



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



LUCIA DE FRANCESCHI

**ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E EFEITO DE
VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A QUALIDADE
TECNOLÓGICA DE CULTIVARES DE TRIGO NO ESTADO DO
PARANÁ**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2009

LUCIA DE FRANCESCHI

**ADAPTABILIDADE, ESTABILIDADE E EFEITO DE
VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS SOBRE A QUALIDADE
TECNOLÓGICA DE CULTIVARES DE TRIGO NO ESTADO DO
PARANÁ**

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

Orientador: Dr. Giovani Benin.

Co-Orientador: Eliana Maria Guarienti

Thomas Newton Martin

Volmir Sergio Marchioro

Pato Branco

2009

C123a

Franceschi, Lucia de

Adaptabilidade e estabilidade e efeito de variáveis meteorológicas sobre a qualidade industrial de genótipos de trigo no estado do Paraná / Lucia de Franceschi. Pato Branco. UTFPR, 2009

XI, 99 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2009.

Bibliografia: f. 33 – 37; 54 – 62; 81 – 96; 98 - 99.

1. *Triticum Aestivum* L. 2. Interação genótipo x ambiente. 3. Qualidade industrial I. Benin, Giovani, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD: 371.334



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 n° 015

**Adaptabilidade, estabilidade e efeito de variáveis meteorológicas sobre a
qualidade tecnológica de cultivares de trigo no estado do Paraná**

por

Lucia de Franceschi

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia treze de março de dois mil e nove, 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. Volmir Sergio Marchioro
COODETEC

Dr. José Abramo Marchese
IAPAR

Dra. Thomas Newton Martin
UTFPR

Dr. Giovanni Benin
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Idemir Citadin
Coordenador do PPGA

Este trabalho é dedicado aos meus pais Omario de Franceschi e Maria de Franceschi – que deram tudo de si para que eu tivesse sempre o melhor, me ensinaram o caminho do respeito e dignidade e serão sempre exemplos de vida. Ao meu namorado Leandro Deitos - sempre atencioso, dispondo de carinho, compreensão e dedicação, e tornando menos tensos os momentos reservados a redação desta dissertação.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção principalmente nos momentos mais difíceis e por ser fonte de inspiração quando a incerteza pesa forte na escolha dos caminhos à seguir.

Aos meus pais pelo incentivo de todos esses anos e por muitas vezes terem contribuído apenas com um olhar que valia muito.

Em especial ao meu namorado Leandro Deitos, por ter me apoiado, e me suportado neste último ano de mestrado, onde muitas vezes não fui à namorada que merecia. AMO-TE MUITO.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e aos professores que sempre me apoiaram.

Ao meu orientador Giovani Benin, pela experiência e conhecimentos transmitidos, e pela confiança em mim depositada.

Aos Co-Orientadores Thomas Newton Martin, Volmir Sérgio Marchioro e Eliana Guarienti, pelos conhecimentos transmitidos, idéias e sugestões sempre oportunas.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós Graduação em que transformaram o ambiente de estudo em agradáveis momentos de crescimento profissional – Simone Aparecida Sasso, Moeses Andriago Danner, Greice Daiane Rodrigues Gomes, Rubia Cristiane Camochena, Frank Lagos, José Gilberto Medeiros, Ana Claudia Andrade, Edson Pin, Cristiano Pitta, Henrique Luis da Silva - serão sempre lembrados com muita alegria.

Aos funcionários da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a secretária do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Polyane Mayer, pela amizade e constante auxílio prestado.

As instituições de pesquisa representadas pela EMBRAPA TRIGO, EMBRAPA SOJA, IAPAR, COODETEC, FAPA e OR pela viabilização deste projeto.

À *CAPES*, que tornou o Mestrado uma possibilidade real.

Por fim, agradeço a todos aqueles que alguma maneira contribuíram para que eu pudesse concretizar mais esta conquista.

“Qualquer coisa que você possa fazer ou sonhar comece.” A ousadia contém genialidade, poder e mágica. (Goethe)

RESUMO

FRANCESCHI, Lucia de. Adaptabilidade, estabilidade e efeito de variáveis meteorológicas sobre a qualidade tecnológica de cultivares de trigo no estado do Paraná. 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.

O cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) tem grande importância no sistema agrícola da região sul, sendo responsável por cerca de 95% da produção de trigo no Brasil. Nesses estados, a variabilidade climática é muito expressiva, fazendo com que os cultivares respondam de maneira diferenciada nos diversos ambientes de cultivo, ocasionando muitas vezes diminuição da produção, produtividade e afetando a qualidade tecnológica de trigo, durante a permanência da cultura na lavoura. Logo para que um cultivar tenha sucesso este deve apresentar estabilidade e elevada produtividade além de qualidade superior, uma vez que a aptidão tecnológica representa uma oportunidade de agregar valor de mercado ao trigo, principalmente em face do mercado internacional e do setor industrial. Baseado nisso, este trabalho teve por objetivos investigar, através de revisão de literatura, quais fatores pré-colheita afetam a qualidade tecnológica do trigo; comparar diferentes métodos (paramétricos e não paramétricos) de adaptabilidade e estabilidade, na seleção de cultivares mais estáveis e responsivos às condições de ambiente e; verificar a influência de variáveis meteorológicas sobre a qualidade tecnológica. Conclui-se que os fatores genéticos, meteorológicos e de manejo são determinantes para a obtenção da qualidade desejada. Neste sentido, a adequada escolha do cultivar, o conhecimento das limitações climáticas da região de cultivo e da fertilidade do solo e a execução dos tratamentos culturais recomendados pela pesquisa, podem contribuir substancialmente para a obtenção das características físicas, químicas e biológicas que conferem qualidade à farinha de trigo e aos produtos que dela derivam. Também, foi possível observar que os métodos de Lin e Binns (1988) e de Eberhart e Russel (1966) foram mais informativos na identificação de cultivares de trigo mais produtivos, adaptados e estáveis, quando comparados aos métodos de ecovalência e de Cruz et al. (1989). Com relação à influência das variáveis meteorológicas sobre a qualidade tecnológica do trigo, observou-se que a precipitação pluvial, a temperatura máxima, a temperatura mínima e a radiação solar promoveram acréscimos e, também, em alguns casos, limitaram a expressão da qualidade tecnológica dos cultivares de trigo avaliados no estado do Paraná. As estimativas de associação entre os parâmetros de qualidade tecnológica e variáveis meteorológicas foram diferentes entre os locais avaliados, tanto no sentido, quanto na magnitude da associação. Desta forma, conclui-se que, através da escolha adequada do cultivar (adaptado, estável e com o potencial genético de qualidade desejado), da execução das práticas de manejo essenciais (fertilidade do solo, rotação de culturas e controle de plantas daninhas, pragas e doenças) e do conhecimento dos períodos em que as condições meteorológicas são mais prejudiciais, nos diferentes locais de cultivo, é possível maximizar tanto a qualidade tecnológica, quanto a produtividade, do trigo no estado do Paraná.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; interação genótipo x ambiente; qualidade tecnológica.

ABSTRACT

FRANCESCHI, Lucia de. Adaptability, stability and effect of meteorological variables on the technological quality of wheat cultivars in the state of Paraná. 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.

Wheat (*Triticum aestivum* L.) growing has great importance in the agricultural system of the southern region of Brazil, and is responsible for about 95% of the country's wheat yield. Climatic variability is very expressive in the southern states. Wheat cultivars therefore respond differently in the various environments where they are grown, and this is often the cause of decreased production and productivity, affecting the technological quality of wheat during the period when the crop remains in the field. Consequently, for a wheat cultivar to be successful it must be stable, provide high productivity, and have superior quality, since technological aptitude represents an opportunity for added market value, especially in face of the international market and the industrial sector. Based on that, this study aimed to investigate, by means of a literature review, which pre-harvest factors affect the technological quality of wheat; compare different adaptability and stability methods (both parametric and non-parametric) in the selection of cultivars more stable and responsive to environmental conditions; and determine the influence of weather variables on wheat technological quality. It was concluded that genetic, weather, and management factors are crucial in obtaining the desired quality. In this respect, the selection of an adequate cultivar, knowledge about the climatic limitations of the wheat-growing region and soil fertility, and accomplishing the management practices recommended by research can substantially contribute toward obtaining the physical, chemical, and biological characteristics that lend quality to flour and flour-based products. In addition, the Lin and Binns (1988) and Eberhart and Russel (1966) methods were more informative in the identification of more productive, adapted and stable wheat cultivars, as compared to the ecovalence and Cruz et al. (1989) methods. As to the influence of weather variables on wheat technological quality, it was observed that precipitation, maximum temperature, minimum temperature, and solar radiation provided increases and, in some cases, limited the technological quality expression of wheat cultivars evaluated in the State of Paraná. The estimates of associations between technological quality parameters and weather variables were different among the localities evaluated, both in the meaning and the magnitude of the association. It is thus concluded that by adequately choosing a cultivar (adapted, stable, and with the desired genetic potential for quality), performing essential management practices (soil fertility, crop rotation, and control of weeds, pests, and diseases), and knowing the periods when weather conditions are more detrimental in the various cultivation localities, both the technological quality and the productivity of wheat can be maximized in the State of Paraná.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; genotype x environment interaction; technological quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Dendograma demonstrativo da dissimilaridade genética para os dados de qualidade, de 11 genótipos de trigo avaliados em ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007. 98
- Figura 2 - Dendograma demonstrativo da dissimilaridade entre oito locais de cultivo de trigo, em relação aos dados meteorológicos da safra agrícola de 2007. 99

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Zonas tritícolas e diferenças edafoclimáticas dos locais onde foram realizados os ensaios no ano de 2007.62
- Tabela 2 Resumo da análise de variância conjunta para rendimento de grãos, com a decomposição da soma dos quadrados.62
- Tabela 3 Resumo das médias de produtividade de 17 cultivares de trigo cultivados em 6 regiões do Estado do Paraná e a classificação dos mesmos como favoráveis ou desfavoráveis segundo a metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989).63
- Tabela 4 Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, obtidas pelos métodos de Wricke (1965) (W), Eberhart & Russell (1966) (E&R), Cruz et al. (1989) (C) e de Lin & Binns (1988) (L&B), para o caráter rendimento de grãos, em 17 cultivares de trigo.64
- Tabela 5 Coeficientes de correlação de Sperman entre a média geral do rendimento de grãos (RG, Kg ha⁻¹) de 17 genótipos de trigo, e os parâmetros: coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_{li}$), a variância dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$) de Eberhart & Russel (1966), resposta aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$), ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$) de Cruz et al. (1989), ecovalência ($\bar{\omega}_i$) de Wricke (1965) e os valores de P_i , P_{if} e P_{idesf} de Lin & Binns (1988).65
- Tabela 6 Características e reação às doenças dos cultivares de trigo avaliados.91

- Tabela 7 Média, amplitude e desvio padrão das variáveis de qualidade tecnológica e rendimento de grãos de ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.....93
- Tabela 8 Média, amplitude e desvio padrão do rendimento de grãos e das variáveis de qualidade tecnológica de ensaios conduzidos nos municípios Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.....94
- Tabela 9 Média, amplitude e desvio padrão das variáveis meteorológicas de ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.....94
- Tabela 10 Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e rendimento de grãos em ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.....95
- Tabela 11 Coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros de qualidade e o rendimento em grãos em ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.....96
- Tabela 12 Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e os parâmetros de qualidade tecnológica em ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.....97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – Graus Celsius;

cm – centímetros;

CV – Coeficiente de variação;

EURs – Eficiência de uso da radiação solar;

GL – Graus de liberdade;

I – Valor inferior à média menos um desvio padrão;

J – Joules;

Kg ha⁻¹ – Quilograma por hectare;

L – Extensibilidade;

m – Metros;

m² – Metros cuadrados;

mb – Pressão atmosférica;

mm – Milímetros;

N – Nitrogênio;

NQ – Número de queda;

P – Tenacidade;

PH – Peso hectolitro;

P/L – Relação tenacidade extensibilidade;

PR – Potencial de rendimento;

PREC – Precipitação;

PRES – Pressão;

RAD – Radiação solar;

RG – Rendimento de grãos;

S – Valor superior à média mais o desvio padrão;

r_i² – Coeficiente de determinação;

RSi – Radiação solar interceptada;

TEMP. MÁX. – Temperatura máxima;

TEMP. MÍN – Temperatura mínima;

Ton⁻¹ - Tonelada;

W – Força de glúten;

CAPES –

CONAB – Conselho Nacional do Abastecimento;
COODETEC - Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola;
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;
FAO – Food and Agriculture Organization – Organização para a Alimentação e agricultura;
FAPA - Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária;
IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná;
IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social;
MAEC – Medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento;
MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento;
OR - OR Melhoramento de Sementes;
RCSBPT – Reunião da Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo;
SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná;
UPGMA – Método de agrupamento da distância média.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xv
1.INTRODUÇÃO GERAL.....	18
CAPÍTULO I.....	23
2.Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo.....	23
2.1.INTRODUÇÃO	23
2.2.Fatores genéticos.....	24
2.3.Elementos meteorológicos.....	26
2.4.Fertilidade do solo	29
2.5.Rotação de culturas	32
2.6.CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
2.7.REFERÊNCIAS.....	34
CAPÍTULO II.....	41
3.Comparação de métodos para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo no Estado do Paraná.....	41
3.1.INTRODUÇÃO	41
3.2.MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.3.RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
3.4.CONCLUSÕES	56
3.5.REFERÊNCIAS.....	57
CAPÍTULO III.....	66
4.Influência de variáveis metereológicas sobre a qualidade tecnológica do trigo no estado do Paraná	66
4.1.INTRODUÇÃO	66
4.2.MATERIAL E MÉTODOS	68
4.3.RESULTADOS e DISCUSSÕES	70
4.4.CONCLUSÕES	83
4.5.REFERÊNCIAS.....	84
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
6.REFERÊNCIAS – INTRODUÇÃO GERAL	101

1. INTRODUÇÃO GERAL

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos principais cereais usados na alimentação humana, sendo que em 2007, esse cereal obteve a terceira colocação na produção mundial de grãos (FAO, 2009). O Paraná ocupa desde o início da década de 80 a posição de Estado brasileiro maior produtor de trigo, tendo sido responsável por 53% da produção nacional desse produto no ano de 2008. No Brasil, a produção atingiu 6 milhões de toneladas nesse mesmo ano agrícola, o que não atende a demanda nacional de trigo e seus derivados (CONAB, 2009). Porém, o país tem potencialidade e condições edafoclimáticas para atingir patamares mais elevados de rendimento e qualidade de grãos, superando os baixos índices de produtividade obtidos atualmente, suprindo assim o mercado interno tanto com quantidade como com qualidade.

Análises sobre a história da produção brasileira de trigo demonstram grandes oscilações. Essa instabilidade produtiva se deve principalmente a dois fatores: (i) elevada variação nas condições de ambiente entre anos, afetando negativamente a produtividade e a qualidade dos grãos e, (ii) a indisponibilidade de cultivares de trigo adaptados com alta qualidade tecnológica, ocasionando perda de competitividade do trigo nacional em relação a trigos importados (MITTELMANN, 1998). Já de acordo com Muller, Brum (2006), a instabilidade produtiva se deve a falta de apoio do governo federal e dos altos custos de produção, aliados aos baixos preços, a instabilidade do mercado, a preferência dos moinhos pelo trigo importado e o fato dos produtores geralmente não produzirem um produto de qualidade que agrega mais valor e possui a maior demanda por parte dos moinhos, colocando em xeque o futuro da atividade no Brasil. Dessa maneira, a qualidade tecnológica passou a ser um dos fatores de maior importância na redução da competitividade do trigo nacional, principalmente em relação ao cereal importado de países como Argentina e Canadá, tradicionais produtores de trigo com elevada qualidade tecnológica (ZANATTA et al., 2000).

A fim de obter produtos com alta qualidade física e nutricional, os mercados consumidores de trigo têm exigido matéria prima com boas características físico-químicas capazes de proporcionar tal resultado. Baseado

nisso, a exigência de qualidade tecnológica passou a ser fortemente considerada na compra de trigo dos agricultores. Essas exigências de qualidade também foram determinantes para alguns ajustes nos programas de melhoramento genético de trigo no Brasil, pois, dentre os critérios de seleção enfocados tradicionalmente (aumento de produtividade, resistência a moléstias e elementos tóxicos), a qualidade tecnológica passou a ser considerada para o desenvolvimento de novas constituições genéticas de qualidade superior (MANDARINO, 1993).

A aptidão das cultivares de trigo para os diferentes usos industriais é determinada por várias características do grão e da farinha, que são dependentes do cultivar e das condições ambientais, como solo, clima, incidência de doenças e de pragas, manejo da cultura, etc, (BEQUETTE, 1989). O fator cultivar determina que a qualidade industrial do trigo possa ser “pão”, “brando” ou “melhorador”. Entretanto, como a presença de interação do cultivar com o ambiente (bióticos, abióticos e de manejo) determina a composição química do grão colhido, este pode não apresentar a qualidade que o cultivar tem capacidade de expressar (MANDARINO, 1993).

Além da qualidade, a capacidade que alguns cultivares, tem de apresentarem excelente adaptabilidade e estabilidade em diferentes ambientes tem sido apreciada pelos geneticistas e fitomelhoristas (CARVALHO, 1982). Os experimentos de avaliação de cultivares, em diferentes locais, com técnicas de cultivo definidas, fornecem informações importantes nesse aspecto.

Agronomicamente, o clima favorável para o trigo deve apresentar inverno suave, verão quente com elevada radiação solar, sem chuvas fortes e suprimento de água fornecido pela umidade armazenada no solo (FELÍCIO et al., 2000; GUARIENTI et al., 2004). O clima é uma das principais causas das grandes variações de rendimento na produção de trigo no Paraná, entretanto há muitas maneiras de minimizar seus efeitos. Dentre eles pode-se citar a utilização de cultivares que diferem quanto à tolerância ao frio, aos ventos quentes e secos e aos períodos de estiagem nas diversas fases do desenvolvimento das plantas (HANSON; BORLAUG; ANDERSON, 1982). Dessa forma, o que se têm buscado são cultivares com capacidade de

apresentar estabilidade e adaptabilidade em diferentes ambientes (CARVALHO, 1982).

A produtividade do trigo depende das condições hídricas durante o período de formação dos órgãos reprodutivos e na floração (PRELA, 2004). Falta de água nessas fases reduz o número de grãos por espiga e o rendimento da cultura. Chuvas freqüentes durante o inverno, além de intensificar as moléstias, prejudicam a qualidade e produtividade quando coincidem com a colheita sendo comum a germinação do grão ainda na espiga e o acamamento de planta (DARIO, 1988; LINHARES; NEDEL, 1989).

O Paraná é um estado que apresenta grande heterogeneidade climática, devido ao seu relevo e localização geográfica situando-se na faixa de transição climática entre climas tropicais ao Norte, e subtropical com transição para climas temperados ao Sul (CAVIGLIONE et al., 2000). O clima predominante no Paraná é o subtropical, com verões quentes e invernos frios. Segundo a classificação de Köppen, citado por Moreno (1961), o clima subtropical apresenta três variações climáticas: Cfa, Cfb e Cwa. O clima Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes, ocorre nas partes mais baixas do planalto de Guarapuava, isto é, nas regiões norte, no centro-oeste, no oeste, no sudoeste, no vale do Ribeira e na Baixada Litorânea. Registra temperaturas médias anuais de 19° C e pluviosidade de 1.500mm anuais (IPARDES, 2007).

O clima Cwa, subtropical com verões quentes e invernos secos, ocorre no extremo noroeste do Estado. É o chamado clima tropical de altitude, pois ao contrário dos climas Cfa e Cfb que registram chuvas bem distribuídas no decorrer do ano, este apresenta pluviosidade típica dos regimes tropicais com invernos secos e verões chuvosos, porém, no Paraná, esse período de seca só se registra por dois meses no máximo. A temperatura anual varia em torno de 20° C e a pluviosidade alcança 1.300mm anuais. Quase todo o Estado está sujeito a mais de cinco dias de geada por ano, mas na porção meridional e nas partes mais elevadas dos planaltos registram-se mais de dez dias (IPARDES, 2007).

O clima Cfb, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões amenos, ocorre na porção mais elevada do Estado e envolve o planalto

de Curitiba, o planalto de Ponta Grossa e a parte oriental do planalto de Guarapuava. As temperaturas médias anuais variam em torno de 17° C e são inferiores aos 20°C. O índice pluviométrico anual alcança mais de 1.200mm anuais. A região sul do estado é caracterizada por possuir solos ácidos, já nas demais áreas são encontrados solos com e sem acidez (IPARDES, 2007).

Essas características fazem com que predominem microclimas, principalmente onde ocorrem mudanças bruscas de relevo, tornando necessária a caracterização pormenorizada dos fatores climáticos que causam danos às plantas (CARAMORI et al., 2001 a,b). De acordo com Cunha et al. (2001) o ambiente, principalmente o clima, não influencia apenas o rendimento físico da cultura de trigo, mas também as suas características de qualidade tecnológica. Este fato tem sido destacado por diversos autores, como Bolling (1974), Linhares e Nedel (1989) e Guarienti (1996), entre outros, chegando-se à conclusão de que o clima pode definir áreas para a produção de trigo com diferentes níveis de probabilidade de obtenção de determinados padrões de qualidade tecnológica.

Prejuízos ao rendimento físico e ao padrão de qualidade tecnológica dos grãos, por eventos de natureza climática adversa, particularmente, quando coincidem com os períodos críticos do desenvolvimento, têm sido freqüentes na história da triticultura no Brasil. Esse fato decorre do impacto da variabilidade climática extrema sobre a cultura, fazendo com que, em cada local, exista um nível de risco inerente às suas características climáticas e à sensibilidade dos materiais cultivados (CUNHA et al., 2001).

