

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

LUCAS LEONARDO SCHIDLOWSKI

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO EM
DIFERENTES ANOS E REGIÕES DE CULTIVO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2014

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

LUCAS LEONARDO SCHIDLOWSKI

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO EM
DIFERENTES ANOS E REGIÕES DE CULTIVO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2014

LUCAS LEONARDO SCHIDLOWSKI

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO EM
DIFERENTES ANOS E REGIÕES DE CULTIVO**

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

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2014

S331p

Schidlowski, Lucas Leonardo

Produtividade e qualidade industrial de trigo em diferentes anos e regiões de cultivo / Lucas Leonardo Schidlowski.

Pato Branco. UTFPR, 2014.

56 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco/PR, 2014.

Bibliografia: f. 39 – 46

1. Triticum aestivum L. 2. Interação genótipo x ambiente. 3. Ambientes de teste. 4. Seleção e recomendação de cultivares. I. Benin, Giovani, oriente. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 22. Ed. 630

Ficha Catalográfica elaborada por:
Suélem Belmudes Cardoso CRB 9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



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



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° XXX

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE INDUSTRIAL DE TRIGO EM DIFERENTES ANOS E REGIÕES DE CULTIVO

por

LUCAS LEONARDO SCHIDLOWSKI

Dissertação apresentada às 08 horas 30 min. do dia 27 de fevereiro de 2014 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) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

Banca examinadora:

**Prof. Dr. Michelangelo Muzzel
Trezzi**
UTFPR

Prof. Dr. Lindolfo Storck
UTFPR

Dr. Volmir Sérgio Marchioro
Coodetec

Prof. Dr. Giovanni Benin
UTFPR
Orientador

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Idalmir dos Santos
Coordenador do PPGAG

Aos meus pais que sempre me incentivaram e ensinaram que é possível crescer com honestidade.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio de meus pais, Clóvis Schidlowski e Marta R. F. Schidlowski e do meu irmão Pedro H. Schidlowski no decorrer dessa jornada.

Ao Dr. Giovani Benin (UTFPR) pelo conhecimento compartilhado, sugestões e apoio ao longo desse estudo.

Ao Dr. Volmir Sérgio Marchioro (COODETEC) pela concessão dos dados de experimentos.

Aos colegas do Curso de Pós graduação de Agronomia da UTFPR, pela amizade, companheirismo e união para obter as conquistas realizadas.

Você tem que encontrar o que você gosta. E isso é verdade tanto para o seu trabalho quanto para seus companheiros. Seu trabalho vai ocupar uma grande parte da sua vida, e a única maneira de estar verdadeiramente satisfeito é fazendo aquilo que você acredita ser um ótimo trabalho. E a única maneira de fazer um ótimo trabalho é fazendo o que você ama fazer. Se você ainda não encontrou, continue procurando. Não se contente. Assim como com as coisas do coração, você saberá quando encontrar. E, como qualquer ótimo relacionamento, fica melhor e melhor com o passar dos anos. Então continue procurando e você vai encontrar. Não se contente.

(Steve Jobs)

RESUMO

SCHIDLOWSKI, Lucas Leonardo. Produtividade e qualidade industrial de trigo em diferentes anos e regiões de cultivo. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

A produtividade e a qualidade tecnológica do trigo são influenciadas por fatores genéticos, ambientais e de manejo. A participação do ambiente na definição de caracteres componentes do rendimento e atributos qualitativos de farinha requer extensiva avaliação de genótipos em vários locais durante anos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de anos (2007 a 2011) e regiões de cultivo (Abelardo Luz-SC, Cascavel-PR, Castro-PR, Guarapuava-PR, Não Me Toque- RS e Palotina-PR) sobre a qualidade industrial e produtividade de grãos em conjuntos de ensaios de trigo (*Triticum aestivum* L.), com vistas a recomendação de cultivares e identificação de regiões que maximizem a qualidade de panificação. Foram realizadas as análises de variância conjunta e calculadas as estatísticas de comparação de médias, associação entre caracteres e adaptabilidade e estabilidade dos genótipos às diferentes regiões de cultivo, utilizando análises gráficas GGE Biplot e análises AMMI. Os resultados indicam que todos os caracteres avaliados foram influenciados pelo genótipo (G), ambiente (E) interação GxE. Os caracteres determinantes da qualidade de panificação de trigo têm sua variação fenotípica controlada principalmente pelo efeito genético. As cultivares CD 150, CD 108 e IPR 85 apresentaram excelente comportamento quanto à qualidade de panificação. O ambiente de teste Não-Me-Toque é ideal para seleção de genótipos com foco no rendimento de grãos e massa do hectolitro. Ambientes ideais para a seleção de genótipos com foco na qualidade de panificação incluem, em ordem, Abelardo Luz, Cascavel e Guarapuava.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., interação genótipo x ambiente, ambientes de teste, seleção e recomendação de cultivares.

