolvimento e a duração do ciclo do trigo e que a resposta ao fotoperíodo na fase reprodutiva é dependente do genótipo.

Como foi possível observar, as adversidades climáticas exerceram os mais variados danos a cultura, refletindo na diminuição do rendimento final. Aude *et al.* (1984) observaram que cultivares de mesmo ciclo e semeadas no mesmo dia, entraram em antese em datas diferentes, mesmo caso dos cultivares utilizados neste experimento (tabelas 6 e 7), assim percebe-se a necessidade da diversificação dos cultivares, minimizando os efeitos causados pelos estresses, pois estes cultivares estarão em estádios diferentes, quando coincidirem com as adversidades climáticas.

5 CONCLUSÕES

Não foi possível observar efeito claro, do quociente fototermal (QF) sobre a definição dos componentes de rendimento.

Para o ano de 2008 o subperíodo AN-MF, esteve associado com o aumento do rendimento de grãos, somente para a cultivar BRS 220, correlacionando-se posteriormente com o aumento do QF e repercutindo no aumento da massa de grãos.

Para o ano de 2009 não foi possível observar correlações do rendimento de grãos com a soma térmica. Entretanto foi verificado entre o QF e a soma térmica do subperíodo AN-MF, para a cultivar BRS Guamirim.

O rendimento de grãos diferiu entre os anos de alta precipitação (2009) com relação ao ano de baixa precipitação (2008), favoravelmente a este último, sendo atribuída a diminuição da radiação solar ao excesso de nebulosidade.

As semeaduras, caso realizadas nos dias 30 de maio e 14 de junho, ocasionariam os maiores rendimentos de grãos (máxima eficiência técnica), para os anos de 2008 e 2009, respectivamente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido às diferenças climáticas, ocorridas nos anos de cultivo de 2008 e 2009, foi possível observar a influência que estes fatores exercem sobre a construção do rendimento de grãos.

Dentre as adversidades climáticas, o excesso de precipitação teve destaque, principalmente sobre a diminuição da radiação solar global, sendo atribuído à interferência ocasionada pela nebulosidade. Muitas vezes a falta da radiação, passa despercebida, como um dos fatores da causa da diminuição do rendimento de grãos, acabando sendo atribuído esse decréscimo a outros fatores como deficiência hídrica, fertilidade do solo, pragas, doenças, etc.

Assim, verificamos necessidade de estudos mais específicos, na tentativa do melhor aproveitamento da radiação solar disponível, para as condições da região de Pato Branco.

Observa-se na literatura muitos esforços, na tentativa de minimizar os danos causados pela deficiência hídrica, mas praticamente são inexistentes, quanto os danos ocasionados pelo excesso hídrico, este experimento reforça a necessidade de mais estudos para minimizar estes efeitos negativos.

Devido as cultivares utilizadas serem amplamente semeadas na região, e possuírem o mesmo ciclo, podemos observar que cada uma apresentou datas diferentes para cada subperíodo, especialmente para o período de maior importância, que se localiza próximo à antese. Desta forma, observamos a necessidade, da diversificação das cultivares, para estabelecimento das lavouras. Assim, estarão sendo minimizados os danos causados por estresses à cultura, desde que a semeadura se concentre, como observado no experimento, durante a primeira quinzena de junho.

Apesar da região de Pato Branco-PR, ter a semeadura da cultura do trigo estendendo-se ao longo dos meses de maio a julho é de extrema importância, desta forma, que estas épocas de semeadura sejam ajustadas, para permitir aumentar a produtividade destas lavouras.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, A. *et al.* Effects of incident radiation and nitrogen availability on the quality parameters of triticale grains in Argentina. Cambridge University Press, v. 42, p. 311-322, 2006.
- ALBERTO, Cleber Maus. *et al.* Resposta à vernalização de cultivares Brasileiras de trigo. Agrometeorologia. Bragantia, Campinas, v. 68, n. 2, p. 535-543, 2009.
- ALBRECHT, Júlio César. É hora de plantar trigo irrigado no cerrado. Revista EMBRAPA, Brasília, Embrapa, n. 87, 2005.
- ALVES, Sergio Moita; SILVA, Frederico Fonseca. Irrigação na Agricultura: O Caso Do Trigo. Revista Cesumar - Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, v. 12, n. 2, p. 239-249, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO. História do trigo. Parte 2: A Triticultura Brasileira. Disponível em: <http://www.abitrigo.com.br/historia_do_trigo2a.asp>. Acesso em: 28 nov. 2009.
- AUDE, Maria Isabel. *et al.* Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grãos do trigo. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 29, n.10, p. 1533-1539, 1984.
- AUSTIN, R. B. Physiological limitations to cereal yields and ways of reducing them by breeding. In: Hurd RG, Biscoe PV, Dennis C, eds. Opportunities for increasing crop yields, London: Pitman, p. 3-19, 1980.
- BINDRABANA, Prem S.; SAYRE, Ken D.; SOLIS-MOYA, Ernesto. Identificar fatores que determinam kernel número de trigo. Dept. of Theoretical Production Ecology, Wageningen Agricultural University, 1998.
- BORNER, Andreas. *et al.* Associations between geographical origin and morphological characters in bred wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Genetic Resources, Cambridge, v. 3, n. 3, p. 360-372, 2005.
- CALDERINI, Daniel F.; DRECCER, Fernanda M.; SLAFER, Gustavo A. Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat. Field Crops Research, Amsterdam, v. 52, n. 3, p. 271-281, 1997.
- CARGNIN, Adelião. *et al.* Tolerância ao estresse de calor em trigo. Bragantia, Campinas, v. 65, n. 2, p. 245-251, 2006.
- CASTELLARÍN, J. M. *et al.* Influencia de la disponibilidad de agua y de la radiacion sobre parametros fisiologicos en cultivares de trigo con diferente estructura de canopeo. Ecofisiologia y Manejo de los Cultivos - Mar del Plata (Buenos Aires), 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra Brasileira: grãos, intenção de plantio, primeiro levantamento, outubro 2009/ Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília: Conab, 2009.