Dessa forma, o estabelecimento de regiões de plantio com características semelhantes para as quais são recomendadas tecnologias de produção específica para cada situação, tem como objetivo principal a otimização da produção e da produtividade e, como objetivo secundário, a manutenção da qualidade tecnológica do trigo.

No caso do trigo, em face do comércio internacional e da demanda dos diversos segmentos da cadeia produtiva, existe uma forte interação entre a qualidade tecnológica e o preço. A seleção visando à qualidade de panificação vem sendo realizada em diversos programas de melhoramento, com o desenvolvimento de elevada qualidade tecnológica. Entretanto, muitas vezes, o

manejo e/ou o efeito do ambiente de cultivo não possibilitam o cultivar manifestar a qualidade desejada.

CAPÍTULO I

2. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. INTRODUÇÃO

O cultivo do trigo é de extrema importância para a sustentabilidade de pequenas e médias propriedades da região Sul do Brasil, estando altamente integrado em esquemas de rotação/sucessão com as culturas da soja e do milho, no sistema de semeadura direta. Em face de um mercado globalizado e da necessidade do Brasil atingir a autosuficiência na produção, busca-se maior competitividade na triticultura nacional. Para tanto, é necessário incrementar o potencial de rendimento em nível de lavoura, no qual os cultivares devem favorecer-se de forma benéfica do ambiente e manejo empregado (SMANHOTTO et al., 2006). Além da produtividade, o grão de trigo também deve possuir a qualidade tecnológica desejada pela indústria, evitando assim o uso de aditivos, por razões de custo e de segurança alimentar.

Os atributos que influem na qualidade tecnológica são determinados, principalmente, pelo teor de proteínas (POMERANZ, 1973) e por sua variação, tanto qualitativa, em termos da composição de subunidades, quanto quantitativa, em relação às diferentes frações protéicas que compõem o glúten (BRUNORI et al., 1989), sendo as gluteninas e as gliadinas as principais responsáveis pelas propriedades reológicas da massa (POMERANZ, 1988). A variação qualitativa e a variação quantitativa dessas proteínas dependem do genótipo (G), do ambiente (A) e da interação GxA (GUARIENTI, 1996).

As variações de qualidade devido ao ambiente superam com frequência as vinculadas ao genótipo (PETERSON et al., 1998). Dentre os fatores ambientais que podem produzir modificações na qualidade tecnológica e no teor protéico do grão, citam-se o tipo de solo e os níveis de adubação (MAC

RITCHIE; GUPTA, 1993). Dentre os fatores meteorológicos, a temperatura, a precipitação pluvial e a radiação solar são os de maior impacto, tanto no crescimento, quanto no desenvolvimento, na adaptação e na qualidade tecnológica do trigo (MIRALLES; SLAFER, 2000). Nesse sentido, a forma mais eficiente que o produtor dispõe para reduzir riscos é o emprego de práticas de manejo da cultura, tais como escolha de cultivar, época e densidade de semeadura, manejos de água, resíduos na superfície e fertilização, as quais buscam minimizar o impacto das flutuações climáticas.

Dessa forma, o objetivo desta revisão bibliográfica é fornecer informações que possam auxiliar o grau de entendimento dos fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo a fim de que a adoção de técnicas que otimizem, tanto a qualidade tecnológica, quanto a produtividade, seja empregada de forma mais adequada.

2.2. Fatores genéticos

O genoma D (proveniente da espécie *Aegilops squarrosa* L.), possivelmente o responsável pela qualidade tecnológica do trigo, foi incorporado aos trigos tetraploides (AABB) por meio de hibridações naturais e, quando seguido de poliploidia, produz o trigo hexaplóide (AABBDD), como é o caso de *Triticum aestivum* L ($2n=6x=42$) (SILVA et al., 2004).

As proteínas do glúten, presentes no endosperma da semente, representam 85% das proteínas da farinha e são as principais responsáveis pela qualidade panificativa do trigo (BRAMMER, 2000). Essas proteínas são classificadas em dois grupos: as gluteninas (alto e baixo peso molecular), responsáveis pela elasticidade, e as gliadinas, responsáveis pelas características de viscosidade. Segundo Caldeira et al. (2000), cada proteína é produto de, pelo menos, um gene, sem haver modificações pós-traducionais, excetuando-se a formação de pontes de dissulfeto.

Dessa forma, a qualidade tecnológica de trigo é determinada, principalmente, pela fração das proteínas do glúten do grão, a qual é extremamente influenciada pelos alelos dos locos que as codificam, o que demonstra a grande importância prática da identificação desses alelos (BRAMMER, 2000). As gluteninas de alto peso molecular (HMW-GS) são do tipo poliméricas e são estabilizadas pelas pontes dissulfeto, resultantes da ligação dos resíduos de cisteína. As subunidades de HMW-GS são codificadas por genes *Glu-1* localizados no braço longo do primeiro grupo homólogo da espécie (cromossomos 1A, 1B e 1D), que podem codificar para um ou dois tipos de polipeptídeos. Numerosos alelos, responsáveis pela produção de subunidades diversas, têm sido descritos para cada loco. *Glu-1B* apresenta maior polimorfismo, com cinco alelos comuns e, pelo menos, seis alelos raros. *Glu-1D* apresenta dois alelos comuns e quatro alelos raros, e *Glu-1A* é o loco menos polimórfico, com apenas três alelos, em que um é nulo e nos outros dois um tipo de polipeptídeo não é funcional. Essa variação na composição das subunidades de gluteninas (composição alélica) contribui para as diferenças genéticas na qualidade de panificação observada entre os cultivares, seja por produzirem maior quantidade de HMW-GS, seja por produzirem subunidades mais efetivas (PAYNE et al., 1984; CALDEIRA et al., 2000). De acordo com Brammer (2000), os padrões eletroforéticos obtidos com essas proteínas podem relacionar 69% da variação da qualidade de panificação em um cultivar de trigo.

A qualidade tecnológica também pode ser estimada por meio das gluteninas de baixo peso molecular (LMW-GS), que estão mapeadas no loco *Glu-3* do braço curto dos cromossomos 1A, 1B e 1D e próximas ao loco *Gli-1* que codifica as gliadinas (SINGH; SHEPHERD, 1988). Já as gliadinas são proteínas monoméricas responsáveis pela extensibilidade da massa para produção de pão, possuem baixo peso molecular, têm composições características do genótipo e são independentes das condições de crescimento da planta, sendo sua análise atrativa para identificação varietal (WRIGLEY, 1976).

Contudo, é válido ressaltar que o conteúdo de proteína é um caráter quantitativo, expresso por grande número de genes, os quais são

decisivamente influenciados pelo ambiente. Entretanto, em três cruzamentos envolvendo cultivares de trigo duro com força de glúten contrastantes, Clarke et al. (1993) obtiveram valores de herdabilidade moderados (0,57, 0,67 e 0,68) quanto aos valores do índice de sedimentação. Já Mittelman et al. (2000), analisando a herança dos caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação (volume de sedimentação, índice de sedimentação e teor de proteína) em 10 cruzamentos envolvendo cinco cultivares (classificadas distintamente quanto à qualidade de panificação), detectaram variabilidade nos cruzamentos, no tocante aos caracteres avaliados, sugerindo a existência de genes complementares. Além disso, esses autores encontraram valores de herdabilidade para volume de sedimentação variando entre 0,04 e 0,76 (média de 0,44) e observaram que esse caráter está fortemente associado com o índice de sedimentação, como era esperado, uma vez que esse índice é obtido pela divisão do volume de sedimentação pelo teor de proteína.

2.3. Elementos meteorológicos

O clima tem profundo impacto na produção de trigo e ajuda a explicar porque diferentes partes do mundo produzem distintos tipos de trigo, condicionando, por sua vez, o seu destino final de uso (BOZZINI, 1988). Na região subtropical do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Sul do Paraná), os principais problemas são: o excesso de umidade relativa do ar em setembro-outubro, as temperaturas elevadas na fase de enchimento de grãos, as chuvas na colheita, o granizo e a ocorrência de geadas no espigamento (NODA et al., 1994).

A duração das distintas fases ontogênicas do cultivo do trigo é regulada por três fatores determinantes: i) temperatura; ii) fotoperíodo (duração do dia); iii) vernalização (requerimentos de horas de frio). Entretanto, a temperatura e a precipitação pluvial são os fatores que mais diretamente relacionados à qualidade tecnológica.

a) Temperatura: a temperatura, em particular, induz uma série de mudanças fisiológicas na acumulação de reservas no grão, que interagem de maneira complexa, modificando a qualidade tecnológica. A temperatura ótima do período da antese até a maturação fisiológica para a obtenção de elevado peso de grãos deve ser em torno de 16°C (KOLDERUP, 1975). A partir desta ocorre diminuição do rendimento de grãos na ordem de 3 a 4% a cada grau centígrado de aumento (WARDLAW; WRIGLEY, 1994). Esse fenômeno ocorre, principalmente, devido à redução na deposição de amido. A acumulação de proteína também declina quando a temperatura aumenta, embora seja menos sensível que o amido (RANDALL; MOSS, 1990).

Nas cultivares cujo destino principal é a panificação e a elaboração de macarrão, o aumento na porcentagem de proteína conduz a melhoria na força da massa (MATSUO et al., 1972). No entanto, quando a temperatura durante o enchimento de grão supera os 30°C, a relação positiva entre porcentagem de proteína e força da massa deixa de existir, podendo inclusive se tornar negativa (CIAFFI et al., 1996). Em alguns casos, mesmo sem a modificação do conteúdo protéico do grão, o estresse térmico conduz a diminuição no volume do pão e no volume de sedimentação (PETERSON et al., 1998).

Quando ocorre estresse térmico por altas temperaturas, a síntese de gliadinas e as subunidades de gluteninas de baixo peso molecular não são afetadas. Entretanto, as subunidades de gluteninas de alto peso molecular são reduzidas, podendo ser paralisadas (BLUMENTHAL et al., 1994). O tamanho relativo das proteínas poliméricas depende de sua composição, em particular da relação entre subunidades de gluteninas de alto e baixo peso molecular. Assim, a redução ou supressão da síntese de gluteninas de alto peso afeta negativamente a formação de agregados responsáveis pela coesividade do glúten e da firmeza das massas (SHEWRY et al., 2003).

Experiências realizadas com trigo para pão e trigo para massas, na Itália, demonstraram 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 (CORBELLINI et al., 1997). Da mesma forma, na região das grandes planícies dos Estados Unidos, em estudo de avaliação da evolução de 30 cultivares de trigo duro de inverno em 17 ambientes, Peterson

et al. (1998) registraram diminuições significativas nos volumes de sedimentação (SDS) e nas porcentagens de absorção de água e volume de pão, devido ao efeito do estresse por altas temperaturas (número de horas com temperatura superior a 32°C).

A avaliação da influência das temperaturas mínima e máxima na qualidade tecnológica e no rendimento de grãos da cultivar de trigo 'EMBRAPA 16, nos anos de 1990 a 1998, em sete locais do Rio Grande do Sul e em quatro locais de Santa Catarina, conforme observado por Guarienti et al. (2004), determinou que o aumento da temperatura máxima média nesses locais no final do enchimento de grãos promoveu elevação da força de glúten e acréscimo do peso de mil grãos e do rendimento de grãos, além de influenciar positivamente o número de queda. Entretanto, ocasionaram redução do peso do hectolitro, quando ocorreram no início do enchimento de grãos. Já sob temperaturas mínimas médias, esses mesmos autores observaram influência negativa sobre o peso do hectolitro, massa de mil grãos e número de queda e da extração experimental de farinha na fase inicial de enchimento de grãos. Entretanto, essas temperaturas tiveram influência positiva na força de glúten e na relação tenacidade e extensibilidade (P/L), nos períodos que correspondem, aproximadamente, ao início e ao fim do enchimento de grãos.

b) Precipitação pluvial: a cultura do trigo, quando comparada a outras culturas, possui maior eficiência no uso da água, em decorrência de ser originária de regiões semiáridas (SCHLEHUBER; TUCKER, 1967). Entretanto, a fotossíntese, a formação e a remobilização de metabólitos e o estabelecimento do número de grãos viáveis por espiga são afetados durante a ocorrência de deficiência hídrica. A redução na produção de fotoassimilados pode estimular a remobilização de reservas para os grãos ou reduzir o seu acúmulo, dependendo da época de ocorrência (GUSTA; CHEN, 1987).

A elevada precipitação pluvial antes da maturação fisiológica do trigo promove decréscimo no enchimento do grão, diminuindo a massa de mil grãos e aumentando a atividade enzimática (HIRANO, 1976). Esta última é apontada como a principal causa da redução das características qualitativas da farinha, pois as enzimas ativadas promovem alterações no amido e nas proteínas, sendo comum à germinação do grão ainda na espiga (LINHARES; NEDEL,

1989; CUNHA, 1999). Além disso, chuvas frequentes intensificam a ocorrência de moléstias (WEIBEL; PENDLETON, 1964) e o acamamento da planta (CRUZ et al., 2000), fatores relacionados, tanto com a produtividade, quanto com a qualidade tecnológica.

A germinação pré-colheita do trigo é induzida quando os grãos absorvem água logo depois de completada a maturação e, com isso, ocorre à ativação da enzima α -amilase (sintetizada na camada de aleurona do endosperma), que é responsável pela redução da qualidade da farinha (NODA et al., 1994). Assim, o molhamento e a posterior secagem dos grãos também reduzem o peso do hectolitro, em consequência da diminuição de sua densidade (FINNEY; YAMAZAKI, 1967). De acordo com Bhatt et al. (1981), a redução do peso do hectolitro é resultante da alta taxa de respiração, associada aos grãos germinados, que consomem os carboidratos acumulados. Chuvas no período inicial da maturação afetam, principalmente, características quantitativas (peso de mil grãos, peso do hectolitro e rendimento de farinha) e incrementam o teor de cinzas, enquanto que chuvas no fim da maturação reduzem a estabilidade, a elasticidade e a extensibilidade da massa, bem como sua viscosidade (HIRANO, 1976).

A precipitação, a umidade relativa do ar e o excesso hídrico do solo influenciam negativamente o peso de hectolitro, o peso de mil grãos, o número de queda, a relação P/L e o rendimento de grãos. A umidade relativa do ar apresenta menor influência sobre o peso do hectolitro no peso de mil grãos e rendimento de grãos, em comparação com o excesso hídrico (GUARIENTI et al., 2003, 2005).

2.4. Fertilidade do solo

A qualidade de panificação do trigo é associada, frequentemente, com os níveis de proteína no grão, a quantidade e qualidade do glúten e as propriedades reológicas da massa. O nitrogênio e o enxofre são os nutrientes

que com maior frequência condicionam a obtenção de conteúdos acentuados de glúten e de proteína nos grãos de trigo (FALOTICO et al., 1999).

a) Nitrogênio: conforme relata FINNEY et al. (1957), o aumento do conteúdo de nitrogênio nos grãos de trigo melhora a qualidade de panificação, uma vez que variações do conteúdo protéico da farinha afetam a força do glúten, ou seja, quanto menor o conteúdo de proteína na massa de panificação, menores são sua força e extensibilidade, bem como sua qualidade de panificação. Entretanto, para Porceddu (1990), um elevado conteúdo de proteínas não é por si só, indicativo de boa qualidade, visto que a qualidade de panificação depende da composição e da interação das principais proteínas de glúten (gluteninas e gliadinas), as quais devem apresentar uma combinação ideal entre quantidade e qualidade. Além disso, de acordo com Sangoi et al. (2007), cultivares com bases genéticas diferentes também apresentam resposta diferenciada à aplicação de nitrogênio.

O trigo necessita acumular 30–33 kg de Nitrogênio (N) na biomassa aérea por tonelada de grão produzido. Se essa taxa de acumulação for inferior a 25 kg de N ton⁻¹, o conteúdo de proteína resultante nos grãos colhidos será menor que 10% (FOWLER, 1998). Os baixos conteúdos de proteína ocorrem normalmente quando existe baixa fertilidade do solo e baixo conteúdo de nitrogênio em etapas posteriores à aparição do primeiro nó na planta. Por essa razão, é necessário aplicar o fertilizante nitrogenado de tal maneira que este permita o desenvolvimento ótimo da planta e um adequado acúmulo de proteína no grão.

Há relação linear entre o incremento no conteúdo protéico do grão e as doses de nitrogênio aplicadas, entretanto, apenas até quando os níveis de rendimento não superarem os 3.500kg ha⁻¹ (BERGH et al., 1998). Quando os rendimentos unitários superarem 4.500kg ha⁻¹, a relação linear deixa de existir (RIZZALLI et al., 1984). A obtenção de grãos com porcentagens de proteínas superiores a 12,5% e com níveis de rendimento superiores a 5.000kg ha⁻¹ requerem aplicações fracionadas de nitrogênio.

O conteúdo de proteína no grão e a força de glúten aumentam, tanto com aplicações de nitrogênio na época recomendada, quanto em aplicações tardias, ou seja, em período próximo ao ou durante o espigamento

(ECHEVERRÍA; STUDDERT, 1998). Normalmente, aplicações mais tardias de N somente aumentam o conteúdo de proteína no grão, mas, raramente promovem aumento no rendimento de grãos (SPIERTZ; DE VOS, 1983). Enquanto que uma maior disponibilidade de N nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas promove um maior acúmulo de biomassa, crescimento foliar, afilhamento e maior percentual de sobrevivência de afilhos o qual tem influência no número de espiguetas férteis por espiga. A importância da realocação de biomassa para os grãos advém do fato de que os aumentos na produtividade de trigo estão normalmente associados com o índice de colheita (LOSS; SIDDIQUE, 1994). No entanto, no Sul do Brasil de acordo com RODRIGUES et al (2007) as mudanças produzidas no rendimento de grãos de trigo, nos últimos 52 anos foram devidas, principalmente às mudanças na biomassa total, o aumento da duração do período entre espiguetas terminal e antese nas cultivares modernas e a manutenção do índice de colheita.

Há ainda uma estreita relação entre conteúdo de nitrogênio na folha bandeira, durante o estágio de grão leitoso, e porcentagem de proteínas nos grãos no momento da colheita (ECHEVERRÍA; STUDDERT, 1998). Nesse sentido, Bergh et al. (1999 e 2001) demonstraram que, quando o cultivo de trigo não é exposto a déficit hídrico durante o período de enchimento de grãos, a concentração de nitrogênio na folha bandeira poder ser utilizada como indicador do conteúdo final de proteína nos grãos.

b) Enxofre: o enxofre é um elemento essencial para o desenvolvimento e a manutenção das plantas (NGUYEN; GOH, 1992). As plantas absorvem esse mineral principalmente na forma de sulfato, o qual está presente no solo em níveis não superiores a 10% de enxofre, sendo o restante encontrado na forma orgânica (WATKINSON; KEAR, 1996). A deficiência de enxofre produz a inibição da síntese de proteínas, além de reduzir o rendimento e a qualidade dos cultivos (MENGEL; KIRKBY, 1987). Nos grãos de trigo, a maior parte desse mineral encontra-se presente nas proteínas, formando aminoácidos sulfurados como metionina, cisteína e cistina, e a sua deficiência resulta em menor concentração destes aminoácidos nos grãos (WRIGLEY et al. 1976; BYERS et al., 1987).

Aumento no rendimento de grãos com a adição de 20 kg ha⁻¹ de enxofre foi observado por Zhao et al. (1999), embora respostas positivas no volume de pão somente tenham sido observadas com aplicações a partir de 100 kg ha⁻¹. Castle e Randall (1987), estudando a resposta do enxofre durante o desenvolvimento inicial da semente, observaram menor síntese e acúmulo protéico na deficiência desse mineral, o que provocou redução no período inicial de desenvolvimento da semente, o qual é caracterizado pela alta divisão celular e pela baixa taxa de acumulação de proteínas.

Algumas das variações na magnitude da resposta ao enxofre podem ser atribuídas a diferenças no fornecimento de nitrogênio, isso porque o nitrogênio e o enxofre são componentes estruturais das proteínas. Dessa forma, ambos os elementos estão inter-relacionados na formação dessas moléculas orgânicas (LUO et al., 2000). A disponibilidade de enxofre no solo melhora a eficiência do uso de nitrogênio, pois, para cada 14 partes de nitrogênio empregadas na formação de aminoácidos, é necessária uma parte de enxofre (NGUYEN; GOH, 1992). Portanto, para que se possa ter boa qualidade e rendimentos elevados em trigo, é essencial considerar o balanço entre nitrogênio e enxofre em grãos. Para isso, deve-se considerar a dose, as fontes e os momentos de aplicação.

2.5. Rotação de culturas

As características dos grãos e da farinha de trigo, bem como sua aptidão para os diferentes usos industriais, são influenciadas pela rotação de culturas. Nesse sentido, Borghi et al. (1995) verificaram que o sistema de rotação milho/trigo/alfafa aumentou o teor protéico e os valores alveográficos, comparativamente à sucessão milho/trigo. No entanto, a maior concentração de proteínas foi obtida com a monocultura de trigo. Segundo os autores, isso aconteceu em razão da menor produtividade observada no sistema de monocultura, que possibilita o aumento da concentração de proteínas.

Guarienti et al. (2000) também observaram que a monocultura de trigo eleva a força geral de glúten e a microssedimentação com lauril sulfato de sódio. Esses mesmos autores observaram que o preparo convencional de solo com arado de discos e o cultivo mínimo reduzem o número de queda em comparação com o plantio direto, e o sistema de rotação com dois invernos sem trigo eleva o peso do hectolitro em comparação com a monocultura. Da mesma forma, López-Bellido et al. (1998) observaram que sistemas de rotação de culturas que envolvem uma leguminosa, como o grão-de-bico e a fava, elevam o teor protéico e melhoram as propriedades reológicas da massa.