ABSTRACT

SCHIDLOWSKI Lucas. Produtividade e qualidade industrial de trigo em diferentes anos e regiões de cultivo. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2014.

The productivity and technological quality of wheat is influenced by genetic, environmental and management factors. The environmental contribution in the definition of component traits of yield and quality attributes of flour requires extensive evaluation of genotypes in multiple locations for years. The objective of this study was to evaluate the effect of years (2007-2011) and growing regions (Abelardo Luz-SC , Cascavel - PR, Castro - PR, Guarapuava - PR , Não-Me-Toque - RS and Palotina - PR) on the quality industrial and grain yield in sets of trials of wheat (*Triticum aestivum* L.), with a view to recommending cultivars and identification of regions that maximize the quality of baking. Analyses of joint variance and calculated statistical comparison of means , association between character and adaptability and stability of genotypes to different growing regions, using graphical GGE Biplot analysis and AMMI analysis were performed. The results indicate that all traits were influenced by genotype (G), environment (E) interaction GxE. The determinants of quality characters of wheat bread have their phenotypic variation mainly controlled by genetic effects. The CD 150, CD 108 and IPR 85 cultivars showed excellent behavior in relation to baking quality. The test environment Não-Me-Toque is ideal for selection of genotypes with a focus on yield and hectoliter mass. Ideal environments for the selection of genotypes with a focus on quality of bread making, in order, Abelardo Luz, Cascavel and Guarapuava.

Keywords: *Triticum aestivum* L., genotype x environment interaction, testing, selection and recommendation of cultivars.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico de alveografia mostrando a curva com seus componentes 10

Figura 2 - Coordenada de cromaticidade da cor CIELAB. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 3 - Gráficos da análise de correlação de Pearson para o rendimento de grãos e caracteres determinantes da qualidade de panificação de trigo avaliados em seis locais de ensaios avançados durante cinco safras agrícolas. *, ** - Significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente. **Erro! Indicador não definido.**

Figura 4 - Gráficos da análise de correlação de Pearson para o rendimento de grãos e caracteres determinantes da qualidade de panificação de trigo avaliados seis locais de ensaios avançados durante cinco safras agrícolas. *, ** - Significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente. 30

Figura 5 - Plotagem dos escores dos componentes principais, segundo o modelo GGE biplot, quanto a identificação de ambiente ideal na média de cinco anos (2007 a 2011) dos locais Abelardo Luz (ABL), Cascavel (CSC), Castro (CST), Guarapuava (GVA), Não-Me-Toque (NMT) e Palotina (PTN) para os caracteres Rendimento de Grãos (RG), Massa de Hectolitro (MH), Força de Glúten (W), relação Tenacidade/Extensibilidade (relação P/L), Número de Queda (NQ) e Extensibilidade (L)..... 33

Figura 6 - Análise de ambiente ideal dos locais Abelardo Luz (ABL), Cascavel (CSC), Castro (CST), Guarapuava (GVA), Não-Me-Toque (NMT) e Palotina (PTN) na média de cinco anos (2007 a 2011) para os caracteres Tenacidade (P), Cor L, Cor a e Cor b. 34

Figura 7 - Análise de genótipo ideal proveniente de um conjunto de informações onde inclui seis locais (Abelardo Luz (ABL), Cascavel (CSC), Castro (CST), Guarapuava (GVA), Não-Me-Toque (NMT) e Palotina (PTN)) na média de cinco anos (2007 a 2011) para os caracteres Rendimento de grãos (RG), Massa de Hectolitro (MH), Força de Glúten (W), Tenacidade (P), Número de Queda (NQ) e Extensibilidade (L)..... 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação para a comercialização do trigo brasileiro de acordo com a Instrução Normativa no. 38, aprovada em 30 de novembro de 2010 e válida a partir de 01 de junho de 2011. UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2013.9

Tabela 2 - Comparação de médias para os caracteres rendimento de grãos (RG), massa do hectolitro (MH), falling number (FN), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e força de glúten (W) de cultivares de trigo avaliadas em seis locais durante cinco safras agrícolas.....**Erro! Indicador não definido.**