CORBELLINI, Marco. *et al.* Effect of the duration and intensity of heat shock during grain filling on dry matter and protein accumulation, technological quality and protein composition in bread and durum wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 24, p. 245-260, 1997.

CUNHA, Gilberto R. *et al.* Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Rio Grande do Sul. *Embrapa Trigo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. Passo Fundo, n. 2, 1999.

CUNHA, Gilberto R. *et al.* Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Passo Fundo. v. 9, n. 3, p. 400-414, 2001. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/pdf/revista/cap3.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2009.

EMBRAPA TRIGO. Informações gerais sobre a cultura do trigo. 2008. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo>>. Acesso em: 21 set. 2009.

ESTRADA-CAMPUZANO, Gaspar; MIRALLES, Daniel J.; SLAFER, Gustavo A. Yield determination in triticale as affected by radiation in different development phases. *European Journal of Agronomy*, p. 597-605, 2008.

EVANS, L. T.; FICHER, R. Anthony. Potential: Its Definition, Measurement, and Significance. *Crop Science*, v. 39, p. 1544-1551, 1999.

FELÍCIO, João C. *et al.* TRIGO: Épocas de semeadura em Assis (Vale do Paranapanema), SP, no período 1978-82. *Bragantia*, Campinas, p. 115-128, 1991.

FIETZ, Carlos R.; SOUSA, Paulo G.; URCHEI, Mário A. Análise da época de semeadura para trigo na região de Dourados, MS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 59-63, 2005.

FISCHER, Anthony R. Wheat. In: *Symposium on Potential Productivity Field Crops Under Different Environments*, Los Banos, Philippines, p. 524, 1983.

FISCHER, Anthony R. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, v. 105, p. 447-461, 1985.

FISCHER, Anthony R. The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson. *Field Crops Research*, v. 105, p. 15-21, 2008.

FRIZZONE, José A.; OLITTA, Antonio F. L. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento e na produção do trigo. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 1, n. 1, p. 23-36, 1990.

GIBSON, Lee R.; PAULSEN, Gelsen M. Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop Science*, v. 39, 1999.

GIFFORD, Roger M. *et al.* Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science*, v. 225, p. 801-808, 1984.

GUARIENTI, Eliana M.; CIACCO, César F.; CUNHA, Gilberto R.; DEL DUCA, Leo J. A.; CAMARGO Celina M. 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 Tecnologia Alimentos*. Campinas, n. 25, p. 412-418, 2005.

GUSTA, Linon V.; CHEN, Tini H. H. The physiology of water and temperature stress. In: HEYNE, E.G. ed. *Wheat Improvement*. Madison, A.S.A., 1987.

HEINEMANN, Alexandre B. *et al.* Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 10, n. 2, p. 352-356, 2006.

HIRANO, Jusuke. Effects of rain in ripening period on the grain quality of wheat. *Japan Agricultural Research Quarterly*, v. 10, n. 4, p. 168-173, 1976.

KIRBY, E. J. M. Analysis of leaf, stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. *Fiel Crops Research*, v.18, p.127-140, 1988.

KOLDERUP, Frederic. Effects of temperature, photoperiod and light quality on protein production in wheat grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Noruega, v. 26, p. 583-592, 1975.

MACHADO, Eduardo C.; LAGÕA, Ana M. M. A.; TICELLI, Marcelo. Relações fonte-dreno em trigo submetido à deficiência hídrica no estágio reprodutivo. *Revista Brasileira Fisiologia Vegetal*, 1993.

MENÉNDEZ, Fernando J.; SATORRE, Emilio H. Evaluating wheat yield potential determination in the Argentine Pampas. *Agricultural Systems*, 2007.

MIRALLES, Daniel J. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo. *Información técnica de trigo*. 2004. Publicación Miscelânea, n. 101, 2004.