2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços tecnológicos obtidos nas últimas décadas pelo melhoramento genético de trigo no Brasil possibilitaram o desenvolvimento de cultivares com diferentes qualidades tecnológicas. Tais cultivares precisam ser aproveitadas de forma a maximizar a produtividade e a qualidade nas diferentes regiões de cultivo, em resposta aos fatores meteorológicos e de manejo.

A escolha do cultivar, a ocorrência de temperaturas máximas, médias e mínimas, a distribuição da precipitação pluvial, a adubação e o estabelecimento de esquemas de rotação de culturas com leguminosas estão entre os principais fatores que devem ser observados para a obtenção da qualidade tecnológica desejada.

2.7. REFERÊNCIAS

BERGH, R. et al. Nutrición nitrogenada y proteína en trigo candeal. In: **Actas** 5 Congreso Nacional de Trigo. Villa Carlos Paz, Córdoba, 72p., 2001.

BERGH, R.; et al. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada para calidad em trigo. In: **Seminário diagnósticos de deficiências de N, P y S em cultivos de la region pampeana**. INTA, IPG, SAGPyA 1999. p.21-30.

BERGH, R. et al. Fertilización nitrogenada del trigo Candeal em el centro sur bonaerense: Aplicaciones tardías. Actas 4 Congreso Nacional de Trigo e 2 Simposio Nacional de Cereales. Mar del Plata, Buenos Aires. Argentina, 1998.

BHATT, G.M. et al. Pre harvest sprouting in hard winter wheat's: assessment of methods to detect genotypic and nitrogen effects and interactions. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.58, n.4, p.300-302, 1981.

BYERS, M. et al. The nitrogen and sulfur nutrition of wheat and its effect on the composition and baking quality of the grain. **Aspects Applied Biology**, 15, Cereal Quality, p.337-344, 1987.

BLUMENTHAL, C. et al. The heat shock response relevant to molecular and structural changes in wheat yield and quality. **Australian Journal of Plant Physiology**, Camberra-Australia, v.21, p.901-909, 1994.

BRAMMER, S.P. **Marcadores moleculares: princípios básicos e uso em programas de melhoramento genético vegetal** (Online). Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. Acesso em: 20 de abril de 2008.

BRUNORI, A. et al. Bread-making quality indices in *Triticum aestivum* progenies: implications in breeding for better bread wheat. **Plant Breeding**, Berlin, v.102, p.222-231, 1989.

BORGHI, B. et al. Influence of crop rotation, manure and fertilizers on bread making quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.4, n.1, p.37-45, 1995.

BOZZINI, A. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In: FABRIANE, G.; LINTAS, C. **Durum wheat: chemistry and technology**. St. Paul, Minnesota: Am Assoc Cereal Chem, 1988. Cap.1, p.332.

CALDEIRA, M.T.M; et al. TRIGO - Diversidade de trigos, tipificação de farinhas e genotipagem. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** (Online), v. 16, p. 44-48, 2000.

CASTLE, S.L.; RANDALL, P.J. Effects of sulfur deficiency on the synthesis and accumulation of proteins in the developing wheat seed. **Australian Journal of Plant Physiology**, Camberra-Australia, v.14, p. 503-516, 1987.

CIAFFI, M. et al. Effect of heat shock during grain filling on the gluten composition of bread wheat. **Journal of Cereal Science**, Reino Unido, v.24, n.2, p.91-100, 1996.

CLARKE, J.M.; et al. Selection for gluten strength in three durum wheat crosses. **Crop Science**, Madison, v.33, n.5, p.956-958, 1993.

CORBELLINI, M. 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**, Camberra-Australia, v.24, p.245-260, 1997.

CRUZ, P.J. et al. Efeito do acamamento induzido em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n.2, p.112-114, 2000.

CUNHA, G.R. El Nino oscilação do Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.277-284, 1999.

ECHEVERRÍA, H.E.; STUDDERT, G.A. El contenido de nitrógeno en la hoja bandera del trigo como predictivo del incremento de proteína en el grano por aplicaciones de nitrógeno en la espigón. **Revista de la facultad de Agronomía**, La Plata v.103, n.1, p.27-36,1998.

FALOTICO, J. et al. Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional. **Ciencia del Suelo**. Buenos Aires - Argentina, v.17, p.9-20, 1999.

FINNEY, K.F. et al. Effects of foliar spraying on Pawnee wheat with urea solutions on yield protein content, and protein quality. **Agronomy Journal**, v.49, p.341-347, 1957.

FINNEY, K.; YAMAZAKI, W. Quality of hard, soft and durum wheat's. In: QUNSENBERRY, K.S.; REITZ, L.P. (Ed.). **Wheat and wheat improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p.471-50. 3 (ASA Agronomy, 13).

FOWLER, D.B. The importance of crop management and cultivar genetic potential in the production of wheat with high protein concentration. In: **Wheat protein production and marketing**. U of Saskatchewan, Canadá: University Extension, 1998. p.285-290.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1996. 36p. (EMBRAPA – CNPT. Documentos, 27).

GUARIENTI, E.M. et al. Influência do manejo do solo e da rotação de culturas na qualidade industrial do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p. 2375-2382, 2000.

GUARIENTI, E. M. et al. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p.500-510, 2003.

GUARIENTI, E.M. et al. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.505-515, 2004.

GUARIENTI, E.M. et al. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.412-418, 2005.

GUSTA, L.V., CHEN, T.N.H. The physiology of water and temperature stress. In: HEYNE, E.G. (Ed.). **Wheat and wheat improvement**. Madison, Wisconsin: ASA, 1987. p.115-150.

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

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

LINHARES, A.G., NEDEL, J.L. Clima e germinação do grão do trigo na espiga. In: MOTA, F.S. (Ed.). **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.95-97.

LÓPEZ-BELLIDO, L. et al. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.57, n.3, p.265-276, 1998.

LOSS, S.P.; SIDDIQUE, K.H.M. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. **Advances in Agronomy**, University of Delaware, Newark, USA, v.52, p.229-276, 1994.

LUO, C. et al. The effect of nitrogen and sulfur fertilization and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. **Journal of Cereal Science**, Reino Unido, v.31, p.185-194, 2000.

MAC RITCHIE, F.; GUPTA, R.B. Functionality composition relationships of wheat flour as a result of variation in sulphur availability. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria - Australia, v.44, n.8, p.1767-1774, 1993.

MATSUO, R. et al. Effect of protein content on cooking quality of spaghetti. **Cereal Chemistry**, Saint. Paul, v.49, n.6, p.707-711, 1972.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. Sulphur. In: INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE (Ed.). **Principles of plant nutrition**. Bern, Switzerland, 1987. p.385-402.

MIRALLES, D.J.; SLAFER, G.A. Wheat development. In: SATORRE, E.H.; SLAFER, G.A. (Eds.). **Wheat: ecology and physiology of yield determination**." Food Products Press, New York, p. 13-43, 2000.

MITTELMANN, A. et al. Herança de caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.975-983, 2000.

NGUYEN, M.L.; GOH, K.M. Nutrient cycling and losses based on a mass-balance model in grazed pastures receiving long-term superphosphate applications in New Zealand. 2. Sulphur. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.119, p.107-122, 1992.

NODA, K. et al. Response of wheat grain to ABA and imbibition at low temperature. **Plant Breeding**, Berlin, v.113, n.1, p.53-57, 1994.

PAYNE, P.I. et al. Genetic linkage between endosperm protein genes on each of the short arms of chromosomes 1A and 1B in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.67, p.235-243, 1984.

PETERSON, C.J., et. al. Baking quality of hard winter wheat: response of cultivars to environments in the Great Plains. **Euphytica**, v.100, p.157-162, 1998.

POMERANZ, Y. From wheat to bread: a biochemical study. **American Scientist**, New Haven, v.61, n.6, p.683-691, 1973.

POMERANZ, Y. Composition and functionality of wheat flour components. In: **Wheat: chemistry and technology**, (St. Paul, USA, American Association of Cereal Chemists), V.2, Cap.5, p.219-370, 1988.

PORCEDDU, E. Aspetti genetici e biochimici delle proteine dei frumenti e qualità tecnologiche dei frumenti duri. **Itália, (S.I.:s.n)** p.75-88, 1990.

RANDALL, P.J.; MOSS, H.J. Some effects of temperature regime during grain filling on wheat quality. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria – Australia, v.41, n.4, p.603-617, 1990.

RIZZALLI, R.H. et al. Efecto del manejo y estación del año sobre la capacidad de mineralización y biomasa total en un Argiudol típico del sudeste bonaerense. **Ciencia del Suelo**, Buenos Aires - Argentina v.2, p.61-67, 1984.

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

SANGOI, L. et al. Características agronômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1564-1570, 2007.

SCHLEHUBER, A.M.; TUCKER, B.B. Culture of wheat. In: QUISENBERRY, K.S.; REITS, L.P. (Ed.). **Wheat and wheat improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p.154-160.

SHEWRY, P.R. et al. The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining wheat processing properties. **Advances in Food and Nutrition Research**, San Diego, v.45, p.219-302, 2003.

SILVA, S.A. et al. Composição de subunidades de gluteninas de alto peso molecular (HMW) em trigos portadores do caráter "stay-green". **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.679-683, 2004.

SINGH, N.K.; SHEPHERD, K.W. Linkage mapping of the genes controlling endosperm protein in wheat. I. Genes on the short arms of group 1 chromosome. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.75, p.628-641, 1988.

SMANHOTTO, A. et al. Características físicas e fisiológicas na qualidade industrial de cultivares e linhagens de trigo e triticales. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, p.867-872, 2006.

SPIERTZ, J.H.J.; DE VOS, N.M. Agronomical and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation in cereals. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.75, p.379-391, 1983.

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

WATKINSON, J.H.; KEAR, M.J. Sulfate and mineralizable organic sulphur in pastoral soils of New Zealand. I. A quasi equilibrium between sulphate and mineralizable organic sulphur. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.34, p.385-403, 1996.

WEIBEL, R.D.; PENDLETON, J.W. Effect of artificial lodging on winter grain yield and quality. **Agronomy Journal**, Madison, v.56, p.487-488, 1964.

WRIGLEY, C.M. Single-seed identification of wheat varieties use of grain hardness testing, electrophoretic analysis and a rapid test paper for phenol reaction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Noruega, v.27, p.429-432, 1976.

ZHAO, F.J. et al. Sulfur assimilation and effects on yield and quality of wheat. **Journal of Cereal Science**, Reino Unido, v.1, n.17, p.1-15, 1999.

CAPÍTULO II

3. Comparação de métodos para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo no Estado do Paraná

3.1. INTRODUÇÃO

O trigo, dentre as culturas anuais cultivadas no Brasil, é uma das mais sensíveis às influências ambientais. Essa característica resulta em recomendações regionalizadas, onde determinados cultivares devem ser alocados em condições específicas, buscando o máximo aproveitamento dos recursos de ambiente.

A expressão de um determinado fenótipo resulta da ação conjunta do cultivar, do ambiente e da interação entre o cultivar e o ambiente (ALLARD, 1971). Tal interação reflete as diferentes respostas dos cultivares as variações de ambientes, resultando em mudanças no comportamento relativo dos cultivares (FEHR, 1987; BOTREL et al., 2005). Além disso, de acordo com Bórem (1997), quando os cultivares são avaliados em uma série de ambientes, o desempenho médio de cada um frente às variações de ambiente é, em geral, diferente e reduz a correlação entre o fenótipo e o genótipo.

Existem vários fatores previsíveis e aleatórios que podem afetar o desenvolvimento fenológico e produtivo das plantas que, comumente, são causadores da interação cultivar x ambiente (BORÉM, 1997). Entre os previsíveis, tem-se fotoperíodo, tipo de solo, fertilidade, toxidade de alumínio, época de semeadura e práticas agrícolas, enquanto os fatores imprevisíveis incluem distribuição pluviométrica, umidade relativa do ar, temperatura atmosférica e do solo, patógenos e pragas. Por conseqüência, para uma recomendação mais segura, é necessária a avaliação da interação cultivar x ambiente.

Entretanto, a análise da interação cultivar x ambiente é pouco informativa, uma vez que não possibilita inferências específicas do

desempenho dos cultivares em relação à qualidade do ambiente, sendo necessário, portanto, a avaliação da adaptabilidade e estabilidade, que permitem identificar cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivos (FELICIO et al., 2001), possibilitando uma maior eficiência na recomendação e na identificação de cultivares com alta capacidade produtiva, boa adaptabilidade e estabilidade.

Diversos métodos têm sido propostos para estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, apesar de todos se fundamentarem na interação entre genótipos e ambientes. Os métodos baseados em análises de regressão têm sido os mais utilizados (EBERHART; RUSSELL, 1966), entretanto, nem todos os dados se ajustam a modelos lineares, o que abre a possibilidade da utilização de outras metodologias como as não paramétricas e as que se baseiam na análise de regressão bissegmentada (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Na metodologia de Finlay e Wilkinson (1963) para cada cultivar, realiza-se uma análise de regressão linear simples da variável dependente transformada para logaritmos em relação ao índice ambiental, obtido pela média do rendimento (transformado) de todos cultivares no ambiente. Esta difere da metodologia de Eberhart e Russell (1966), pois estes ampliaram o modelo, considerando também o desvio da regressão para a estimativa da estabilidade. Esse desvio estima a estabilidade de produção, entendida como a previsibilidade do genótipo sob estímulo ambiental.

Na metodologia de Verma, Chahal e Murty (1978), o cultivar "ideal" é aquele que apresenta alta capacidade produtiva associada à alta estabilidade em ambientes desfavoráveis, mas apto a responder satisfatoriamente à melhoria do ambiente. Pelo fato deste método não poder ser aplicado para poucos ambientes, Silva e Barreto (1985) aperfeiçoaram essa técnica de forma que os parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade passaram a ser estimados pelo ajustamento de uma equação representada por uma reta bissegmentada, pois a principal desvantagem apresentada pelo método de Verma, Chahal e Murty (1978) era que a análise se tornava impraticável quando havia relativamente poucos ambientes. Contudo, Cruz, Torres e Vencovsky (1989) modificaram essa técnica, tornando-a mais simples e com propriedades estatísticas mais adequadas ao melhoramento, possibilitando

estimar os parâmetros de adaptabilidade desprovidos de correlações residuais indesejadas.

Em estudos de comparação de metodologias, Duarte (1988), concluiu que o método de Wricke, baseado em um único parâmetro, é pouco informativo, oferecendo menor segurança à recomendação de cultivares do que o baseado na análise de regressão de Eberhart e Russell. Já Arias et al.(1996); Farias et al.(1997), quando compararam o método de Eberhart e Russell com o método de Lin e Binns, que considera o desvio da média de um cultivar em relação à produtividade máxima obtida em cada ambiente, concluíram que as duas metodologias apresentaram informações semelhantes.

Contudo, estudos de comparações de métodos para avaliar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade em trigo são escassos. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo comparar um método baseado na ANOVA (WRICKE, 1965), um método baseado na regressão (EBERHART; RUSSELL, 1966), um baseado na regressão bissegmentada (CRUZ; TORRES; VENCOVSKY, 1989) e um baseado na análise não paramétrica (LIN; BINNS, 1988), em um conjunto de 17 cultivares de trigo avaliadas em locais representativos do Estado do Paraná.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 2007 em seis regiões edafoclimáticas do Estado do Paraná (Tabela 1). As instituições e órgãos de pesquisa Embrapa Soja (Ponta Grossa), Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR (Cambará e Londrina), Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola - COODETEC (Cascavel e Palotina) e Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - FAPA (Guarapuava) foram responsáveis pela condução dos experimentos.

Foram avaliados 17 cultivares de trigo, sendo eles: BRS Guabiju, BRS Camboim, BRS Timbaúva, BRS Louro, BRS Guamirim, BRS 208, BRS 210, CD

104, CD 108, CD 110, CD 111, CD 112, CD 113, CD 114, CD 116, IPR 85 e Ônix. Os experimentos foram conduzidos com delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, com a parcela constituída por seis fileiras de 5 m de comprimento. O espaçamento entre fileiras foi de 0,2 metros com densidade de semeadura de 350 sementes aptas por m². A adubação de base e cobertura, assim como o controle de doenças, pragas e plantas daninhas foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas de pesquisa para a cultura (RCSBPT, 2006). O rendimento de grãos foi transformado em kg ha⁻¹ a partir da área útil das parcelas, corrigido a 13% de umidade.

Para a análise dos dados, foi procedida, inicialmente, a verificação das pressuposições do modelo matemático (aleatoriedade dos erros estimados, homogeneidade da variância dos erros estimados entre as cultivares, aditividade do modelo matemático e normalidade da distribuição dos erros estimados) conforme aplicações de Martin e Storck (2008). Em seguida procedeu-se às análises de variância individuais para cada experimento visando testar a homogeneidade de variâncias (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2000) e, posteriormente, à análise conjunta dos locais. Na análise de variância conjunta foram considerados os efeitos dos cultivares fixo e dos ambientes como aleatórios. As comparações de médias foram realizadas pelo teste de Scott e Knott (1974), visando controlar o erro tipo I que é um dos três erros encontrados nos testes de hipóteses. Tal erro consiste em rejeitar H₀ quando esta devia ser aceita, o tipo II, consiste em aceitar H₀ quando esta devia ser rejeitada, o tipo III consiste em classificar um nível de tratamento como superior quando na verdade ele é inferior, sendo que esses erros podem afetar a classificação dos materiais (STORCK, et al., 2000).

Para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade foram utilizados os métodos de Wricke (1965), Eberhart e Russell (1966), Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e de Lin e Binns (1988) com modificações propostas por Carneiro (1998).

A estatística de estabilidade do método de Wricke (1965), denominada ecovalência (ω_i), foi estimada segundo a equação:
$$\omega_i = \sum_j (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2$$

em que: Y_{ij} = média do cultivar i no ambiente j; \bar{Y}_i = média do cultivar i; \bar{Y}_j = média do ambiente j; $\bar{Y}_{..}$ = média geral.

Através desta metodologia, são considerados estáveis os cultivares que apresentarem baixos valores de σ_i , o qual indica que estes possuem menores desvios em relação aos ambientes. É uma medida apropriada para expressar a imprevisibilidade do material genético avaliado.

O método de Eberhart e Russell (1966) baseia-se no seguinte modelo de regressão linear: $Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$, em que Y_{ij} é a média do cultivar i no ambiente j; μ_i é a média geral do cultivar i; β_i é o coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i-ésimo cultivar a variação do ambiente; I_j é o índice ambiental; δ_{ij} é o desvio da regressão e $\bar{\epsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio.

Os coeficientes de regressão de cada cultivar em relação ao índice ambiental (β_i) e os desvios desta regressão (δ_{ij}) proporcionam estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, respectivamente. Para que uma variedade seja considerada “ideal”, deve apresentar, além de uma média elevada, um coeficiente de regressão igual ou próximo da unidade e desvios da regressão não diferindo significativamente de zero.

O método de Cruz, Torres e Vencovsky (1989) baseia-se na análise de regressão bissegmentada, é expresso da seguinte forma: $Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \beta_{2i} T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$ em que: Y_{ij} : é a produtividade média do cultivar i no ambiente j; β_{0i} : é a produtividade média geral do cultivar i ao longo de todos os ambientes; β_{1i} : é o coeficiente de regressão linear que dá a resposta do cultivar i à variação nos ambientes desfavoráveis; I_j : índice ambiental, dado por $I_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}$ onde $\bar{Y}_{.j}$: média de todos os ambientes no tratamento I; $\bar{Y}_{..}$: média geral; β_{2i} : é o coeficiente de regressão linear que informa sobre o diferencial de resposta do cultivar i à variação nos ambientes favoráveis; $T(I_j) = 0$ se $I_j \leq 0$; $T(I_j) = I_j - I_+$, se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos; δ_{ij} : é o desvio da regressão do cultivar i no ambiente j; $\bar{\epsilon}_{ij}$: é o erro experimental médio, suposto normal e independentemente distribuído.

Este método considera como cultivar ideal, aquele que apresentar média alta (alto β_0) adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i} < 1$), responsividade a melhoria ambiental ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} > 1$) e desvio da regressão zero (não significativo), sendo que a estabilidade dos cultivares é avaliada pelo desvio da regressão de cada cultivar, em função das variações ambientais. O índice ambiental empregado pelo método é o mesmo utilizado por Eberhart e Russell (1966), podendo, no entanto ser alternativamente pré-determinado em substituição ao índice I_j . Para cada cultivar é ajustado uma equação de regressão constituída de dois segmentos de reta unidas no ponto correspondente ao valor zero do índice ambiental. Esse método foi ainda utilizado para classificar os ambientes como favoráveis e desfavoráveis para a produção de trigo.

No método proposto por Lin e Binns (1988), para estimar a adaptabilidade e a estabilidade, é empregado o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima obtida no ambiente. Essa medida de superioridade é obtida por meio da seguinte expressão: Em que:

$$P_{ig} = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}, \text{ onde: } P_{ig} : \text{ estimativa da estabilidade e adaptabilidade do}$$

cultivar i ; X_{ij} : produtividade do i -ésimo cultivar no j -ésimo local; M_j : resposta máxima observada entre todos os cultivares no ambiente j ; n : número de ambientes. O parâmetro estimado pelo método de Lin e Binns (1988) é uma medida relativa a uma cultivar ideal, de adaptabilidade geral, cujo coeficiente de regressão é igual, ou próximo, à unidade. Por esse método representar o quadrado médio da distância em relação à resposta máxima em cada local, e não à distância simples, tem propriedade de variância, ponderando de maneira eficiente o comportamento das cultivares ao longo dos ambientes.