Tabela 3 - Comparação de médias para os caracteres tenacidade (P), extensibilidade (L), cor L , Cor 'a' e cor 'b' de cultivares de trigo avaliadas em seis locais durante cinco safras agrícolas.23

Tabela 4 - Comparação de médias para os caracteres rendimento de grãos (RG), massa do hectolitro (MH), falling number (FN), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e força de glúten (W) de 19 cultivares de trigo, com médias de anos e locais. 24

Tabela 5 - Comparação de médias para os caracteres tenacidade (P), extensibilidade (L), cor L , cor 'a' e cor 'b' de 19 cultivares de trigo, com médias de locais e anos.25

LISTA DE SIGLAS

COODETEC	Código de Endereçamento Postal
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
PR	Unidade da Federação – Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

ABL	Abelardo-Luz
CSC	Cascavel
CST	Castro
E	Ambiente
ExG	Interação Ambiente x Genótipo
FN	Falling Number
G	Genótipo
GGE	Genotype and genotype-by-environment
GVA	Guarapuava
L	Extensibilidade
MH	Massa de Hectolitro
mm	Milímetros
NMT	Não-Me-Toque
NQ	Número de Queda
P	Tenacidade
P/L	Relação Tenacidade/Extensibilidade
PC1	Componente principal 1 (GGE biplot)
PC2	Componente principal 2 (GGE biplot)
PTN	Palotina
RG	Rendimento de Grãos
VCU	Valor de Cultivo e Uso
W	Força de Glúten

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 CULTURA DO TRIGO.....	8
2.2 QUALIDADE INDUSTRIAL DE PANIFICAÇÃO	8
2.3 ALVEOGRAFIA.....	9
2.4 NÚMERO DE QUEDA.....	11
2.5 COR DA FARINHA	11
2.7.1 Genótipo.....	12
2.7.1 Ambiente de cultivo	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5 CONCLUSÕES	38
6 REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

O trigo é o terceiro cereal mais produzido no mundo, com expressiva importância na economia agrícola global. A área semeada de trigo no Brasil na safra 2013 foi de 2.181,8 mil hectares, sendo que a produção nacional de trigo para o deverá atingir 4.813,8 mil toneladas, representando um incremento de 9,9% em relação à safra passada, fruto do aumento de 15,1% da área plantada em relação a safra anterior (CONAB, 2013). . Estimativas do Ministério da Agricultura preveem um aumento no consumo do trigo acima de 1,3% ao ano.

O Brasil importa aproximadamente metade do trigo que consome. Isso se deve principalmente a questões econômicas que tornam essa cultura pouco atrativa aos agricultores. Dessa forma, melhorar a produtividade e a qualidade de panificação é fundamental para tornar triticultura brasileira mais competitiva. Nesse sentido, o grande desafio dos melhoristas de trigo consiste em disponibilizar, permanentemente, cultivares de trigo com elevada qualidade de panificação e produtividade de grãos.

Atualmente, as exigências do mercado consumidor por trigos com qualidade de panificação superior aumentaram no Brasil. Isso se tornou mais evidente com a publicação da Instrução Normativa Nº 38, de 30 de Novembro de 2010, e da Resolução - RDC Nº 7 de 18 de fevereiro de 2011 (BRASIL, 2011), que determinam os novos padrões qualitativos para a comercialização do trigo. Isto pode ocasionar um impacto negativo na comercialização do grão, caso não se atinja a qualidade mínima desejada pelo segmento.

Fatores genéticos, ambientais e a interação entre ambos são determinantes para o rendimento de grãos e a qualidade de panificação de trigo (CAZETTA et al., 2008; FRANCESCHI et al., 2009; DENČIĆ et al., 2011; FREO et al., 2011, VÁZQUEZ et al., 2012). A ocorrência de interação entre genótipo e ambientes (G×E) limita a obtenção de ganhos genéticos expressivos e dificulta a seleção e recomendação de cultivares. Sendo assim, é necessário realizar avaliações precisas (conduzir ensaios em vários locais e anos) para identificar genótipos adaptados, estáveis e com características agronômicas adequadas.

A atuação do melhoramento genético sobre determinadas características, tanto do rendimento de grãos e seus componentes como dos

atributos qualitativos de farinha, é facilitado ou, em outros casos, dificultado pela ocorrência de fortes associações entre essas características. Muitas vezes a presença de correlação entre um caráter de difícil seleção e outro de fácil seleção favorece a atuação do melhorista através da seleção indireta. Entretanto, existem associações que tornam dificultoso o processo de melhoramento. Exemplo dessa condição é a ocorrência de associação entre farinhas com força de glúten elevada e a coloração escura da farinha (baixos valores de cor L*).