MOREIRA, Mauricio A.; FILHO, Rubens A.; RUDORFF, Bernardo F. T. Eficiência do uso da radiação e índice de colheita em trigo submetido a estresse hídrico em

diferentes estádios de desenvolvimento. *Scientia Agricola*, v. 56, n. 3, Piracicaba, 1999.

MONTEITH, John. L. Consistency and convenience in the choice of units for agricultural science. *Experimental Agriculture*, v. 20, p. 125-137, 1984.

NERSON, Hans. *et al.* Short communications – a scale for the assessment of the developmental stages of the wheat (*Triticum aestivum* L.) spike. *Annals of Botany*, v. 45, p. 203-204, 1980.

OVIEDO, Antonio F. P.; HERZ, Renato; RUDORFF, Bernardo, F. T. Efeito do estresse hídrico e da densidade de plantio no uso da radiação e produtividade da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista Biociências*. Taubaté, v. 7, n. 1, p. 23-33, 2001.

OSÓRIO, E. A.; WENDT, W. Duração do período de formação do grão em trigo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 52, n. 2, 1995.

OZKAN, H.; LEVY, A. A.; FELDMAN, M. Allopolyploidy-induced rapid genome evolution in the wheat (*Aegilops-Triticum*) group. *The Plant Cell*, v.13, p. 1735-1747. 2001.

POZO, Alejandro. El rol de la temperatura y radiacion solar en el crecimiento y la produccion del trigo primaveral, con diferentes epocas de siembra. v. 48, p. 242-251, 1988.

RICHARDS, Richard A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of Experimental Botany*, v. 51, p. 447-458, Canberra, Austrália, 2000.

RODRIGUES, Osmar. *et al.* Efeito da deficiência hídrica na produção de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 6, p. 839-846, 1998.

RODRIGUES, Osmar. *et al.* Desenvolvimento de trigo: efeito da temperatura. *Circular Técnica Online*. n. 3, 2001. Disponível: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_ci03_1.htm#endereco>. Acesso em: 17 jul. 2009.

RODRIGUES, Osmar. Manejo de trigo: bases ecofisiológicas. In: Cunha, Gilberto R.; Bacaltchuk, B. *Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, p.120-169, 2000.

RODRIGUES, Osmar. *et al.* Características fisiológicas associadas ao avanço no potencial de rendimento de grãos de trigo. *Passo Fundo, Embrapa Trigo*, 2002.

RODRIGUES, Osmar. *et al.* Efeito da aplicação de herbicida hormonal em diferentes estádios de desenvolvimento de trigo (*Triticum aestivum* L. cvs. Embrapa 16 e BRS 23). *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 1, p. 19-29, 2006.

RODRIGUES, Osmar. Macroprograma 2- Competitividade e Sustentabilidade. Integração do trigo a sistemas diversificados de exploração Agropecuária na Região Sul do Brasil. EMBRAPA, 2006.

RODRIGUES, Osmar. *et al.* Fifty years of wheat breeding in Southern Brazil: yield improvement and associated changes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 42, n. 6, p. 817-825, 2007.

SAVIN, Roxana; SLAFER, Gustavo A. Shading effects on yield of an Argentinian wheat cultivar. *Journal of Agricultural Science, London*, v. 116, p. 1-7, 1991.

SCHEEREN, Pedro L. *et al.* Efeito do frio em trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 57), 2000. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co57.htm>. Acesso em: 21 set. 2009.

SIGMAPLOT – Exact Graphy for Exact Science. Version 8.0, 2002.

SILVA, Francisco de A.; AZEVEDO, Carlos A. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SIQUEIRA, Otávio J. W.; STEINMETZ, Sílvio; FERREIRA, Mauro F. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 8, p. 311-320, 2000.

SLAFER, Gustavo A. *et al.* Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. In: BEDÖ, Z.; LÁNG, L. (Eds). *Wheat in a global environment*. 786 p. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 487-496, 2001.

SLAFER, Gustavo A.; CALDERINI, Daniel F.; MIRALLES, Daniel J. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. *Mexico, CIMMYT*, p. 101-133, 1996.

SLAFER, Gustavo A.; RAWSON, Howard M. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 21, p. 393-426, 1994.

TOMASINI, Roque G. A.; AMBROSI, Ivo. Aspectos Econômicos Da Cultura De Trigo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília*, v. 15, n. 2, p. 59-84, 1998.

USDA - United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Distribution Online: Custom Query. USA, 2009. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2009.

VERÓN, Santiago R.; PARUELO, José M.; SLAFER, Gustavo A. Interannual variability of wheat yield in the Argentine Pampas during the 20th century. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 103, p. 177-190, 2004.

WALTER, Lidiane C. *et al.* Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cultivares de trigo e sua associação com a emissão de folhas. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/2009nahead/a306cr18_68.pdf>. Acesso em: 11 set. 2009.