Para que a recomendação de uma determinada cultivar seja realizada tanto para ambientes favoráveis quanto desfavoráveis, isto é, ambientes em que há emprego de alta e baixa tecnologias, foi sugerido por Carneiro (1998) a decomposição do estimador P_i do método de Lin e Binns (1988) nas partes devidas a ambientes favoráveis e desfavoráveis em relação à reta

bissegmentada. O parâmetro P_i foi denominado MAEC (Medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento) e se refere ao desempenho e comportamento diante de variações ambientais. Desta forma, para os ambientes favoráveis, com índice ambiental positivo, incluindo o valor zero, o

parâmetro MAEC seria dado por:
$$P_{ifav} = \frac{\sum_{j=1}^f (X_{ij} - M_j)^2}{2f}$$
, Em que: P_{ifav} :

estimativa do parâmetro MAEC para o ambiente favorável; X_{ij} : produtividade do i-ésimo cultivar no j-ésimo local; M_j : resposta máxima observada entre todos os cultivares no ambiente j; f número de ambientes favoráveis. Da mesma forma, para os ambientes desfavoráveis, com índice ambiental

negativo, esse parâmetro seria dado por:
$$P_{idesf} = \frac{\sum_{j=1}^d (X_{ij} - M_j)^2}{2d}$$
, Em que

d representa o número de ambientes desfavoráveis.

Para comparar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelos quatro métodos testados, foi realizado um estudo de correlação de Spearman. Os parâmetros utilizados foram: a média geral dos genótipos, o coeficiente de regressão ($\hat{\beta}_{1i}$), a variância dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), resposta aos ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$), ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i}$), ecovalência (ϖ_i) e os valores de P_i geral, P_i desfavorável e P_i favorável.

As análises de adaptabilidade e estabilidade e a correlação foram realizadas através do aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2001).

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As pressuposições do modelo matemático (normalidade da distribuição dos erros estimados, homogeneidade da variância dos erros estimados entre as cultivares, aditividade do modelo matemático) da variável rendimento de

grãos, não foram rejeitados. Dessa forma, a qualidade dos experimentos foi garantida para corretos testes de hipóteses (STORCK et al., 2000).

Os ambientes foram avaliados conjuntamente e os coeficientes de variação se situaram abaixo do limite máximo aceitável de 20% (Portaria nº 294 – Lei de proteção de cultivares), e a razão entre o maior e o menor valor do quadrado médio do resíduo foi inferior a 7, que, segundo Cruz e Regazzi (1997), é o limite que possibilita a análise de forma conjunta dos experimentos.

Houve diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os cultivares, ambientes (locais) e para a interação cultivar x ambiente, indicando que os cultivares apresentaram desempenho diferenciado diante das variações ambientais, o que dificulta a recomendação de cultivares para a região estudada (CRUZ; CASTOLDI, 1991; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Segundo Cockerhan (1963), a interação entre cultivares e ambientes pode ocorrer por duas razões: a) por diferentes respostas de igual conjunto gênico em diferentes ambientes e, b) pela expressão de diferentes conjuntos gênicos em diferentes ambientes. Quando um mesmo conjunto de genes se expressa em diferentes ambientes, as diferenças nas respostas podem ser explicadas pela heterogeneidade das variâncias genéticas e experimentais e, quando diferentes conjuntos de genes se expressam em ambientes distintos, as diferenças nas respostas se explicam por uma inconsistência das correlações genéticas entre os valores de um mesmo caráter em dois ambientes (FALCONER; MACKAY, 1996). Nessas circunstâncias, não se pode fazer uma recomendação uniforme para todos os locais, sem prejuízo considerável na produção obtida, relativamente à produção possível, justificando a utilização da análise da adaptabilidade e estabilidade.

Constatou-se através da metodologia de Wricke (Tabela 4), que os cultivares BRS 210 (1,22), BRS 208 (1,28), CD 112 (1,01), Ônix (0,57), CD 116 (1,73), BRS Louro (0,35) e CD 108 (0,71) apresentaram os menores valores de ω_i , sendo considerados os mais estáveis. Porém, destes, apenas os quatro primeiros foram classificados como de superior rendimento de grãos, com produtividade acima de 4.000 kg ha^{-1} . Este comportamento pode ser explicado pelas diferentes características fenotípicas e genotípicas, específicas de cada cultivar, o que resulta em diferenças de responsividade das mesmas, frente aos fatores bióticos e abióticos nos diferentes ambientes.

Pela metodologia de Eberhart e Russell (1966), dos 17 cultivares avaliados, apenas os cultivares Ônix e BRS Louro apresentaram desempenho ideal, ou seja, adaptabilidade geral (0,9983 e 0,9219, respectivamente) e boa previsibilidade ($\hat{\sigma}_{di}^2 = 0$), nos diferentes ambientes avaliados e, destes, apenas o primeiro está incluso no grupo com maior rendimento de grãos com 4.066 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Os outros quinze cultivares não reuniram ambas as características (adaptabilidade geral e boa previsibilidade), demonstrando adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, como é o caso do cultivar BRS 210 ($\hat{\beta}_{li} = 1,1545$). Este comportamento possibilita aumento de produtividade à medida que as condições ambientais são melhoradas. Por outro lado, o cultivar CD 108, demonstrou adaptação a ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{li} = 0,8377$), apresentando também estabilidade. Tal comportamento sugere que sua utilização pode ser altamente vantajosa em ambientes instáveis, com baixa utilização de tecnologia e/ou limitantes a triticultura, pois mantém respostas satisfatórias em condições adversas. Resultados semelhantes foram observados por Frey (1964) na cultura da aveia, o qual encontrou maior grau de expressão de diferenças genéticas e maiores valores de herdabilidade em ausência de estresses de ambiente.

Resultados como esses são de fundamental importância, pois demonstram que o potencial de rendimento de grãos de trigo é consideravelmente maximizado à medida que melhoram as condições do ambiente de cultivo, como pode ser observado na tabela 3, onde o desempenho produtivo é melhor em regiões com temperaturas mais amenas fato este explicado pelo trigo ser uma espécie originária de clima frio. Desta forma o que podemos observar na tabela 3 é que os ambientes com temperaturas mais altas foram classificados como desfavoráveis enquanto que os que apresentam temperaturas mais amenas foram classificados como favoráveis à produção de trigo.

Diversos trabalhos têm relatado o efeito negativo de temperaturas elevadas sobre a planta de trigo (CARGNIN et al., 2006; FOKAR et al., 1998; KHANNA-CHOPRA; VISWANATHAN, 1999; SHAH; PLAUSEN, 2003; SOUZA; RAMALHO, 2001). Segundo Fokar et al. (1998), as temperaturas altas podem

ser o maior fator de estresse ambiental limitante da produtividade. De acordo com Souza e Ramalho (2001), o excesso de calor afeta vários caracteres das plantas e, conseqüentemente a produtividade de grãos. A redução na produtividade pode ser devida ao acelerado desenvolvimento, acelerada senescência, aumento da respiração, redução da fotossíntese e inibição da síntese de amido no grão (KHANNA-CHOPRA; VISWANATHAN, 1999). Shah e Plausen (2003) verificaram que a temperatura alta promoveu o declínio da fotossíntese, reduzindo a massa e o conteúdo de açúcar no grão.

Além disso, o potencial de rendimento (PR) do trigo, segundo Cunha et al. (2008), pode ser expresso, de forma muito simplificada, como função da quantidade de radiação solar interceptada (Rsi), da eficiência de uso da radiação solar (EURs) e da partição de biomassa para o rendimento de interesse econômico no caso do trigo, grãos.

Em condições favoráveis para a cultura, há uma produção uniforme na população de colmos, com o surgimento de afilhos regularmente espaçados, em quanto em condições de estresse, são observados diferentes padrões de afilamento, resultado em um menor aproveitamento de nutrientes, com queda na produtividade das lavouras (RICKMAN; KLEPPER; PETERSON, 1983). Neste contexto, Cunha et al. (2008), relatam que o rendimento potencial de um cultivo de trigo não é exclusivamente limitado pela fonte (fechamento de dossel ou manutenção de área foliar verde até o final da fase de enchimento de grãos), mas também pela maior partição da biomassa total (parte área, particularmente) para os grãos.

A metodologia de Eberhart e Russell (1966), (Tabela 4) também apontou os cultivares CD 111 (0,0988), BRS Guamirim (0,2134), BRS 208 (0,0462), CD 112 (0,0386), BRS Timbaúva (0,0932), CD 114 (0,1657), CD 113 (0,1195) e IPR 85 (0,1319) como sendo de baixa previsibilidade de comportamento (estabilidade). Estes dados são de fundamental importância uma vez que o comportamento estável é essencial para os cultivares de trigo, principalmente para regiões de clima sub-tropical, onde há oscilações significativas nas condições climáticas de primavera (ASIF et al., 2003). Também, pode ser observado que o cultivar CD 111, classificado como o de maior potencial produtivo (4.389 kg ha⁻¹), apresentou baixa estabilidade de comportamento.

Pode ocorrer que alguns cultivares, com rendimento médio superior, apresentem $\hat{\sigma}_{di}^2$ estatisticamente diferente de zero (CRUZ; REGAZZI, 1997). Nesta situação, pode ser necessário à seleção de cultivares do grupo em que a estabilidade foi baixa, utilizando o coeficiente de determinação (r_i^2) como medida auxiliar. Assim, considerando apenas os cultivares com rendimento de grãos superior, adaptabilidade geral ($\hat{\beta}_{ii} = 1$) e com r_i^2 acima de 80%, podem ser destacados também os cultivares CD 111, BRS Guamirim, BRS 208 e CD 112 pela metodologia de Eberhart e Russell (1966).

A estabilidade de um cultivar pode ser medida tanto sob o ponto de vista do conceito estático como do conceito dinâmico. No primeiro, um cultivar estável possui comportamento constante, independente das variações do ambiente, não apresentando qualquer desvio em relação à sua performance. Já no conceito dinâmico, o cultivar com esta estabilidade responde à variação do ambiente de forma previsível, ou seja, somente os desvios relacionados com a reação geral do cultivar contribuem para a instabilidade (GUALBERTO, 1991). A estabilidade estática normalmente está associada a níveis de produção relativamente baixos, sendo este tipo de estabilidade o mais desejável para características como resistência a doenças, indeiscência dos frutos e resistência ao acamamento. Já o conceito dinâmico é recomendado para a maioria das características quantitativas. Além disso, todos os procedimentos de estimativas de estabilidade, baseados na quantificação dos efeitos da interação de genótipos x ambiente, se enquadram neste conceito (GUALBERTO, 1991; BORÉM, 1997).

Analisando os resultados da metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), podemos observar que dos cultivares avaliados apenas o BRS Guamirim ($\hat{\beta}_{1i} = 80,6$ e $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} = 1,73$), apresentou o comportamento “ideal” preconizado pelo método, ou seja, o cultivar é considerado ideal quando apresentar média alta (alto β_0) adaptabilidade a ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_{1i} < 1$), responsividade a melhoria ambiental ($\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} > 1$) e desvio da regressão zero (não significativo).

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988), por sua vez, permite quantificar o quanto o cultivar está próxima do desempenho ideal (P_i), referenciado como sendo uma cultivar com a maior produção em todos os ambientes estudados. Ainda, segundo esses autores, a estimativa do P_i pode ser ainda desdobrada em duas partes: a primeira, atribuída ao desvio genético em relação ao máximo, isto é, uma soma de quadrados de cultivares e a segunda, correspondente à parte da interação cultivar x ambiente. A primeira parte não é prejudicial ao trabalho do melhorista, pois não implica, necessariamente, alteração na classificação dos materiais. A segunda parte, entretanto, pode afetar a classificação dos materiais. Logo, o ideal é um material que apresente o menor P_i possível e que a maior parte desse valor seja atribuída ao desvio genético. Baseado nisso, considerando a expressão do comportamento, os cultivares CD 104 ($P_i = 0,19$), CD 111 ($P_i = 0,22$) e CD 112 ($P_i = 0,27$) foram as que se destacaram com menor valor de P_i (medida de adaptabilidade e estabilidade) apresentando ainda, as maiores contribuições da variação genética para esse valor, ou seja, contribuíram pouco para a interação. Por outro lado, os cultivares BRS Guabiju ($P_i = 0,72$), CD 113 ($P_i = 0,71$) e BRS Camboim ($P_i = 0,70$), foram os que apresentaram desempenho inferior para adaptabilidade geral.

Ainda na Tabela 4, verificou-se também que dentre os nove cultivares com maior rendimento de grãos, apenas dois foram os que obtiveram menores P_i , ou seja, a maior parte dos cultivares que apresentaram comportamento médio superior para rendimento de grãos foram também os de melhor adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988). Isso pode ser explicado pela forma como é estimada a estatística P_i , que considera como de maior adaptabilidade e estabilidade (menores P_i 's), os cultivares cujas as produtividades, em cada ambiente, estejam mais próximos da máxima produtividade (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Ainda pelo método de Lin e Binns (1988), porém considerando os ambientes favoráveis, merecem destaque, novamente, os CD 104 ($P_{if} = 0,22$) e CD111 ($P_{if} = 0,30$), sendo um indicativo da sua responsividade à melhoria das condições de ambiente.

Contudo, quando comparamos os resultados obtidos pelas metodologias de Wricke e Eberhart e Russell, podemos observar que dos 17 cultivares avaliados apenas os cultivares Ônix e BRS Louro foram classificados como de desempenho ideal preconizado por ambos os métodos. Fato este observado também quando comparamos a metodologia de Wricke com a de Lin e Binns (1988), onde apenas o cultivar CD112 apresentou bom desempenho em ambos os métodos.

Estes dados se assemelham com os encontrados por Oliveira et al. (2006), que comparando os métodos de Wricke (1965), Lin e Binns (1988) e Eberhart e Russell (1966) para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade das características agrônômicas de amendoim de porte rasteiro, observaram que das dezoito linhagens e dois cultivares avaliadas, três linhagens apresentaram resultados semelhantes nos diferentes métodos.

Através da metodologia de Wricke podemos observar que os cultivares que apresentaram o comportamento ideal preconizado pelo método foram BRS 210 (1,22), BRS 208 (1,28), CD 112 (1,01), Ônix (0,57), CD 116 (1,73), BRS Louro (0,35) e CD 108 (0,71). Já, pela metodologia de CRUZ et al. (1989), apenas o cultivar BRS Guamirim ($\hat{\beta}_{1i} = 80,6$ e $\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i} = 1,73$), apresentou tal comportamento, revelando pouca concordância entre si.

Estes resultados discordam dos encontrados por Prado et al. (2001), os quais utilizaram os métodos de ecovalência, Cruz, Torres e Vencovsky (1989) e Eberhart e Russell (1966), na avaliação de cultivares de soja, concluíram que os métodos utilizados foram coerentes entre si. Observaram também que o comportamento produtivo das cultivares de soja ao longo das épocas de plantio foi mais bem representado pelo modelo linear proposto por Eberhart e Russell (1966).

O método de Eberhart e Russell (1966) por sua vez revelou haver diferenças nos resultados obtidos por Cruz, Torres e Vencovsky (1989), pois analisando os resultados da metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989), podemos observar que dos cultivares avaliados apenas BRS Guamirim apresentou o comportamento "ideal" preconizado pelo método. Contudo, levando-se em consideração os cultivares com melhor rendimento, adaptabilidade geral e com coeficiente de determinação (r_i^2) acima de 80% na

metodologia de Eberhart e Russell (1966), o resultado encontrado por Cruz, Torres e Vencovsky (1989) passa a ser semelhante ao de Eberhart e Russell (1966), uma vez que em ambos os casos o BRS Guamirim foi apontado como de comportamento ideal.

Os resultados obtidos pelo método de Eberhart e Russell (1966) não apresentaram qualquer semelhança aos obtidos pelo método de Lin e Binns (1988), tanto em ambientes favoráveis quanto desfavoráveis. Estes resultados discordam dos encontrados por Caierão et al. (2006), os quais comparando os métodos de Lin e Binns (1988) e Eberhart e Russell (1966) para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade de rendimento de grãos de trigo, observaram que ambos os métodos apresentaram resultados semelhantes para a maioria das linhagens avaliadas. Da mesma forma, Léo et al. (2005), constataram semelhanças nos resultados de ambos os métodos para a produção de matéria seca de alfafa.

A possibilidade de se utilizar um ou mais parâmetros de estabilidade obtidos por diferentes metodologias para a predição do comportamento de um cultivar frente às variações ambientais exige o estabelecimento do nível de associação entre estas estimativas, pois dependendo do grau de associação esta pode ser uma medida auxiliar na escolha do parâmetro de estabilidade que resulte no melhor ajuste e em mais informações imprescindíveis na formação do seu conceito de estabilidade (DUARTE; ZIMMERMANN, 1995).

Em relação ao coeficiente de correlação de Spearman, foi observada correlação negativa (-0,70) entre o rendimento de grãos e o parâmetro P_i , e correlação positiva (0,99) entre $\hat{\sigma}_{di}^2$ e \bar{w}_i (Tabela 5). Isto significa que quanto maior o valor da média do rendimento de grãos dos cultivares, menor é o valor de P_i , corroborando a teoria de Lin e Binns (1988). A tendência positiva era esperada, uma vez que o parâmetro β_i aumenta à medida que o cultivar possui maiores valores médios de rendimento de grãos, para a maior parte dos ambientes. A correlação entre $\hat{\sigma}_{di}^2$ e \bar{w}_i indica que quanto maior o desvio do modelo de regressão, maior é o parâmetro de ecovalência e como a ecovalência avalia as oscilações de cada cultivar frente às variações ambientais, sendo o cultivar tanto mais estável quanto menor for o valor deste

parâmetro, ou seja, quanto maior for a contribuição do cultivar para a interação, maior será a ecovalência e menos estável será o cultivar (TREVISOLI, 1999).

Estes dados de correlação concordam com os encontrados por Oliveira et al. (2006), que utilizando os métodos de Lin e Binns (1988), Eberhart e Russell (1966) e Wricke (1965) para comparação da avaliação de adaptabilidade e estabilidade das características agrônômicas de amendoim de porte rasteiro, encontraram correlação negativa entre a produtividade de vagens e massa de mil grãos e o parâmetro P_i , e positiva entre σ_{di}^2 e ω_i .

Foi observada ainda, correlação positiva entre P_i e ω_i (Tabela 5), concordando desta forma com os métodos de ecovalência e de Lin e Binns (1988) que estabelecem que cultivares com menores P_i e ω_i são os mais estáveis, porém discordando de Oliveira et al. (2006), que detectaram correlação negativa entre P_i e ω_i para massa de mil grãos.

Outro dado importante é que as estimativas de P_i , segundo Lin e Binns (1988), mostraram o mesmo comportamento do β_i , ou seja, os materiais mais responsivos apresentaram o menor P_i , com uma correlação classificatória de Spearman entre β_i e P_i .

A precisão requerida e o tipo de informação desejada são critérios para a escolha do método que ofereça maior segurança na indicação de cultivares (CRUZ; REGAZZI, 1997). Havendo concordância entre os métodos, em relação aos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, há possibilidade de escolher aquele de simples execução e de fácil interpretação. No entanto, caso haja discordância entre os métodos, a indicação de cultivares passa a depender do método utilizado, havendo necessidade de escolha do método mais eficiente.

A moderada correlação obtida (-0,47) entre P_i da metodologia de Lin e Binns (1988) e $\hat{\beta}_i$ de Eberhart e Russell (1966), indicaram que elas forneceram informações semelhantes no que diz respeito à adaptabilidade e estabilidade dos materiais. Considerando que a metodologia de Lin e Binns (1988) é de fácil aplicação e interpretação, pois possibilita maior discernimento entre os materiais e sempre associa maior estabilidade com maior produtividade, e por fornecer maiores informações na indicação dos cultivares

com adaptabilidade a ambientes favoráveis e desfavoráveis a sua utilização é bastante vantajosa. Informações semelhantes também são fornecidas pelo método de Eberhart e Russell, o qual é mais útil na indicação de cultivares com adaptabilidade ampla ou específica a ambientes favoráveis e desfavoráveis.

A utilização conjunta dos métodos de Lin e Binns e Eberhart e Russell possibilitou uma melhor caracterização da adaptabilidade e estabilidade dos cultivares avaliados.

3.4. CONCLUSÕES

O método de Lin e Binns foi o que melhor discriminou o conjunto de cultivares, em comparação com os métodos de Wricke (1965), Eberhart e Russell (1966) e Cruz et al. (1989).

Os métodos de Eberhart e Russell (1966) e Cruz et al. (1989), indicam forte associação entre si e produzem classificações genotípicas similares indicando, um certo nível de informação redundante entre eles.

3.5. REFERÊNCIAS

ALLARD, R.W. **Princípios do Melhoramento Genético das Plantas**. Rio de Janeiro: USAID/Edgard Blucher, 1971. 381p.

ARIAS, E.R.A. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas no Estado de Mato Grosso do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.20, n.4, p.415-420, 1996.

ASIF, M. et al. Stability of wheat genotypes for grain yield under diverse rainfed ecologies of Pakistan. **Asian Journal of Plant Sciences**, Islamabad, v.2, n.4, p.400-402, 2003.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 1997. 547p.

BOTREL, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 409-414, 2005.

CAIERÃO, E. Análise da adaptabilidade e da estabilidade de genótipos de trigo como ferramenta auxiliar na recomendação de novas cultivares. **Ciência Rural**, v.36, n.4, 2006.

CARGNIN, A. et al. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p. 987-993, 2006.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

COCKERHAM, C.C. Estimation of genetic variances. In: HANSON, W.D.; ROBINSON, H.F. (Eds). **Statistical genetics and plant breeding**. Washington: National Academy of Science, 1963. p.53-93.

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. v. 2, 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v.38, p.422-430, 1991.

CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva e Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.567-580, 1989.

CUNHA, G. R.; et al. Em busca da melhoria da eficiência no uso de recursos do ambiente. **Revista Plantio Direto**, ed. 105, 2008. Passo Fundo, RS.

DUARTE, J.B. Estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica em linhagens e cultivares de feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* (L.)). Goiânia, 1988. (**Master's Thesis in Genetics and Improvements of Plants**) - Universidade Federal de Goiás.