O clima (ambiente de cultivo) é uma das principais causas das variações na produtividade e na qualidade de trigo, no entanto, há inúmeras maneiras de minimizar seus efeitos, tais como o cultivo de genótipos mais adaptados, escolha do local cultivo, época de plantio e a adoção de manejo recomendado. Identificar ambientes e caracteres mais promissores à seleção de genótipos de superior produtividade de grãos e elevada qualidade de panificação é um dos gargalos dos programas de melhoramento genético de trigo.

O objetivo foi avaliar o efeito de anos e regiões de cultivos sobre a expressão de caracteres indicativos da qualidade de panificação, com vistas à recomendação de cultivares e seleção de genótipos superiores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO TRIGO

Segundo estimativa da USDA a safra mundial de trigo está estimada em 711,89 milhões de toneladas para 2013. Porém, o consumo mundial tem apresentado crescimento maior que a produção. Isto devido ao aumento da demanda do uso do trigo na alimentação animal, além do mercado interno na China. No Brasil, o Paraná destaca-se como principal estado produtor de trigo, com 45% da produção brasileira, seguido pelo Rio Grande do Sul com 40% aproximadamente (CONAB, 2013).

O trigo paranaense possui algumas vantagens em relação ao trigo oriundo do Rio Grande do Sul e da Argentina, pois é colhido antes possibilitando ser comercializado antecipadamente, garantindo melhores preços. Além disso, também é favorecido pela proximidade com a Região Sudeste do Brasil, maior centro consumidor do país, permitindo o escoamento da safra com menores custos de transporte (BRUM & MULLER, 2008).

2.2 QUALIDADE INDUSTRIAL DE PANIFICAÇÃO

O termo 'qualidade de panificação de trigo' é utilizado para indicar o desempenho de um genótipo de trigo para determinado produto final. A qualidade da farinha de trigo é uma característica complexa, controlada por vários genes e influenciada pela interação genótipo x ambiente (PARO, 2011).

Conceitos relativos envolvendo a qualidade do grão de trigo dependem do segmento que avalia. Para o moageiro, a qualidade significa matéria-prima uniforme em tamanho e forma, alto peso específico, alto rendimento em farinha e baixos teores de cinzas, coloração desejável do produto final e baixo consumo de energia elétrica durante o processamento industrial. Para o panificador, a farinha de boa qualidade deve possuir alta capacidade de absorção de água, boa tolerância à

mistura, glúten bem balanceado e alta porcentagem de proteínas. Para o consumidor, o trigo de boa qualidade é aquele capaz de produzir pães de grande volume, com texturas interna e externa adequadas, cor clara e alto valor nutritivo (IAPAR, 2001; GUTKOSKI e JACOBSEN NETO, 2002).

A nova normativa de classificação do trigo brasileiro (BRASIL, 2011) elevou os padrões qualitativos para a comercialização do trigo (Tabela 01). Três parâmetros de qualidade são levados em consideração: Força de glúten (W), Estabilidade (EST) e número de queda (NQ). O enquadramento de um genótipo em determinada classe é com base na maior frequência de suas análises numa determinada classe. Estima-se que o trigo do Paraná seja aproximadamente 45% pão e melhorador, 35% doméstico e 20% básico (CONAB, 2013).

Tabela 1- Classificação para a comercialização do trigo brasileiro de acordo com a Instrução Normativa no. 38, aprovada em 30 de novembro de 2010 e válida a partir de 01 de junho de 2011. UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2013.

Classes	Força de Glúten (W)*		Estabilidade (E)**	Número de Queda (NQ)***
Melhorador	300	e	14	250
Pão	220	ou	10	220
Domestico	160	ou	6	220
Básico	100	ou	3	220
Outros Usos	Qualquer	ou	Qualquer	Qualquer

*Valor mínimo expresso em 10-4 joules e determinado pelo teste de alveografia.

**tempo de estabilidade da farinha expresso em minutos, mesurado pelo teste de farinografia.

*** valor mínimo expresso em minutos para a degradação da enzima alfa-amilase e quantificado pelo aparelho Falling Number

2.3 ALVEOGRAFIA

A alveografia é um teste reológico que simula, através de gráficos, o comportamento da farinha durante a etapa de fermentação no processo de panificação. Este parâmetro afere a força e o trabalho mecânico necessário para expandir a massa. Durante o processo acontecem variações de pressão que são registradas por um manômetro que expressa os valores em forma de gráfico (Figura 1). A partir destes valores são computados: força de glúten (W), tenacidade (P), extensibilidade ou elasticidade (L), e a relação tenacidade/extensibilidade (P/L) (GUARIENTI, 1996).