DUARTE, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. Correlation among yield stability parameters in common bean. **Crop Science** v.35, p.905-912, 1995.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Harlow. Longman, 1996. 464p.

FARIAS, F.J.C.; et al. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.407-414, 1997.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. cap. 18, p. 247-258.

FELICIO, J.C. et al. Influência do ambiente no rendimento e na qualidade de grãos de genótipos de trigo com irrigação por aspersão no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.60, p.111-120, 2001.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.14, p.742-754, 1963.

FOKAR, M. et al. Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermotolerance and its heritability. **Euphytica**, Wageningen, v.104, p.1-8, 1998.

FREY, K.J. Adaptation reaction of oat strains selected under stress and non-stress environmental conditions. **Crop Science**, Madison, v.4, p.55-58, 1964.

GUALBERTO, R. **Análise de estabilidade fenotípica de cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) na região sul de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1991.101p. Tese de Mestrado.

KHANNA-CHOPRA, R.; VISWANATHAN, C. Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of *T. aestivum* and related species. I. Stability in yield and yield components. **Euphytica**, Wageningen, v.106, n.2, p.169-180, 1999.

LÉDO, F.J.S. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 409-414, 2005.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, p.193-198, 1988.

MARTIN, T. N.; STORCK, L. Análise das pressuposições do modelo matemático em experimentos agrícolas no delineamento blocos ao acaso. In: MARTIN, T. N.; ZIECH, M. F. (Org.). II Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária. Curitiba: UTFPR, 2008, v.1, p.177-197.

OLIVEIRA, E.J. Adaptabilidade e estabilidade de amendoim de porte rasteiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.41, n.8, p.1253-1260, 2006.

PRADO, E.E. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.625-635, 2001.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**.Lavras: UFLA, 2000. 326p.

RICKMAN, R.W.; KLEPPER, B.L.; PETERSON, C.M. Time distributions for describing appearance of specific culms of winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison. v.75, p.551-556, 1983.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 38,2006, Passo Fundo, RS. **Recomendações da Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo para 2007**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2007. 74 p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.

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

SILVA, J.G.C. da; BARRETO, J.N. Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. In: Simpósio de Estatística Aplicada a Experimentação Agrícola. Piracicaba. **Resumos**. Ed. Fundação Cargill, Campinas, p. 49–50, 1985.

SIVAPALAN, S. et al. Yield performance and adaptation of some Australian and CIMMYT/ICARDA developed wheat genotypes in the West Asia North Africa (WANA) region. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.52, p.661-670, 2001.

SOUZA, M. A.; RAMALHO, M. A. P.; Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p. 1245-1253, 2003.

STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2000, 198p.

TREVISOLI, S.H.U. **Estabilidade fenotípica e potencialidade de progênies obtidas por cruzamentos óctuplos em soja.** 1999. 228p. Dissertação (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1999.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoric Applied Genetic** v.53, p. 89-91, 1978.

WRICKE, G. Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, v. 52, p. 127-138, 1965.

Tabela 1 - Zonas tritícolas e diferenças edafoclimáticas dos locais onde foram realizados os ensaios no ano de 2007.

Locais dos ensaios	Zonas tritícola	Tipo de solo	Clima	Altitude	Latitude	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (° C)
Cambará	A1	Terra Roxa Estruturada Eutrófica (TRa); Latossolo Roxo Eutrófico	Subtropical Cfa	450	23°00'	1400 a 1600	21 a 22
Cascavel	C	Latossolo roxo distrófico (com alumínio)	Subtropical Cfa	750	24° 57'	1800 a 2000	20 a 21
Guarapuava	H - (centro sul) G - (norte)	Latossolo Bruno distrófico	Subtropical Cfb	1058	25°21'	1800 a 2000 mm	17 a 18
Londrina	A2 - (norte) D - (Extremo sul)	Latossolo roxo eutrófico	Subtropical Cfa	585	23° 22'	1400 a 1600 mm	21 a 22
Palotina	B	Latossolo roxo eutrófico (sem alumínio)	Subtropical Cfa	310	24° 18'	1600 a 1800	22 a 23
Ponta Grossa	G	Latossolo vermelho escuro, álico	Subtropical Cfb	880	25° 13'	1600 a 1800	17 a 18

Fonte: <http://www.iapar.br>

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta para rendimento de grãos, com a decomposição da soma dos quadrados.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios
Tratamentos	16	0,94340ns
Ambientes	5	59,09367**
Blocos	3	1.66004**
TratxAmb	80	0,54883**
Resíduo	306	0,09195
Total	410	-
Média		4.004,17
CV(%)		7,57

ns,** não significativo, significativo ao nível de 1%, de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Resumo das médias de produtividade de 17 cultivares de trigo cultivados em 6 regiões do Estado do Paraná e a classificação dos mesmos como favoráveis ou desfavoráveis segundo a metodologia de Cruz, Torres e Vencovsky (1989).

Ambiente	Média kg ha⁻¹	Tipo
Cambará	2.568	Desfavorável
Cascavel	4.206	Favorável
Guarapuava	4.929	Favorável
Londrina	4.860	Favorável
Palotina	3.229	Desfavorável
Ponta Grossa	4.233	Favorável

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, obtidas pelos métodos de Wricke (1965) (W), Eberhart & Russell (1966) (E&R), Cruz et al. (1989) (C) e de Lin & Binns (1988) (L&B), para o caráter rendimento de grãos, em 17 cultivares de trigo.

Cultivares	Média ¹ (Kg ha ⁻¹)	W \bar{w}_i	E&R			C			L&B			Desvios		
			$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	r_i^2 (%)	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i} + \hat{\beta}_{2i}$	P _i	P _i Fav	P _i Desf	Genéticos	GXA	% Genética	
CD 111	4.389 a#	1,95	1,0084 ns	0,0988 **	90,1	1,05	0,66	0,22	0,30	0,62	0,082	0,1371	37,43	
CD 104	4.250 a	10,99	1,2031 *	0,6191 **	71,0	1,13	1,84	0,19	0,22	0,05	0,1481	0,0465	76,09	
BRS 210	4.174 a	1,22	1,1545 *	0,0272 ns	96,6	1,16	1,05	0,32	0,37	0,14	0,1921	0,1245	60,68	
BRS Guamirim	4.163 a	3,82	0,9511 ns	0,2134 **	80,6	0,86	1,73	0,40	0,58	0,05	0,1991	0,2017	49,68	
CD 110	4.162 a	1,94	1,2029 *	0,0537 *	95,3	1,18	1,41	0,31	0,32	0,30	0,1999	0,1078	64,97	
BRS 208	4.150 a	1,28	0,9013 ns	0,0462 *	92,7	0,93	0,63	0,39	0,55	0,08	0,2077	0,1881	52,47	
CD 112	4.090 a	1,01	1,0392 ns	0,0386 *	95,0	1,02	1,22	0,27	0,32	0,17	0,2479	0,0235	91,34	
Ônix	4.066 a	0,57	0,9983 ns	0,0129 ns	96,8	0,99	0,06	0,40	0,53	0,15	0,2652	0,1364	66,03	
BRS Timbaúva	4.042 a	2,06	1,1089 ns	0,0932 **	92,0	1,16	0,69	0,49	0,58	0,30	0,2831	0,2027	58,28	
CD 114	3.947 b	3,18	0,9018 ns	0,1657 **	82,4	0,89	1,01	0,46	0,61	0,15	0,3585	0,1009	78,04	
CD 116	3.895 b	1,73	0,8571 *	0,0632 **	90,3	0,89	0,55	0,50	0,66	0,18	0,4042	0,0985	80,40	
BRS Louro	3.866 b	0,35	0,9219 ns	-0,0076 ns	98,4	0,96	0,64	0,52	0,66	0,24	0,4309	0,0889	82,89	
BRS Guabiju	3.827 b	5,14	0,7466 *	0,2287 **	70,6	0,72	0,94	0,72	0,90	0,36	0,4673	0,2547	64,72	
BRS Camboim	3.804 b	2,57	1,1591 *	0,1101 **	91,6	1,22	0,61	0,70	0,77	0,58	0,4904	0,2123	69,79	
CD 108	3.780 b	0,71	0,8377 *	-0,0069 ns	97,9	0,83	0,94	0,61	0,80	0,23	0,5138	0,0951	84,38	
CD 113	3.765 b	2,60	1,1347 ns	0,1195 **	90,8	1,22	0,39	0,71	0,74	0,63	0,5292	0,1744	75,21	
IPR 85	3.696 b	2,76	0,8732 ns	0,1319 **	84,2	0,78	1,65	0,69	0,53	0,30	0,6024	0,0908	86,91	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si (P<0,05) pelo teste de Scott & Knott (1974).

ns, * e **: não significativo, significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t (H₀: $\hat{\beta}_{1i} = 1,0$) e pelo teste F (H₀: $\hat{\sigma}_{di}^2 = 0$).

CAPÍTULO III

4. Influência de variáveis meteorológicas sobre a qualidade tecnológica do trigo no estado do Paraná

4.1. INTRODUÇÃO

A cultura do trigo é de grande importância para o Brasil, pois sua produção interna abrange vários setores econômicos como a pesquisa, produção de grãos e indústria alimentícia, gerando milhares de empregos diretos e indiretos (GARCIA, 2003). Seu cultivo está adquirindo, a cada dia, maior importância frente aos países produtores e exportadores, fundamentada nos ganhos de produção, rentabilidade e no incremento de sua qualidade tecnológica.

A produção anual brasileira tem oscilado entre 2,2 e 3,0 milhões de toneladas. Porém, o consumo no país tem se mantido em torno de 10,5 milhões de toneladas. Portanto, a produção nacional do grão tem sido insuficiente para atender a demanda, esse fato é agravado pela grande quantidade de grãos perdidos ou colhidos com qualidade inferior, decorrentes de ataque de pragas ou ocorrência de chuvas no período da colheita, o que torna o Brasil dependente de países como Argentina (CARNEIRO, 2005).

Pelo fato de que a farinha de trigo é a base para vários alimentos consumidos na dieta humana surge a necessidade de otimizar a sua qualidade tecnológica (DIAS, 2006). Tal qualidade é dependente da matéria prima que lhes deu origem, ou seja, das características dos grãos de trigo, às quais são dependentes do potencial genético do cultivar, do manejo da lavoura, do efeito de variáveis meteorológicas e do processo de armazenamento e moagem (DIAS, 2006; GUARIENTI, 1996).

De acordo com Germani (2007), em trigo brando são enquadrados os grãos de cultivares para a produção de bolos, bolachas, produtos de confeitaria, pizzas e massa do tipo caseira fresca. Na classe trigo pão: estão os grãos de cultivares de trigo para a produção do tradicional pãozinho (do tipo francês) e também pode ser utilizada para a produção de massas alimentícias secas, de folhados ou em uso doméstico, dependendo de suas características de força de glúten. A classe de trigo melhorador engloba os grãos de cultivares de trigo para mesclas com grãos de trigo brando, para fim de panificação, produção de massas alimentícias, biscoito e pães industriais (como pão de forma e pão para hambúrguer). A classe do trigo durum, especificamente os grãos da espécie *Triticum durum* L., são para a produção de massas alimentícias secas. Os trigos para outros usos são destinados à alimentação animal ou outro uso industrial.

As variações de qualidade e rendimento devido ao ambiente superam com frequência as vinculadas ao cultivar (PETERSON et al., 1998). Entre os fatores ambientais que podem produzir modificações na produção final, na qualidade tecnológica e teor protéico do grão, citam-se o tipo de solo e os níveis de adubação (MAC RITCHIE; GUPTA, 1993). Dentre os fatores meteorológicos, a temperatura, a precipitação pluvial e a radiação solar são os de maior impacto no desenvolvimento, na adaptação e na qualidade tecnológica do trigo (MIRALLES; SLAFER, 2000).

Com relação aos aspectos sanitários, a presença de doenças pode causar grandes prejuízos nas lavouras, reduzindo o rendimento e a qualidade dos grãos (ZAGONEL, 2002). O processo de colheita é também considerado de extrema importância, e deve ser feito no momento certo, tanto para garantir a produtividade da lavoura quanto para assegurar a qualidade dos grãos (GERMANI et al., 2001). Neste sentido, a forma mais eficiente que o produtor dispõe para reduzir riscos é o emprego de práticas de manejo das culturas, tais como escolha de cultivar, época e densidade de semeadura, manejos de água, resíduos na superfície e da fertilização, as quais buscam minimizar o impacto das flutuações climáticas.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a relação das variáveis meteorológicas sobre a qualidade da farinha de cultivares de trigo melhorador, pão e brando, cultivados em oito locais do Estado do Paraná.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 2007 em oito municípios do Estado do Paraná. As instituições e órgãos de pesquisa Embrapa Soja (Ponta Grossa), Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR (Cambará, Londrina e Warta), Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola - COODETEC (Cascavel e Palotina), Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - FAPA (Guarapuava) e OR Melhoramento de Sementes (Arapoti) foram responsáveis pela condução dos experimentos.

Foram avaliados 11 cultivares de trigo, sendo eles: BRS Camboim, BRS Timbaúva, BRS Louro, BRS Guamirim, BRS 210, CD 104, CD108, CD 110, CD 113, IPR 85 e Ônix, cujas características estão apresentadas na Tabela 6. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, com a parcela constituída por seis fileiras de 5 m de comprimento. O espaçamento entre fileiras foi de 0,2 metros com densidade de semeadura de 350 sementes aptas por m². A adubação de base e cobertura, assim como o controle de doenças, pragas e plantas daninhas foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas de pesquisa para a cultura (RCSBPT, 2006). O rendimento de grãos foi transformado em kg ha⁻¹ a partir da área útil das parcelas, corrigido a 13% de umidade.

As quatro repetições de cada uma das amostras de grãos foram misturadas, constituindo, dessa forma, amostras compostas, que foram encaminhadas aos seguintes Laboratório de Qualidade Industrial de Trigo: Moinho Anaconda (Ponta Grossa, Arapoti), Trigo-Brasil (Cambará e Londrina), Embrapa Trigo (Warta), Moinho Cotriguaçu (Cascavel e Palotina) e Granotec do Brasil (Guarapuava), sendo que as análises realizadas por esses

laboratórios seguem metodologia similar ao do Laboratório de Qualidade Industrial de Trigo da Embrapa Trigo de Passo Fundo (RS).

As análises foram realizadas da seguinte forma: a) peso do hectolitro – foi medido pelo aparelho Dalle Molle, segundo método descrito pelo fabricante, sendo os resultados padronizados para 13% de umidade, mediante cálculo de perda/ganho de umidade descrito por Puzzi (1986); b) alveografia – adotou-se método de análise da AACCC no 54-30. Consideraram-se apenas os valores de força geral de glúten (W) e da relação entre a tenacidade e a extensibilidade (relação P/L); e) número de queda – empregou-se método descrito pela AACCC no 54-81.

As observações meteorológicas foram requeridas ao Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), ao qual nos comprometemos utilizar os dados e informações das oito estações meteorológicas que tivemos acesso, para fins estritamente científicos e comprometendo-nos a identificar a fonte de dados.

Os municípios de Arapoti e Guarapuava não possuem estação meteorológica, portanto, foram usados registros de estações meteorológicas dos municípios vizinhos, pertencente à mesma região tritícola, ou seja, Jaguariaiva e Entre Rios respectivamente. Foram utilizadas observações meteorológicas diárias de até cinquenta dias anteriores à maturação fisiológica.

As variáveis meteorológicas analisadas foram: temperatura mínima e máxima (°C) - coletados através de termômetros, localizados no abrigo meteorológico padrão a 1,5 m sobre o nível do solo; precipitação (mm) - usando o pluviômetro ou o pluviógrafo, localizado a 1,5m sobre o nível do solo; radiação solar global (MJ/m²/dia) – coletado através actinógrafo tipo Robtitzsch, localizado a 1,5 m sobre o nível do solo; pressão atmosférica (mb) – coletada através do barógrafo, localizado no abrigo meteorológico padrão a 1,5 m sobre o nível do solo.

Foi realizada análise de correlação de Pearson para verificar uma possível relação entre as variáveis meteorológicas e as variáveis de qualidade tecnológica e rendimento de grãos de trigo. Para tanto, foi criado um arquivo de dados do somatório da precipitação pluvial, bem como das médias da

temperatura máxima, mínima, radiação solar global e da pressão atmosférica, considerando 50 dias antes da maturação fisiológica. As significâncias das correlações foram testadas pelo teste t a 5% de probabilidade.

Para a comparação de médias, foram classificados como superiores àqueles cultivares, caracteres ou locais que apresentaram média superior à média geral mais o desvio padrão e inferiores àqueles que apresentaram média inferior a média geral menos o desvio padrão.

A distância genética entre os locais e entre cultivares foi estimada por meio da distância Euclidiana. Com base na matriz de dissimilaridade genética gerada foi construído um dendrograma pelo método de agrupamento da distância média (UPGMA). As análises estatísticas foram realizadas através do aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2001).

4.3. RESULTADOS e DISCUSSÕES

De acordo com os resultados obtidos na análise de comparação de médias foi possível detectar diferença entre os genótipos para todos os caracteres avaliados, revelando a existência de variabilidade genética entre os 11 cultivares de trigo testado no trabalho (Tabela 7). O desempenho observado para o caráter rendimento de grãos permitiu classificar as cultivares BRS Guamirim e BRS 210 como superiores, as quais alcançaram produtividades médias de 4.180 e 4.179 Kg ha⁻¹, respectivamente.

Em relação à qualidade tecnológica das constituições genéticas testadas, foi possível verificar que o cultivar IPR 85 se destacou para os caracteres da qualidade, evidenciando superioridade para dois dos cinco caracteres avaliados, expressando um ótimo desempenho para força de glúten, alcançando valor de $W = 449 \cdot 10^{-4} J$. Este desempenho possibilita sua utilização em misturas com cultivares de trigo que apresentam reduzida qualidade tecnológica de panificação (baixa força de glúten). Contudo, apesar de manifestar elevada qualidade, essa cultivar acabou apresentando desempenho

inferior à média menos um desvio padrão, sendo classificados como inferior para o caráter rendimento de grãos, mesmo tendo produzido aproximadamente 3700 kg ha⁻¹ (Tabela 7). De acordo com Borghi et al. (1995), o incremento na produção de grãos pode resultar na diluição do N na planta, comprometendo a qualidade de glúten, fato esse que explica o ótimo desempenho para força de glúten do cultivar IPR 85.

O principal critério utilizado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e do Abastecimento (MAPA) para classificação da qualidade tecnológica do trigo no Brasil é a alveografia (representada pela força de glúten-W) (BRASIL, 1992). Para um cultivar ser classificado como trigo melhorador é necessário que apresente “W” igual ou superior a 300 10⁻⁴J. Neste sentido, o desempenho observado para o W dos cultivares BRS 210, CD 104, CD 108, IPR 85 e Ônix permitiu a classificação desses como trigos melhoradores (W ≥ 300 10⁻⁴J). Segundo informação do obtentor, apenas o cultivar Ônix não apresenta classificação como trigo melhorador, pois expressa comportamento de trigo pão (força de glúten ≥ 180 10⁻⁴J e < 300 10⁻⁴J). Pode se deduzir que esse desempenho pode estar atribuído a uma ampla adaptabilidade desse material nos diferentes ambientes testados.

Por outro lado, os cultivares BRS Camboim e BRS Timbauva apresentaram classificação como trigo pão (Tabela 7), apesar de seus obtentores afirmarem que os mesmos geralmente expressam comportamento de trigo branco (força de glúten ≥ 50 10⁻⁴J e < 180 10⁻⁴J). Apesar disso, o cultivar BRS Camboim e ainda o BRS Louro apresentaram desempenho inferior à média menos um desvio padrão, sendo classificados como inferiores para força de glúten com valores de 185 e 70 10⁻⁴J, respectivamente. Esses resultados demonstraram que a qualidade tecnológica expressada pelos cultivares foi consideravelmente maximizado, ou seja, que a interação desses cultivares com o ambiente determinou que a composição química do grão colhido apresenta qualidade superior a aquele que o cultivar teria capacidade de expressar, segundo seus obtentores.

Os elevados valores médios do caráter número de queda (NQ) verificados no presente trabalho em todos os cultivares e em todos os locais (Tabela 7 e

8), evidenciaram na média NQ > 200 segundos, valor este superior ao mínimo exigido pelos critérios de classificação do MAPA, demonstrando que mesmo havendo uma significativa ocorrência de precipitações no período de 50 dias antes da maturação fisiológica, estas não foram suficientes para gerar redução na qualidade do produto (Tabela 8 e 9). Estes dados não estão de acordo com os resultados obtidos por Hirano (1976), o qual demonstrou que a alta precipitação pluvial antes da maturação fisiológica do trigo promove decréscimo no enchimento do grão, diminuindo a massa de mil grãos e aumentando a atividade enzimática. Esta última é a principal causa da redução das características qualitativas da farinha, pois as enzimas ativadas promovem alterações no amido e nas proteínas. Contudo este mesmo autor relata que o estágio de maturação em que se encontram os grãos no momento em que recebem molhamento pode determinar redução ou acréscimo na extração de farinha.

As estimativas de distâncias genéticas entre os 11 cultivares de trigos avaliados, levando-se em consideração apenas os caracteres de qualidade tecnológica encontra-se na Figura 1. Entre as principais vantagens da utilização de figuras que representam as estimativas de distância genética (dendrogramas), esta a facilidade em verificar a presença de cultivares com comportamento fenotípico semelhante, possibilitando que sejam feitas inferências quanto à recomendação das mesmas. Neste sentido, o grupo mais similar foi formado pelos cultivares BRS Camboim e CD 110 e o cultivar mais distante deste grupo foi o BRS Louro. Este último foi o cultivar que mais realçou suas características de trigo tipicamente brando (Tabela 7).

Ainda na Figura 1, considerando os componentes da qualidade tecnológica, a estimativa da distância genética permitiu a formação de grupos distintos. Os cultivares BRS Camboim, CD 110, CD 113, BRS Guamirim e BRS Timbauva, apesar de pertencerem a classes de qualidade diferentes, acabaram agrupando juntos. Isto ocorreu porque os cultivares BRS Camboim e BRS Timbauva maximizaram a expressão de sua qualidade tecnológica à medida que as condições do ambiente de cultivo melhoraram. O mesmo ocorreu com o

cultivar Ônix que pertence à classe pão e agrupou com os cultivares CD 104, IPR 85, CD 108 e BRS 210 que fazem parte da classe de trigos melhoradores.

O efeito pronunciado do ambiente na qualidade tecnológica de alguns cultivares, apontados na Tabela 7, poderia comprometer, por exemplo, uma indústria que necessitando de trigo brando para a fabricação de bolachas, opta-se por semear os cultivares BRS Camboim e BRS Timbauva, pois sob essas condições de cultivo, tal empresa obteria grãos de trigo pertencentes à classe pão, os quais são destinados à fabricação do tradicional pãozinho (do tipo francês) e também pode ser utilizada para a produção de massas alimentícias secas. Contudo esse fato não ocorreria se tal indústria optasse pelo cultivar BRS Louro que sob essas condições expressaria o comportamento de trigo brando o mesmo descrito pelos seus obtentores.

Na Figura 2 consta às estimativas de distâncias entre os oito locais do estado do Paraná (onde foram realizados os experimentos), em relação às variáveis climáticas avaliadas. É possível observar que ocorreu a formação de dois grupos. O grupo mais similar foi formado pelos municípios de Londrina e Warta, o que pode ser explicado pelo fato dos mesmos estarem localizados bastante próximos, com condições climáticas semelhantes (Tabela 9), sendo a principal diferença entre eles a presença de alumínio em Warta. Assim, esses municípios formaram um sub-grupo dentro de um dos dois grandes grupos, ou seja um sub-grupo dentro do grupo dos municípios de Cambará e Arapoti. Esse sub-grupo foi provavelmente formado pelo fato desses municípios demonstrarem diversidade ambiental como (radiação, temperatura, precipitação pluvial (Tabela 9) além de pertencerem a zonas tritícolas diferentes.

Os municípios de Cascavel e Palotina agruparam juntos, pois apresentam características climáticas semelhantes (Tabela 9). Porém, o mesmo não ocorreu com o município de Ponta Grossa, que por estar localizado em uma região fria, deveria ter se agrupado junto ao município de Guarapuava. Esse fato pode ser explicado pela diferença de altitude entre ambos (880 e 1058 metros acima do nível do mar, respectivamente), fazendo com que o município

de Ponta Grossa apresente temperaturas mais elevadas do que em Guarapuava onde os invernos são mais rigorosos (Tabela 9).

Na Tabela 10 estão apresentados os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis meteorológicas. Nesta tabela é possível observar correlações positivas entre a radiação e a precipitação pluvial nos municípios de Arapoti ($r = 0,68^*$), Cascavel ($r = 0,99^{**}$), Guarapuava ($r = 0,67^*$) e Ponta Grossa ($r = 0,61^*$), isto ocorreu porque a precipitação, assim como a radiação, são mais elevadas em regiões de maiores altitudes.

Ainda, a radiação correlacionou-se positivamente com a pressão em Arapoti ($r = 0,83^{**}$), Cascavel ($r = 0,84^{**}$), Guarapuava ($r = 0,65^*$) e Ponta Grossa ($r = 0,67^*$). Isso é explicado, porque à medida que se aumenta a altitude, aumenta-se a radiação e conseqüentemente uma diminuição da pressão atmosférica, pois uma menor coluna de ar terá que ir até o limite superior da atmosfera. O inverso também é verdadeiro, o que justifica a correlação negativa da radiação com a pressão nos municípios de Cambará ($r = -0,57^*$), Londrina ($r = -0,75^{**}$), Palotina ($r = -0,71^*$) e Warta ($r = -0,70^*$). Observou-se ainda uma correlação positiva entre a radiação com a temperatura máxima em Arapoti ($r = 0,96^{**}$), Guarapuava ($r = 0,76^*$) e Ponta Grossa ($r = 0,75^{**}$) Essa correlação pode ser explicada porque à medida que a altitude aumenta a temperatura diminui.

Na tabela 11 estão apresentados os coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros de qualidade tecnológica. Nesta tabela é possível observar uma correlação positiva entre número de queda e força de glúten em Cambará ($r = 0,79^{**}$), Cascavel ($r = 0,61^*$), Londrina ($r = 0,68^*$), Palotina ($r = 0,58^*$) e Warta ($r = 0,63^*$). Isso indica que mesmo com a significativa ocorrência de chuvas no período avaliado (Tabela 9), essa não foi suficiente para ocasionar germinação na espiga e danificar o amido presente no grão. De acordo com Lehninger, Nelson e Cox. (1995), quando o amido é danificado há maior exposição dos grupos hidroxila, como também, ocorre rompimento de ligações do tipo pontes de hidrogênio entre amilose e amilopectina, favorecendo o aumento de absorção de água pela farinha, e como é a água que assegura a união das proteínas que dão origem ao glúten, e controla a

consistência da massa, o aumento da absorção da mesma será responsável por definir o uso da farinha.

Houve ainda correlação positiva entre a força de glúten com a relação tenacidade/extensibilidade (relação P/L) em Arapoti ($r = 0,66^*$), Cambará ($r = 0,72^{**}$), Guarapuava ($r = 0,74^{**}$), Londrina ($r = 0,61^*$), Ponta Grossa ($r = 0,65^*$) e Warta ($r = 0,62^*$). Segundo Mandarino (1994), essa correlação pode ser explicada pelo aumento da relação P/L, com conseqüente acréscimo da elasticidade do glúten, o qual pode ser provocado pela elevação do teor de gluteninas, ou pela a redução da relação P/L provocada pelo aumento do teor de gliadinas, que são responsáveis por baixa elasticidade e elevada extensibilidade do glúten.

Na Tabela 12 estão apresentados os coeficientes de correlação de Pearson, mostrando o efeito das variáveis meteorológicas sobre características de qualidade tecnológica e rendimento de grãos. É possível observar uma correlação negativa nos municípios de Cambará, Cascavel, Londrina e Warta entre a precipitação pluvial e o peso do hectolitro ($r = -0,53^*$; $r = -0,62^*$; $r = -0,54^*$; $r = -0,57^*$) e número de queda ($r = -0,52^*$; $r = -0,53^*$; $r = -0,53^*$; e $r = -0,54^*$) respectivamente e com o rendimento de grãos em Guarapuava ($r = -0,54^*$), Londrina ($r = -0,55^*$), Palotina ($r = -0,56^*$), Ponta Grossa ($r = -0,58^*$) e Warta ($r = -0,54^*$). Essa influência negativa da precipitação pluvial no peso do hectolitro e no rendimento de grãos também foram observados por Guarienti et al. (2003), e que segundo esses autores pode ser explicada através das fases em que a planta se encontra enchimento de grãos ou após a maturação fisiológica. O período estimado de enchimento de grãos neste trabalho compreendeu entre cinquenta e dez dias antes da maturação fisiológica, período esse que sugere a influência da precipitação pluvial no peso do hectolitro e no rendimento de grãos. Isto ocorre porque essa variável meteorológica assim como outras interferem na síntese de produtos fotossintéticos que realizam o enchimento dos grãos (BERGAMASCHI, 1992; REICHARDT, 1985). A produção de grãos de trigo também é proporcional à radiação fotossinteticamente ativa que é absorvida pelas plantas e que afeta os aportes de produtos fotossintéticos ao grão. Essa produção é determinada, em

parte, pelo peso de grãos, que é influenciado pela duração e pela taxa de enchimento de grãos (MOU; KRONSTAD; SAULESKV, 1994).

Além disso, de acordo com Hirano (1976), a degradação da qualidade tecnológica do trigo em função de períodos de chuvas superiores há 20 dias antes da colheita ocorre devido à diminuição do enchimento de grãos, resultante do decréscimo na acumulação da matéria seca causada pela redução da fotossíntese e absorção de nutrientes. Conseqüentemente os grãos começaram a ficar chochos e o peso do hectolitro decresceu. Estes resultados concordam com os obtidos neste trabalho, que comprovam a influência negativa da precipitação pluvial no peso do hectolitro. No entanto, outros autores concluíram que a redução do peso do hectolitro também pode ser atribuída a alterações contínuas na umidade do grão e ainda que o umedecimento e a secagem do grão de trigo reduzem o peso do hectolitro, como conseqüência da diminuição da densidade (MELLADO; MALDONADO; GRANGER, 1985; FINNEY; YAMAZAKI 1967). Também, após o período de maturação fisiológica da planta, aproximadamente dez dias anteriores à colheita, a redução do peso do hectolitro e do rendimento de grãos pode ser devida à germinação pré-colheita (AMORIM, 1985; BHATT et al. 1981).

Já com base nos dados de precipitação pluvial apresentados na Tabela 9, pode-se especular que os resultados obtidos com relação ao rendimento de grãos foram devidos ao estresse por água que provoca a modificação de estruturas vegetativas da planta, como a redução da área foliar verde em até 76% quando o nível de deficiência hídrica for de -2,0 MPa, aplicado na antese. (Dubetz e Bole, 1973; Rodrigues et al., 1998), ou então, à redução do número de grãos por espiga (Classen e Shaw, 1970, Rodrigues et al., 1998). Entretanto, segundo Richards (1983), reflexos positivos da precipitação sobre o rendimento de grãos têm sido observados quando ocorre limitação de água. A limitação de água reduz o excesso de área foliar, resultando em melhoria na eficiência do uso de água, e, conseqüentemente, melhorar o potencial de produção da planta. Nesse aspecto, a redução de área foliar é compensada por maior duração de área foliar e/ou pela melhor penetração de luz, o que resulta em maior número de afilhos férteis.

Existem ainda outros fatores que reduzem o peso do hectolitro, tais como a ocorrência de doenças e a presença de acamamento. O aparecimento de doenças fúngicas é reflexo direto do estresse abiótico provocado pelo excesso de umidade no ambiente (NUNES et al., 2006), o que determina uma redução na produção de grãos. Já o efeito do acamamento na redução do peso do hectolitro se deve do mesmo afetar a estrutura morfológica essencial para eficiente uso de carboidratos e sua translocação para os grãos. O acamamento pode agravar os prejuízos de acordo com o estágio que ocorre, reduzindo o rendimento e a qualidade do produto final (ZANATTA; OERLECKE, 1991). Podemos observar ainda uma correlação negativa entre a precipitação pluvial com os seguintes caracteres: tenacidade em Guarapuava ($r = -0,61^*$), relação tenacidade/extensibilidade ($r = -0,51^*$; $r = -0,54^*$; e $r = -0,52^*$) nos municípios de Cambará, Guarapuava e Palotina, respectivamente, e com força geral de glúten ($r = -0,68^*$; $r = -0,58^*$; $r = -0,60^*$; e $r = -0,56^*$) nos municípios de Arapoti, Cambará, Guarapuava e Palotina, respectivamente e a ocorrência de correlação positiva da precipitação pluvial com a extensibilidade em Londrina ($r = 0,75^{**}$).

A temperatura máxima associou-se negativamente com rendimento de grãos em Arapoti ($r = -0,55^*$), Cambará ($r = -0,66^*$). Estes resultados estão de acordo com vários autores que apontam à influência negativa de elevada temperatura no rendimento de grãos (GUARIENTI et al., 2003; BHULLAR; JENNER, 1986; CHOWDHURY; WARDLAW, 1978; FORD; PEARMAN; THORNE, 1976; RODRIGUES, 2000; STONE; NICOLAS, 1994, 1996; WARDLAW; DAWSON; MUNIB, 1989; WARDLAW; SOFIELD; CARTWRIGHT, 1980). Mas discordam dos resultados encontrados por Blumenthal et al. (1995), Johnson, Khan e Sanchez (1972), Kolderup (1974), Rao et al. (1993), Spiertz (1977), Stone, Gras e Nicolas (1997) e Uhlen et al. (1998) que observaram correlações positivas entre temperatura, durante os estágios iniciais de enchimento de grãos, e conteúdo de proteínas. Neste sentido, Pearman e Thorne (1976) verificaram que o enchimento de grãos é acelerado em temperatura elevada porque a temperatura estimula o movimento dos carboidratos. Reichardt (1985), também concluiu que a temperatura afetou a

abertura dos estômatos e, aumentos de temperatura de até um máximo de 30°C normalmente estimularam a abertura, sendo que temperaturas acima de 30°C geralmente determinaram seu fechamento. A abertura, ou o fechamento dos estômatos está ligado diretamente à fotossíntese, que promove o enchimento de grãos pela síntese de carboidratos, aminoácidos, lipídios.

Portanto, com base no maior valor da temperatura máxima (27° C) observada tanto para o município de Arapoti como o de Cambará (Tabela 9) e na correlação negativa entre temperatura máxima e rendimento de grãos de $r = -0,55^*$ e $r = -0,66^*$ respectivamente, pode-se especular que essa temperatura elevada, pode ter prejudicado a planta, diminuindo a persistência das partes verdes da planta, reduzindo a fotossíntese e o enchimento de grãos, trazendo como conseqüência um menor rendimento de grãos.

Foram observadas ainda correlações positivas entre a temperatura máxima e peso hectolitro em Palotina e Warta ($r = 0,65^*$ e $r = 0,68^*$ respectivamente) e entre temperatura máxima e a relação tenacidade/extensibilidade em Guarapuava ($r = 0,56^*$). Estes resultados discordam dos resultados observados por Guarienti et al. (2004) que constatou que, apesar do aumento da temperatura máxima resultar em acréscimo na massa de mil grãos e do rendimento de grãos, este aumento promoveu redução do peso do hectolitro no início do enchimento de grãos.

Já nos municípios de Arapoti (-0,55*), Cambará (-0,65*), Londrina (-0,52*) e Warta (-0,55*) se observaram correlações negativas entre temperatura máxima e força geral de glúten. Esses resultados concordam com os dados encontrados na literatura onde diversos autores citam que a incidência de elevada temperatura (superior 30°C) pode afetar negativamente a força de glúten (BLUMENTHAL et al 1991a, 1991b). Mas discordam com os resultados obtidos por Guarienti et al. (2004), que constatou que o aumento da temperatura máxima elevou a força geral de glúten, durante o período correspondente ao enchimento de grãos. Também, Uhlen et al. (1998) observou que a elevação da temperatura afetou positivamente a força de glúten. Segundo esses autores, o fator responsável seria o acréscimo de proteínas poliméricas. Contudo o resultado obtido por Uhlen et al. (1998),

concorda com o resultado observado no município de Guarapuava, onde foi observada uma correlação positiva entre temperatura máxima e força geral de glúten ($r = 0,58^*$). Seguindo o mesmo raciocínio, os autores Stone e Nicolas (1996), indicaram que temperatura moderadamente elevada influencia a qualidade da farinha, pois, essa variável altera a taxa de acumulação das inúmeras frações protéicas no período de enchimento de grãos.

A discordância de correlações entre locais pode ser atribuída a efeitos modificadores do ambiente e a diferentes mecanismos fisiológicos controlando a expressão desses caracteres (FALCONER 1987; CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004), bem como às diferenças genéticas entre cultivares (LORENCETTI, 2004), como pode ser observado na Tabela 9. Por exemplo, no município de Guarapuava foi observada uma correlação positiva ($r = 0,58^*$) entre a temperatura máxima e a força de glúten (Tabela 12). Para os demais locais, a correlação foi negativa (com exceção para Ponta Grossa e Cascavel, que foram não significativas). Isso provavelmente ocorreu devido a temperatura máxima em Guarapuava (região de maior altitude) ser menor que a temperatura máxima em uma região de menor altitude, ou seja, a temperatura máxima em Guarapuava não foi tão alta a ponto de prejudicar a força de glúten.

Por outro lado, à temperatura mínima influenciou negativamente o peso do hectolitro em Cascavel ($r = -0,54^*$), Guarapuava ($r = -0,63^*$), Palotina ($r = -0,53^*$) e Ponta Grossa ($r = -0,67^*$) e o rendimento de grãos em Cascavel ($r = -0,56^*$), Guarapuava ($r = -0,60^*$), Palotina ($r = -0,61^*$) e Ponta Grossa ($r = -0,58^*$). A influencia negativa da temperatura mínima sobre o peso do hectolitro também foi observada por Guarienti et al. (2004), com exceção do período final da maturação fisiológica. De acordo com Graybosch e Morris (1990), a temperatura ideal para desenvolvimento de trigo situa-se entre 12 e 15°C, durante o desenvolvimento de grãos e, temperaturas superiores a 15°C provocam decréscimo de 3 a 5% no peso do hectolitro, com efeito negativo no rendimento de grãos. Na Tabela 9, podemos observar que os municípios acima descritos foram os que apresentaram maior temperatura mínima durante o período de 50 dias antes da maturação fisiológica, sendo que os maiores

valores de temperatura mínima variaram de 17 a 18°C. Cabe salientar que a redução no rendimento de grãos ocasionada pela temperatura elevada resulta do efeito da temperatura na redução do período de enchimento de grãos, que não é compensado por um aumento na taxa de crescimento dos grãos (STONE; GRAS; NICOLAS, 1997).

A temperatura mínima também influenciou negativamente o número de queda nos municípios de Cascavel ($r = -0,57^*$), Guarapuava ($r = -0,56^*$), Palotina ($r = -0,54^*$) e Ponta Grossa ($r = -0,54^*$). Estes resultados concordam com os obtidos por Guarienti et al. (2004) que observou que as temperaturas afetaram negativamente o número de queda durante o enchimento de grãos e na maturação fisiológica. Além disso, no município de Cascavel foi observada ainda correlação negativa do número de queda com a precipitação pluvial. Neste último caso, os resultados concordam com os encontrados por Cornford, Black e Chapman (1987) e por Noda, Kawabata e Kawakami (1994), os quais relatam que a combinação de elevados índices de pluviosidade e baixa temperatura ocasionam a quebra de dormência dos grãos e ativação da síntese da alfa-amilase, gerando redução do número de queda. Black, Butler e Hughes (1987) e Cornford, Black e Chapman (1987), constataram que a germinação dos grãos em pré-colheita a campo ocorre quando os grãos absorvem água em baixa temperatura e que essa condição provoca quebra de dormência e resultando na germinação pré-colheita. No entanto, discordam das conclusões de Noda, Kawabata e Kawakami (1994), os quais determinaram que a quebra de dormência aumenta à medida que a temperatura é elevada, reduzindo, portanto, o número de queda.

Foram observadas ainda correlações negativas entre temperatura mínima com os seguintes caracteres: força geral de glúten ($r = -0,66^*$; $r = -0,56^*$; $r = -0,61^*$; e $r = -0,54^*$) e relação P/L ($r = -0,57^*$; $r = -0,58^*$, $r = -0,60^*$ e $r = -0,61^*$) em Cascavel, Guarapuava, Palotina e Ponta Grossa, respectivamente. Tais resultados estão de acordo com observados por Stone, Gras e Nicolas (1997) e por Popineau et al. (1993), que indicam que temperaturas baixas durante o crescimento do trigo ou, quando o grão ainda encontra-se imaturo, compromete de forma negativa a qualidade e a

quantidade de glúten e, portanto, a força geral de glúten. Esse fato ocorre devido a um acréscimo na deposição de amido comparativamente às proteínas, quando a temperatura é baixa, de maneira a propiciar diminuição do teor de proteínas nos grãos (STONE; NICOLAS, 1996; RODRIGUES, 2000) e, por conseqüência, diminuição do teor de glúten, o que justificaria, segundo esses autores, essa correlação negativa entre relação tenacidade/extensibilidade e temperatura mínima. É válido ressaltar que a elevação do teor de gluteninas pode provocar um aumento da relação tenacidade/extensibilidade, com conseqüente acréscimo da elasticidade do glúten, isso porque essas apresentam elevada elasticidade e baixa extensibilidade (MANDARINO, 1994). Por outro lado, a redução da relação tenacidade/extensibilidade pode ser explicada pelo aumento do teor de gliadinas, que ao contrário das gluteninas, são responsáveis por baixa elasticidade e elevada extensibilidade do glúten (MANDARINO, 1994).

Esses dados evidenciam a necessidade de se levar em consideração às características regionais e/locais, tendo em vista as grandes diferenças observadas entre as regiões tritícolas do estado do Paraná. Neste sentido, sabe-se que o risco de geadas aumenta proporcionalmente à altitude e latitude. As regiões localizadas em latitudes ao norte apresentam riscos de geadas menores, ou seja, à medida que se desloca do Norte para o Sul, fica evidente a necessidade de se fazer à semeadura mais tarde, para fugir dos altos riscos de geadas no espigamento (GONÇALVES et al., 1998). Além disso, dentro de uma mesma faixa de latitude, as áreas com maiores altitudes possuem riscos mais elevados e períodos sujeitos à geadas mais prolongados, requerendo épocas de semeadura ainda mais tardias, como é o caso dos municípios de Guarapuava e Ponta Grossa.

Na Tabela 9, podemos observar ainda uma menor ocorrência de chuvas no espigamento e no período de enchimento de grãos (50 dias antes da maturação fisiológica) nos municípios de Arapoti e Cambará. Esses resultados concordam com o relato de Gonçalves et al. (1998), que afirmam que os riscos de deficiência hídrica são maiores no Norte, e muito pequenos no Oeste e praticamente nulos no Sul do Estado do Paraná. Também, nesses municípios

são observadas as maiores temperaturas máximas, as quais afetaram negativamente o rendimento de grãos (Tabela 12), o que também está de acordo Gonçalves et al. (1998), que afirmam que embora os riscos de geadas sejam menores nas semeaduras mais tardias, é possível a ocorrência de outros fatores que interferem na produtividade, tais como falta de chuva em julho e agosto, excesso de chuvas na colheita e temperaturas elevadas.

A radiação solar global associou-se positivamente com peso do hectolitro ($r = 0,57^*$; $r = 0,53^*$; $r = 0,73^{**}$ e $r = 0,62^*$) e com o rendimento ($r = 0,64^*$; $r = 0,57^*$; $r = 0,51^*$ e $r = 0,53^*$) nos municípios de Cambará, Londrina, Palotina e Warta, respectivamente. Vários autores explanam a respeito da influência da radiação solar global no peso do hectolitro (FORD; PEARMAN; THORNE, 1976; GRABAU; VAN SANFORD; MENG, 1990; MOU; KRONSTAD; SAULESKV, 1994; POZO 1988; WARDLAW 1971 e WIEGAND; CUELLAR 1981), os quais mostraram que a produção de grãos de trigo é proporcional à radiação fotossinteticamente ativa que é absorvida pelas plantas. Também se observou uma correlação positiva da radiação solar global com o número de queda, nos municípios de Arapoti ($r = 0,67^*$) e Cambará ($r = 0,62^*$). Resultados esses que contrariam os observados por Strand (1989), que observaram que onde há maior incidência de radiação solar global (fotoperíodo mais longo), durante o desenvolvimento de grãos, aliado a alta temperatura e a baixa umidade, ocorre diminuição do nível de dormência em grãos maduros, aumentando a possibilidade de germinação na espiga e reduzindo o número de queda.

A radiação solar global associou-se positivamente ainda com força geral de glúten ($r = 0,64^*$ e $r = 0,67^*$) e com a relação tenacidade/extensibilidade ($r = 0,55^*$ e $r = 0,57^*$) em Arapoti e Cambará, respectivamente, sendo que esses locais foram os que apresentaram temperaturas mais elevadas e invernos menos chuvosos, conforme observado na Tabela 8.

Desta forma, o conhecimento do cultivar e das particularidades meteorológicas de cada local de cultivo são primordiais para a obtenção de um produto final (grãos) com a qualidade desejada. Diversas instituições acumularam, nos últimos anos, um grande volume de informações de dados

meteorológicos, que aliado com as informações de altitude, latitude, solo e relevo, permitem delimitar com maior segurança as áreas com características adequadas para cultivo de trigo, a fim de que se maximize a produtividade e a qualidade tecnológica.

4.4. CONCLUSÕES

A precipitação pluvial, a temperatura máxima, a temperatura mínima e a radiação solar promoveram acréscimos e, também, em alguns casos, limitaram a expressão da qualidade tecnológica dos cultivares de trigo avaliados no estado do Paraná.

As estimativas de associação entre os parâmetros de qualidade tecnológica e variáveis meteorológicas foram diferentes entre os locais de avaliados, tanto no sentido, quanto na magnitude da associação.

E que os tricultores têm a possibilidade de otimizar a produtividade e melhorar qualidade industrial do trigo através da escolha adequada escolha do cultivar e do conhecimento dos períodos em que as condições meteorológicas são mais prejudiciais, nas diferentes regiões de cultivo.

4.5. REFERÊNCIAS

AMORIM, H. V. Respiração. In: FERRI, M.G. coord. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., v. 1 Cap. 6: p. 251-279, 1985.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. Coord. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, cap. 1:p. 25-32, 1992.

BHATT, G.M. et al. Pre-harvest sprouting in hard winter wheats assessment of methods to detect genotypic and nitrogen effects and interactions. **Cereal Chemistry**, St.Paul, v. 58, n. 4, p. 300-302, Jul.,1981.

BHULLAR, S.S.; JENNER, C.F. Effects of temperature on the conversion of sucrose to starch in the developing wheat endosperm. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 13, n. 5, p. 605-615, Mar., 1986.

BLACK, M.; BUTLER, J.; HUGHES, M. Control and development of dormancy en cereals. In: RINGLUND, K.; MOSLETH, E.; MARES, D. J. (eds.). Fourth International Symposium on Pre-harvest (Sprouting in Cereals, Westview Press, Colorado, 1987, p. 13-15.

BLUMENTHAL, C.S. et al. Seasonal changes in wheat grain quality associated with high temperature. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 42, n. 1, p. 21-30, Jan., 1991a.

BLUMENTHAL, C.S. et al. Interpretation of grain quality results from wheat variety trials with reference to high temperature stress. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 42, n. 3, p. 325-334, May, 1991b.

BLUMENTHAL, C. et al. Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. **Cereal Chemistry**, St.Paul, v. 72, n. 6, p. 539-544, Nov., 1995.]

BORGHI, B. et al. Influence of crop rotation, manure and fertilizers on bread making quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.4, n.1, p.37-45, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras de análises para sementes**. Brasília, 1992. p.194-195.

CARNEIRO, L.M.T.A. et al. **Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v64n1/23860.pdf>> Acesso em 06 de Jul. de 2007.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. Pelotas: UFPel, 2004. 142p.

CHOWDHURY, S.Y.; WARDLAW, I.F. The effect of temperature on kernel development in cereal. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 29, n. 2, p. 205-225, Mar., 1978.

CLASSEN, M.M.; SHAW, R.H. Water deficit effects on corn. I. Vegetative components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, n. 5, p. 649-652, Oct., 1970.

CORNFORD, C.A.; BLACK, M.; CHAPMAN, J. Sensitivity of developing wheat grains to gibberellin and production of alfa-amylase during grain development and maturation. In: RINGLUND, K.; MOSLETH, E.; MARES, D.J., (Eds.), **Fourth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals**, Westview Press, Colorado, p. 283-292, 1987.

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

DIAS M., **Propriedade reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase**. Ponta Grossa UEPG, 2006. P. 03

DUBETZ, S.; BOLE, J.B. Effects of moisture stress at early heading and of nitrogen fertilizer on three spring wheat cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 53, n. 1, p. 1-5, Jan. ,1973.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.

FINNEY, K.; YAMAZAKI, W. Quality of hard, soft and durum wheats. In: QUINSENBERRY, K.S.; REITZ, L.P., ed. **Wheat and wheat improvement**. Madison: American Society of Agronomy, Chap. 14, p. 471-503. (Agronomy, 13), 1967.

FORD, M.A.; PEARMAN, I.; THORNE, G.N. Effects of variation in ear temperature on growth and yield of spring wheat. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 82. n. 2, p. 317-333, Mar., 1976.

GARCIA, C. A. **Tendência do Mercado de Trigo para 2003**: V Encontro Técnico Novas Tecnologias em trigo, 2003. Cascavel. Cascavel: Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico (COODETEC), 2003.

GERMANI, R. et al. **Perfil tecnológico de Cultivares de Trigo Brasileiro**. Rio de Janeiro, J. LV, de 2001.

GERMANI, R. **Características dos grãos e farinha de trigo e avaliações de suas qualidades**. Rio de Janeiro, Abril 2007.

GONÇALVES, S.L. et al. Regionalização para épocas de semeadura de trigo no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 239-248, 1998.

GRABAU, L.J.; VAN SANFORD, D.A.; MENG, Q.W. Reproductive characters of winter wheat cultivars subjected to postanthesis shading. **Crop Science**, Madison, v. 20, n. 4, p. 771-774, Jul./August, 1990.

GRAYBOSCH, R.A.; MORRIS, R. An improved SDS-PAGE method for the analysis of wheat endosperm storage proteins. **Journal of Cereal Science**, London, v. 11, n. 3, p. 201-212, May, 1990.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo**. 2ed. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996. 36p. (Embrapa- CNPT. Documentos, 27).

GUARIENTI, E. M. et al. Avaliação do efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial e no rendimento de grãos de trigo pelo emprego de análise de componentes principais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p.500-510, 2003.

GUARIENTI, E. M. et al. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.505-515, 2004.

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

JOHNSON, J.A.; KHAN, M.N.; SANCHEZ, C.R.S.; Wheat cultivars, environment and bread-baking quality. **Cereal Science Today**, St. Paul, v. 17, n. 10, p. 323-326, Oct., 1972.

KOLDERUP, F. Effects of temperature, photoperiod, and light quantity on yield capacity of wheat. **Meldinger fra Norges Landbrukshegskole**, v. 53, n. 36, p. 1-10, 1974.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D. L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1995. p.147-164, 222-237.

LORENCETTI, C. Capacidade combinatória de genitores e suas implicações no desenvolvimento de progênies superiores em aveia (*Avena sativa* L.). 2004. 102f. **Doutorado** (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2004.

MAC RITCHIE, F.; GUPTA, R.B. Functionality composition relationships of wheat flour as a result of variation in sulphur availability. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.44, n.8, p.1767-1774, 1993.

MANDARINO, J.M.G. **Componentes do trigo**: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 36p., 1994. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 75).

MELLADO Z., M.; MALDONADO I., I.; GRANGER Z.,D. Efecto de la lluvia, posterior a la madurez de cosecha, sobre el grano de trigo. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 45, n. 3, p. 247-251, Jul./Septiembre, 1985.

MIRALLES, D.J.; SLAFER, G. A. Wheat development. In: (SATORRE, E.H.; SLAFER, G.A. (Eds). **Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination**". Cap.2, p.13-43, 2000.

MOU, B.; KRONSTAD, W.E.; SAULESKU, N. N. Grain filling parameters and protein content in selected winter wheat population: II. Associations. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 4, p. 838-841, Jul./August, 1994.

NODA, K.; KAWABATA, C.; KAWAKAMI, N. Response of wheat grain to ABA and imbibition at low temperature. **Plant Breeding**, Berlin, v. 113, n. 1, p. 53-57, Aug., 1994.

NUNES, C.D.M. et al. **Monitoramento de doenças na cultura do trigo nas safras de 2003 e 2005**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 7 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 151).

PETERSON C.J. et al. Baking quality of hard winter wheat: Response of cultivars to environment in the Great Plains. In: BRAUN, H.J. et al. (Eds). **Wheat Prospects for Global Improvement**. Kluwer Academic Publishers. 1998.

POPINEAU, Y. et al. Influence of high Mr glutenin subunits on glutenin polymers and rheological properties of gluteins and gluten subfraction of near-isogenic lines of wheat Sicco. **Journal of Cereal Science**, New York, v. 19, p. 231-241, Nov., 1993.

POZO L., A. del. El rol de la temperatura y radiación solar en el crecimiento y la producción del trigo primaveral, com diferentes épocas de siembra. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 48, n. 3, p. 242-251, Jul./Septiembre, 1988.

PUZZI, D. Padronização de cereais, grãos leguminosos e café. In: PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. Cap. 22: p.573-580.

RAO, A.C.S. et al. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 5, p. 1023-1028, Sept./October, 1993.

REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M.G. coord. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., v. 1 Cap. 1: p. 3-24, 1985.

REUNIÃO DA COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 38, 2006, Passo Fundo, RS. **Recomendações da Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo para 2007**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2007. 74 p.

RICHARDS, R.A. Manipulation of leaf area and its effects on grain yield in droughted wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.34, p.23-31, 1983.

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

RODRIGUES, O. Manejo de trigo: bases ecofisiológicas. In: CUNHA, G.R.; BACALTCHUK, B. Orgs. **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa. Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo/Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. Cap. 8:p. 120-155. (Série Culturas, n. 02).

SPIERTZ, J.H.J. The influence of temperature and light intensity on grain growth in relation to carbohydrate and nitrogen economy on wheat plant. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 25, n. 3, p. 182-197, Mar., 1977.

STONE, P. J.; GRAS, P. W.; NICOLAS, M.E. The influence of recovery temperature on the effects of a brief heat shock on wheat. III. Grain protein composition and dough properties. **Journal of Cereal Science**, London, v. 25, n. 1, p. 129-141, Jul., 1997.

STONE, P. J.; NICOLAS, M.E. Effect of timing of heat stress during grain filling on two wheat varieties differing in heat tolerance. II. Fractional protein accumulation. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 23, n. 6, p. 739-749, Dec., 1996.

STONE, P. J.; NICOLAS, M.E. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 21, n. 6, p. 887-900, Dec., 1994.
STRAND, E. Studies on seed dormancy in small grain species. **The Journal of Agricultural Science**, London, v. 3, n. 1, p. 85-99, Feb., 1989.

UHLEN, A.K. et al. Effects of cultivar and temperature during grain filling on wheat protein content, composition, and dough mixing properties. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 75, n. 4, p. 460-465, Jul./August, 1998.

ZAGONEL, J. et al. **Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1**. *Ciência Rural*, v. 32, n.1, p. 25-29, 2002.

ZANATTA, A.C.A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26 p.1001-1016, 1991.

WARDLAW, I.F.; DAWSON, I.A.; MUNIB, P. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. II. Grain development. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 40, n. 1, p. 15-24, Jan. 1989.

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

WARDLAW, I.F. The early stages of grain development in wheat: response to light and temperature in a single variety. **Australian Journal of Biology Science**. Melbourne, v. 23, n. 6, p. 765-774, Dec., 1971.

WIEGAND, C.L.; CUELLAR, J.A. Duration of grain filling and kernel weight as affected by temperature. **Crop Science**, Madison, n. 21, n. 1, p. 95-101, Jan./February, 1981.

Tabela 6 - Características e reação às doenças dos cultivares de trigo avaliados.

Cultivares	Ciclo (média – dias)	Altura de Planta (média – cm)	Classe Comercial ¹	Média de W (força de glúten)	Reação à germinação na espiga	Reação as Doenças
BRS Camboim	Precoce Espigamento 81 dias Maturação 130 dias	81 cm	Brando	148	Moderadamente resistente	Ferrugem da Folha: Moderadamente Suscetível Ferrugem do Colmo: Sem informação Giberela: Moderadamente resistente Mancha da Folha: Moderadamente Suscetível Mancha da Gluma: Sem informação Oídio: Moderadamente resistente Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Suscetível
BRS Timbaúva	Precoce Espigamento 82 dias Maturação 143 dias	97 cm	Brando	159	Moderadamente suscetível	Ferrugem da Folha: Moderadamente Suscetível Ferrugem do Colmo: Resistente Giberela: Moderadamente resistente Mancha da Folha: Moderadamente Suscetível Mancha da Gluma: Sem informação Oídio: Suscetível Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Resistente
BRS Louro	Precoce Espigamento 84 dias Maturação 136 dias	89 cm	Brando	83	Sem informação	Ferrugem da Folha: Moderadamente Suscetível Ferrugem do Colmo: Sem informação Giberela: Moderadamente resistente Mancha da Folha: Moderadamente Suscetível Mancha da Gluma: Sem informação Oídio: Moderadamente Suscetível Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Suscetível
BRS Guamirim	Precoce Espigamento 74 dias Maturação 125 dias	78 cm	Pão	249	Moderadamente resistente	Ferrugem da Folha: Moderadamente Resistente Ferrugem do Colmo: Sem informação Giberela: Moderadamente Suscetível Mancha da Folha: Moderadamente Resistente Mancha da Gluma: Sem informação Oídio: Moderadamente Resistente Vírus do Mosaico do Trigo: Suscetível
BRS 210	Médio Espigamento 64 dias Maturação 120 dias	74 cm	Melhorador	306	Moderadamente suscetível	Ferrugem da Folha: Moderadamente Resistente Ferrugem do Colmo: Moderadamente Resistente Giberela: Suscetível Mancha da Folha: Suscetível Mancha da Gluma: Sem informação Oídio: Moderadamente resistente Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Suscetível

Continuação da tabela 6...

CD 104	Médio Espigamento 75 dias Maturação 124 dias	Baixa – 81 cm	Melhorador	360	Moderadamente resistente à moderadamente suscetível	Ferrugem da Folha: Suscetível Ferrugem do Colmo: Moderadamente Resistente Giberela: Suscetível Mancha da Folha: Moderadamente Suscetível Mancha da Gluma: Moderadamente Suscetível Oídio: Moderadamente Suscetível Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Suscetível
CD 108	Superprecoce Espigamento 53 dias Maturação 115 dias	Baixa – 67 cm	Melhorador	382	Moderadamente resistente à moderadamente suscetível	Ferrugem da Folha: Moderadamente Resistente Ferrugem do Colmo: Moderadamente Resistente Giberela: Suscetível Mancha da Folha: Moderadamente Resistente Mancha da Gluma: Moderadamente Suscetível Oídio: Moderadamente Suscetível Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Suscetível
CD 110	Médio Espigamento 71 dias Maturação 126 dias	Média - 81 cm	Pão	249	Moderadamente resistente	Ferrugem da Folha: Moderadamente Suscetível Ferrugem do Colmo: Moderadamente Resistente Giberela: Moderadamente Suscetível Mancha da Folha: Moderadamente Suscetível Mancha da Gluma: Moderadamente Suscetível Oídio: Moderadamente Suscetível Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Suscetível
CD 113	Superprecoce Espigamento 60 dias Maturação 118 dias	Baixa - 66 cm	Pão	259	Moderadamente suscetível	Ferrugem da Folha: Moderadamente Resistente Ferrugem do Colmo: sem informação Giberela: Suscetível Mancha da Folha: Moderadamente Suscetível Mancha da Gluma: Moderadamente Suscetível Oídio: Moderadamente Suscetível Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Resistente
IPR 85	Precoce Espigamento 60 dias Maturação 113 dias	Média - 85 cm	Melhorador	374	Moderadamente resistente	Ferrugem da Folha: Moderadamente Resistente Ferrugem do Colmo: Moderadamente Resistente Giberela: Moderadamente Suscetível Mancha da Folha: Moderadamente Suscetível Mancha da Gluma: Sem informação Oídio: Moderadamente Resistente Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Suscetível
ÔNIX	Médio Espigamento 75 dias Maturação 127 dias	Média 87 cm	Pão	270	Moderadamente resistente	Ferrugem da Folha: Suscetível Ferrugem do Colmo: Moderadamente Resistente Giberela: Moderadamente Suscetível Mancha da Folha: Suscetível Mancha da Gluma: Sem informação Oídio: Moderadamente Resistente Vírus do Mosaico do Trigo: Moderadamente Resistente

¹ Classificação do trigo segundo a Instrução Normativa nº 1, de 27 de janeiro de 1999, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Tabela 7 - Média, amplitude e desvio padrão das variáveis de qualidade tecnológica e rendimento de grãos de ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.

Genótipos	Produtividade				Parâmetros de qualidade									
	RG (Kg ha ⁻¹)	Amplitude	PH (Kg hL ⁻¹)	Amplitude	NQ (Segundos)	Amplitude	W (10 ⁻⁴ J)	Amplitude	P	Amplitude	L	Amplitude	PL (mm)	Amplitude
BRS Camboim	3.738	1.590 – 5.255	81	78 – 84	348	256 - 415	185 I	149 - 227	70	55 – 102	112	81 - 139	0.67	0.45 - 1.26
BRS Timbauva	4.056	2.111 – 5.646	81	77 – 84	279 I	149 - 373	262	188 - 458	94	61 – 129	103	68 - 135	1.01	0.45 - 1.90
BRS Louro	3.901	2.279 - 5.402	81	78 – 85	252 I	138 - 351	70 I	41 - 116	36 I	28 – 42	75 I	36 - 131	0.56 I	0.31 - 1.00
BRS Guamirim	4.180 S ⁽¹⁾	2.701 - 5.438	82	78 - 85	331	175 - 403	293	221 - 425	95	72 – 112	123	69 - 169	0.89	0.42 - 1.61
BRS 210	4.179 S	1.996 - 5.896	78 I	74 - 81	322	255 - 371	348	243 - 430	115	83 – 131	114	68 - 141	1.07	0.59 - 1.74
CD 104	4.109	2.190 - 6.964	81	76 - 85	348	285 - 430	396	347 - 551	110	91 – 121	111	83 - 154	1.04	0.71 - 1.39
CD 108	3.945	2.011 - 5.564	82	77 - 85	353	271 - 442	394	333 - 450	134 S	111 – 149	82 I	71 - 92	1.65 S	1.37 - 2.07
CD 110	4.120	2.080 - 5.375	81	78 - 84	341	287 - 420	247	191 - 341	73	61 – 85	124	94 - 165	0.61 I	0.39 - 0.82
CD 113	3.707 I	1.494 - 5.116	81	78 - 85	305	214 - 378	277	210 - 348	75	59 – 91	136 S	87 - 167	0.59 I	0.37 - 0.94
IPR 85	3.682 I	2.491 - 4.878	82	79 - 85	346	266 - 429	449 S	358 - 482	123 S	93 – 145	111	67 - 136	1.20	0.71 - 2.10
Ônix	4.148	2.421 - 5.780	81	78 - 83	342	276 - 407	343	257 - 404	121	78 – 168	85 I	53 - 97	1.53 S	0.85 - 2.79
Média	3.979		81		324		297		95		107		1	
Desvio padrão	185.70		1.12		31.32		102.33		27.92		18.12		0.36	

RG - Rendimento de grãos; PH - Peso hectolitro; NQ – Número de queda; W – Força de glúten; P – Tenacidade; L – Extensibilidade e P/L – Relação entre tenacidade e extensibilidade. ¹⁾ S e I valores superiores e inferiores a média mais ou menos um desvio padrão, respectivamente.

Tabela 8 - Média, amplitude e desvio padrão do rendimento de grãos e das variáveis de qualidade tecnológica de ensaios conduzidos nos municípios Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.

	RG	Amplitude	PH	Amplitude	NQ	Amplitude	W	Amplitude	P	Amplitude	L	Amplitude	PL	Amplitude
Arapoti	4.600	2.522 - 5.740	78 I	78 80	251 I	149 - 319	257 I	100 - 358	78 I	41 - 111	124 S	81 - 146	0.67 I	0.31 - 1.07
Cambara	2.453 I ⁽¹⁾	1.590 - 3.282	78 I	74 - 82	251 I	138 - 304	253	77 - 430	76 I	37 - 121	114	67 - 160	0.68 I	0.37 - 1.09
Cascavel	4.137	3.260 - 5.520	81	78 - 85	358	220 - 430	293	37 - 463	106S	30 - 137	95	36 - 165	1.18	0.39 - 1.9
Guarapuava	4.962 S	4.127 - 5.896	82	79 - 84	326	152 - 420	268	58 - 474	101	34 - 147	85 I	64 - 102	1.22	0.53 - 2.07
Londrina	4.880 S	3.942 - 6.964	80	76 - 83	350	312 - 378	264	45 - 368	99	37 - 148	84 I	37 - 152	1.35 S	0.47 - 2.79
Palotina	3.208	2.730 - 3.857	83 S	81 - 85	345	301 - 380	332 S	41 - 551	107 S	28 - 168	111	63 - 147	1.05	0.44 - 2.33
Ponta grossa	4.235	3.160 - 5.360	81	79 - 82	313	260 - 356	333 S	87 - 476	92	42 - 136	125 S	92 - 164	0.77	0.45 - 1.48
Warta	3.354	2.190 - 4.240	84 S	81 - 85	381 S	275 - 442	343 S	116 - 482	92	41 - 125	118	83 - 169	0.86	0.38 - 1.46
Média	3.979		81		322		293		94		107		1	
Desvio padrão	834.31		1.99		45.19		35.40		11.13		15.55		0.25	

RG - Rendimento de grãos; PH - Peso hectolitro; NQ – Número de queda; W – Força de glúten; P – Tenacidade; L – Extensibilidade e P/L – Relação entre tenacidade e extensibilidade. ¹⁾ S e I valores superiores e inferiores a média mais ou menos um desvio padrão, respectivamente.

Tabela 9 - Média, amplitude e desvio padrão das variáveis meteorológicas de ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.

	Radiação (MJ/m ² /dia)	Amplitude	Precipitação (mm)	Amplitude	Pressão (mb)	Amplitude	Temp. Máxima (°C)	Amplitude	Temp. mínima (°C)	Amplitude
Arapoti	304	287 - 388	55 I	50 - 125	983 S	983 - 983	27 S	25 - 29	10	9 - 10
Cambara	305	283 - 347	80	66 - 190	968	968 - 968	27S	26 - 28	11	11 - 12
Cascavel	333	292 - 335	74	11 - 61	940	939 - 941	25	24 - 27	17	14 - 17
Guarapuava	387 S ⁽¹⁾	376 - 414	205	139 - 228	892 I	892 - 893	24 I	23 - 24	15	13 - 16
Londrina	259 I	238 - 280	225 S	222 - 277	950	950 - 951	25	24 - 25	12	11 - 12
Palotina	377	285 - 386	135	83 - 168	929	918 - 934	26	27 - 28	18 S	18 - 18
Ponta grossa	405 S	399 - 428	185	117 - 192	918	918 - 918	25	26 - 27	16	15 - 16
Warta	256	254 - 284	210	128 - 222	950	950 - 951	25	24 - 25	12	11 - 12
Média	328		141		941		25		14	
Desvio Padrão	57.1		76		28.6		1.1		3.1	

¹⁾ S e I valores superiores e inferiores a média mais ou menos um desvio padrão, respectivamente.

Tabela 10 - Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e rendimento de grãos em ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.

Caracteres	Arapoti	Cambará	Cascavel	Guarapuava	Londrina	Palotina	Ponta Grossa	Warta
RAD X PREC.	0,68*	-0,41	0,99**	0,67*	-0,50	0	0,61*	-0,13
RAD X PRES	0,83**	-0,57*	0,84**	0,65*	-0,75**	-0,71*	0,67*	-0,73**
RAD X TEMP. MÁX	0,96**	-0,94**	0,21	0,76**	-0,44	-0,87**	0,75**	-0,38
RAD X TEMP. MÍN	-0,80**	0,96**	0,94**	-0,76**	-0,68*	0,92**	0,39	-0,67*
PREC. X PRES.	-0,94**	0,13	-0,89**	-0,93**	-0,39	0	0,004	0,30
PREC. X TEMP. MÁX.	0,26	-0,68*	-0,93**	-0,90**	0,15	0	-0,02	-0,49
PREC. X TEMP. MÍN.	-0,94**	-0,47	-0,90**	0,20	0,46	0	0,42	-0,45
PRES. X TEMP. MÁX.	-0,24	-0,01	0,68*	-0,70*	-0,89**	-0,46	-0,98**	-0,94**
PRES. X TEMP. MÍN.	-0,99**	-0,05	-0,63*	-0,16	-0,96**	-0,88**	-0,89**	-0,96**
TEMP. MÁX. X TEMP. MÍN.	0,32	0,94**	1**	-0,11	0,92**	0,69*	0,89**	0,97**

**,* : Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t.

RAD – radiação solar; PREC – Precipitação pluvial; PRES – Pressão atmosférica; TEMP. MÁX – Temperatura máxima e TEMP. MÍN. – Temperatura mínima.

Tabela 11 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros de qualidade e o rendimento em grãos em ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.

Caracteres	Arapoti	Cambará	Cascavel	Guarapuava	Londrina	Palotina	Ponta Grossa	Warta
RG X PH	-0,33	0,07	-0,50	0,43	0,41	-0,49	-0,33	-0,27
RG X NQ	0,12	0,24	0,09	0,47	0,05	0,22	-0,38	-0,18
RG X W	0,15	0,23	0,02	-0,17	0,16	-0,21	-0,48	0,36
RG X P	0,43	0,41	-0,12	-0,03	0,08	-0,12	-0,34	0,30
RG X L	-0,50	-0,39	0,13	0,19	-0,08	0,05	0,22	0,24
RG X PL	0,44	0,46	-0,18	-0,04	-0,03	-0,16	-0,35	0,04
PH X NQ	0,07	-0,02	0,11	0,22	0,38	-0,28	0,26	0,36
PH X W	0,03	-0,46	0,20	0,15	0,11	0,16	-0,14	-0,07
PH X P	-0,04	-0,47	0,38	0,11	0,18	0,07	-0,31	-0,19
PH X L	-0,13	-0,13	-0,36	0,47	-0,20	-0,15	0,14	0,12
PH X PL	-0,04	-0,46	0,49	-0,08	0,29	0,17	-0,35	-0,09
NQ X W	0,14	0,79**	0,61*	0,46	0,68*	0,58*	0,45	0,63*
NQ X P	0,07	0,73*	0,67*	0,47	0,41	0,57*	0,46	0,42
NQ X L	-0,07	0,24	0,41	0,50	-0,47	0,49	0,02	-0,45
NQ X PL	0,13	0,49	0,31	0,40	0,43	0,09	0,45	0,46
W X P	0,91**	0,96**	0,87**	0,93**	0,77**	0,78**	0,92**	0,87**
W X L	-0,25	0,39	0,45	0,22	0,44	0,50	0,17	-0,08
W X PL	0,66*	0,72*	0,37	0,74**	0,61*	0,35	0,65*	0,62*
P X L	-0,50	0,18	0,11	-0,005	-0,17	-0,01	-0,12	-0,49
P X PL	0,90**	0,85**	0,74**	0,92**	0,81**	0,83**	0,87**	0,91**
L X PL	-0,87**	-0,35	-0,51*	-0,36	-0,63*	-0,54*	-0,46	-0,77**

**,* : Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t.

RG - Rendimento de grãos; PH - Peso hectolitro; NQ – Número de queda; W – Força de glúten; P – Tenacidade; L – Extensibilidade; P/L – Relação entre tenacidade e extensibilidade.

Tabela 12 - Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis meteorológicas e os parâmetros de qualidade tecnológica em ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.

Caracteres	Arapoti	Cambará	Cascavel	Guarapuava	Londrina	Palotina	Ponta Grossa	Warta
RG X RAD	-0,37	0,64*	0,04	-0,02	0,57*	0,51*	-0,21	0,53*
RG X PREC.	0,31	-0,2	-0,07	-0,54*	-0,55*	-0,56*	-0,58*	-0,54*
RG X PRES	-0,47	0,69*	0,07	0,04	-0,03	0,07	0,15	0,08
RG X TEMP. MÁX	-0,55*	-0,66*	0,05	-0,36	-0,09	0,25	0,21	-0,01
RG X TEMP. MÍN	0,51*	0,58*	-0,56*	-0,60*	-0,007	-0,61*	-0,58*	0,07
PH X RAD	-0,18	0,57*	-0,03	-0,11	0,53*	-0,73*	0,25	0,62*
PH X PREC.	0,16	-0,53*	-0,62*	0,08	-0,54*	0	0,30	-0,57*
PH X PRES	-0,15	0,14	0,01	0,26	-0,05	0,29	-0,20	-0,04
PH X TEMP. MÁX	-0,05	-0,50	-0,04	0,03	0,30	0,65*	0,19	0,68*
PH X TEMP. MÍN	0,14	0,50	-0,54*	-0,63*	0,14	-0,53*	-0,67*	0,59*
NQ X RAD	0,67*	0,62*	0,50	-0,13	-0,09	0,22	0,16	0,18
NQ X PREC.	0,55*	-0,52*	-0,53*	0,44	-0,53*	0	0,5	-0,54*
NQ X PRES	-0,46	-0,002	0,50	0,45	-0,38	-0,25	-0,13	-0,49
NQ X TEMP. MÁX	-0,11	0,27	0,41	0,26	0,44	0,07	0,45	0,43
NQ X TEMP. MÍN	0,55*	0,10	-0,57*	-0,56*	0,42	-0,54*	-0,54*	0,43
W X RAD	0,64*	0,67*	-0,06	0,08	-0,24	-0,09	-0,11	-0,07
W X PREC.	-0,68*	-0,58*	0,09	0,60*	-0,14	0,56*	-0,03	-0,17
W X PRES	0,39	0,03	0,06	0,46	-0,40	-0,39	0,25	-0,32
W X TEMP. MÁX	-0,55*	-0,65*	-0,14	0,58*	-0,52*	-0,23	0,27	-0,55*
W X TEMP. MÍN	-0,37	0,36	-0,66*	-0,56*	0,39	-0,61*	-0,54*	0,43
P X RAD	-0,10	0,37	-0,12	0,01	-0,16	0,07	0,05	0,18
P X PREC.	-0,37	-0,35	0,15	-0,61*	-0,31	0	-0,06	-0,13
P X PRES	0,23	0,13	-0,07	0,49	-0,30	-0,32	0,03	-0,13
P X TEMP. MÁX	-0,26	0,48	-0,18	0,47	0,27	0,06	-0,06	0,23
P X TEMP. MÍN	-0,23	0,39	-0,20	0,09	0,20	0,22	-0,15	0,24
L X RAD	0,43	0,09	0,41	-0,35	-0,22	-0,15	-0,50	-0,48
L X PREC.	-0,04	0,11	-0,42	0,05	0,75**	0	-0,16	0,23
L X PRES	0,21	-0,33	0,50	0,07	-0,17	-0,08	0,81**	0,38
L X TEMP. MÁX	0,31	-0,04	0,31	-0,22	0,03	-0,28	-0,83**	0,25
L X TEMP. MÍN	-0,18	0,09	0,29	0,25	0,27	-0,06	-0,79**	0,36
PLX RAD	0,55*	0,57*	-0,39	0,06	-0,08	0,10	0,31	0,43
PL X PREC.	-0,26	-0,51*	0,39	-0,54*	-0,42	-0,52*	-0,06	-0,40
PL X PRES	0,06	0,32	-0,37	0,40	-0,16	-0,21	-0,36	-0,003
PL X TEMP. MÁX	-0,3	0,45	0,37	0,56*	-0,15	0,15	0,33	0,14
PL X TEMP. MÍN	-0,07	0,40	-0,57*	0,58*	0,02	-0,60*	-0,61*	0,07

** : Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t.

RG - Rendimento de grãos; PH - Peso hectolitro; NQ - Número de queda; W - Força de glúten; P - Tenacidade; L - Extensibilidade; P/L - Relação entre tenacidade e extensibilidade, RAD - radiação solar; PREC - Precipitação pluvial; PRES - Pressão atmosférica; TEMP. MÁX - Temperatura máxima e TEMP. MÍN. - Temperatura mínima.

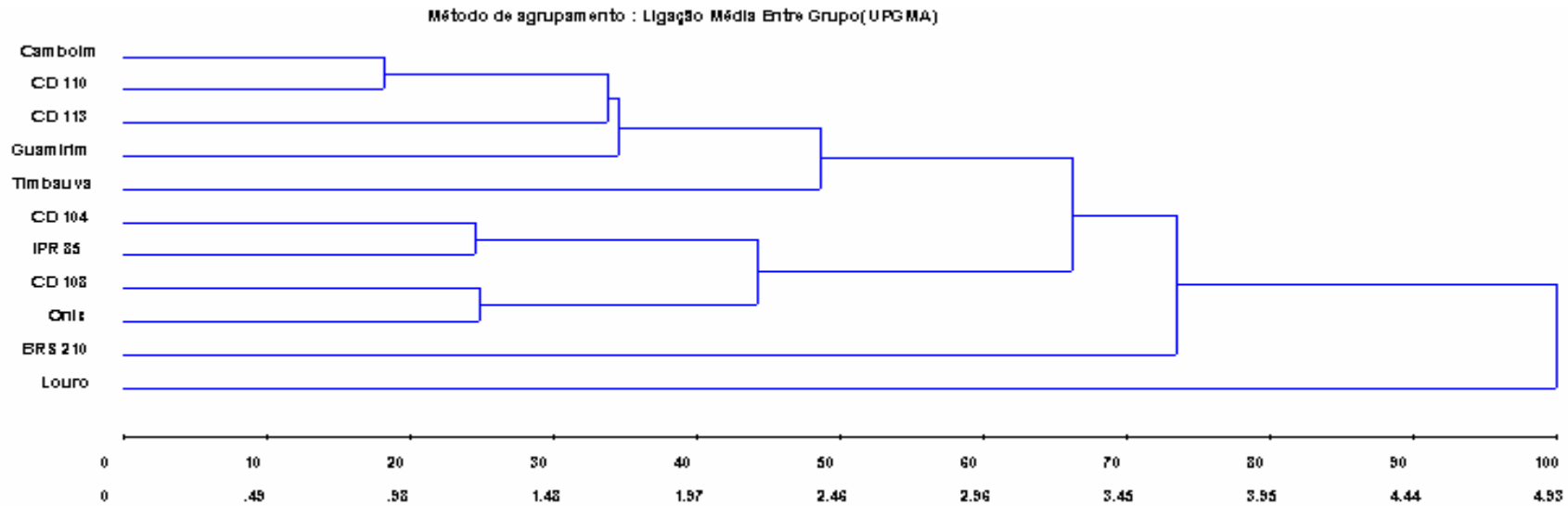


Figura 1 - Dendrograma demonstrativo da dissimilaridade genética para os dados de qualidade, de 11 genótipos de trigo avaliados em ensaios conduzidos nos municípios de Arapoti, Cambará, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palotina, Ponta Grossa e Warta, na safra agrícola de 2007.

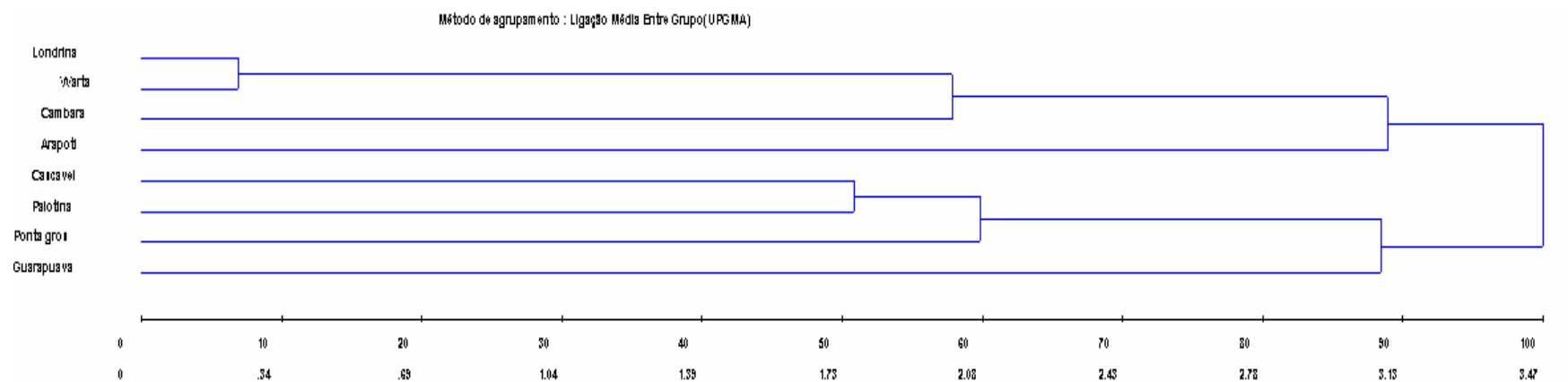


Figura 2 – Dendrograma demonstrativo da dissimilaridade entre oito locais de cultivo de trigo, em relação aos dados meteorológicos da safra agrícola de 2007.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo indicam que os fatores genéticos e meteorológicos são determinantes para a obtenção da qualidade desejada, mas também que o manejo adequado da cultura pode contribuir de forma expressiva para a obtenção de grãos de trigo com características de qualidade mais adequadas ao produto final que se destinam.

Foi possível observar que os métodos de Lin e Binns (1988) e de Eberhart e Russel (1966) foram mais informativos que os de ecovalência e de Cruz et al. (1989) na identificação dos cultivares de trigo mais produtivos e estáveis, provando serem os métodos mais apropriados para tal definição e quantificação. Entretanto, os métodos de Eberhart e Russell (1966) e Cruz et al. (1989), indicaram forte associação entre si e produzem classificações genotípicas similares indicando certo nível de informação redundante entre eles, não justificando sua utilização conjunta.

Observou-se que a precipitação pluvial, a temperatura máxima, a temperatura mínima e a radiação solar promoveram acréscimos e, também, em alguns casos, limitaram a expressão da qualidade tecnológica dos cultivares de trigo avaliados no estado do Paraná. As estimativas de associação entre os parâmetros de qualidade tecnológica e variáveis meteorológicas foram diferentes entre os locais avaliados, tanto no sentido, quanto na magnitude da associação.

Desta forma, conclui-se que os cultivares utilizados podem ser melhor aproveitados de forma a maximizar tanto a qualidade tecnológica, quanto a produtividade. Isto é possível através da escolha adequada do cultivar (adaptado, estável e com o potencial genético de qualidade desejado), da execução das práticas de manejo essenciais (fertilidade do solo, rotação de culturas e controle de plantas daninhas, pragas e doenças) e do conhecimento dos períodos em que as condições meteorológicas são mais prejudiciais, nos diferentes locais de cultivo.

6. REFERÊNCIAS – INTRODUÇÃO GERAL

BEQUETTE, R. K.; **Influence of variety and environment on wheat quality.** Association of Operative Millers bulletin, Leawood, p.5443-5450, May 1989.

BOLLING, H. Effects of climate on the quality of wheat. In. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION SYMPOSIUM, 1973, Braunschweig. **Agrometeorology of the wheat crop proceeding.** Offenbach: WMO, 1974. p.176-184.

CARAMORI, P.H. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica* L.) no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 486-494, 2001a.

CARAMORI, P.H. et al. Zoneamento de riscos climáticos e definição de datas de semeadura para o feijão no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 477-485, 2001b.

CARVALHO, F.I.F. de. **Genética quantitativa.** In: FUNDAÇÃO CARGILL. Trigo no Brasil. Campinas, 1982. v.1, p.65-94.

CAVIGLIONE, J.H. et al. **Cartas Climáticas do Paraná.** Curitiba: Instituto Agrônomo do Paraná. 2000.

CONAB - Conselho Nacional do Abastecimento. www.conab.gov.br Acessado em 10 de janeiro de 2009.

CUNHA, G. R.; et al. Zoneamento agrícola e época de semeadura para trigo no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 400-414, 2001.

DARIO, G. J.; **Instruções sumárias para a cultura do trigo no estado de São Paulo.** Piracicaba: ESALQ, 1988. p.9-14.

FAO - Food and Agriculture Organization. www.fao.org. Acessado em 25 de janeiro de 2009.

FELICIO et al.: Rendimento de grãos e qualidade tecnológica de genótipos de trigo em três zonas tritícolas do Estado de São Paulo no biênio 1994-95. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.1, p.59-68, 2000.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade industrial de trigo**. 2ed. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1996. 36p. (Embrapa- CNPT. Documentos, 27).

GUARIENTI, E. M. et al. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.505-515, 2004.

HANSON, H.; BORLAUG, N. E.; ANDERSON, R.G. **Trigo en el tercer mundo**. México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, 1982. 166p.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. www.ipardes.gov.br. Acessado em 11 de junho de 2007.

LINHARES, A.G.; NEDEL, J.L. Clima e germinação do grão do trigo na espiga. In: MOTA, F.S. (Ed.) **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.95-97.

MANDARINO, J.M.G. **Aspectos Importantes para a qualidade do Trigo**. Londrina: Embrapa – CNPSo, 1993. 32p. (Embrapa – CNPSo. Documentos, 60)

MITTELMANN, A. Herança de Caracteres relacionados à qualidade de Panificação em trigo. Porto Alegre, 1998, 92f – **Dissertação** (mestrado em Fitotecnia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.

MULLER, P. K.; BRUM, A.L. A competitividade do trigo Brasileiro diante da concorrência Argentina: a cadeia produtiva do trigo no Brasil. **Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC** - Florianópolis, SC, 2006.

PRELA, A. Influência dos fenômenos El nino/La nina na produtividade do trigo no estado do Paraná. Piracicaba, 2004. 65 f. – **Tese** – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, São Paulo, 2004.

ZANATTA, A. C. A. et al. Uso de marcadores protéicos na seleção de trigo (*Triticum aestivum* L. em Thell.) com qualidade tecnológica superior na embrapa trigo. Passo Fundo/RS. **Embrapa- CNPT, 2000** (Embrapa CNPT. Comunicado Técnico 85).