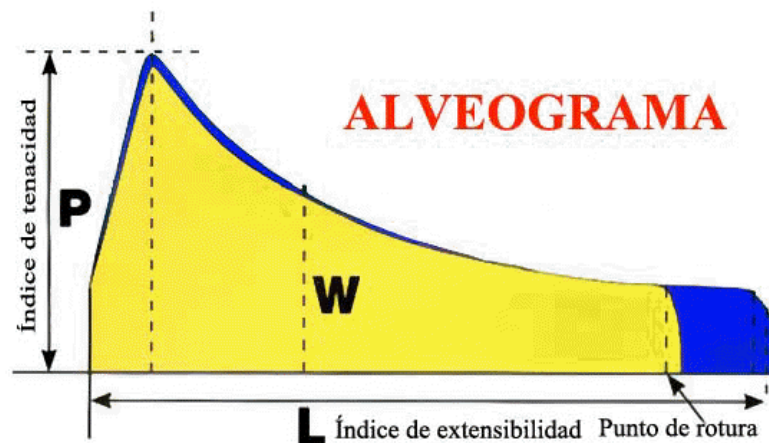


Figura 1- Gráfico de alveografia mostrando a curva com seus componentes. Fonte: AAPROTRIGO

A força de glúten (W) é utilizada normalmente para avaliar a capacidade de uma farinha de trigo em suportar um tratamento mecânico quando misturada com água. A propriedade viscoelástica do glúten hidratado é caracterizada a partir da atuação de plasticidade das gliadinas (VAN DER BORGHT et al., 2005) e viscosidade das gluteninas, gerando resistência à ruptura da massa, ou seja, a capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico, resultam em pães com volume apropriado e com textura interna sedosa (GUTKOSKI et al., 2007; TONON, 2010).

A tenacidade representa a pressão máxima necessária para expandir a massa, enquanto que a extensibilidade indica a capacidade máxima de extensão da massa, sem que haja o rompimento da massa, sendo que os valores são expressos em milímetros (mm). Já a relação (P/L) entre estes dois parâmetros (Tenacidade/Extensibilidade) representa o equilíbrio da massa. Portanto para produção de pães, a farinha de trigo deve conter valores de P/L compreendidos entre 0,50 e 1,20, para esta farinha ser considerada balanceada, já para bolos e biscoitos, necessita-se de uma farinha extensível, exigindo-se valores de P/L abaixo de 0,49, e, para fabricação de massas alimentícias, os valores devem ser superiores a 1,21, significando que esta farinha contém um glúten tenaz, com grande força de coesão (ORTOLAN, 2006).

A estabilidade da massa é um parâmetro indicador de maior resistência ao amassamento, mensurada em minutos. Determina o tempo necessário entre o preparo da massa e o momento de assar o pão. A estabilidade da massa depende,

principalmente, do número de ligações cruzadas entre as proteínas que formam o glúten, bem como da força destas ligações (COSTA et al., 2008). As pontes de hidrogênio e as ligações de enxofre são responsáveis pelas redes tridimensionais entre as proteínas (INDRANI & RAO, 2007).

2.4 NÚMERO DE QUEDA

O número de queda (NQ) ou teste de Falling number (FN) mensura, em segundos, a intensidade de atividade da enzima alfa-amilase no grão (MÓDENES et al., 2009). Essa é a enzima responsável pela conversão do amido em açúcares durante a fermentação (FARONI et al., 2007). A verificação da atividade alfa-amilase em grãos de trigo identifica danos causados por pré-germinação (LÉON, 2007). Quanto maior o NQ menor é a atividade da alfa-amilase no grão e, portanto, melhor sua condição para produzir farinha adequada. Altos valores indicam baixa atividade dessa enzima, enquanto baixos valores indicam alta atividade (MÓDENES et al., 2009).

Altos teores de alfa-amilase em farinhas de trigo têm sido relacionados a três fatores principais, a citar: germinação antecipada do grão de trigo imaturo, síntese de alfa-amilase durante a maturação retardada do grão e germinação do grão após superação da dormência devido ao excesso de precipitação pluvial antecedendo a colheita (INDRANI, RAO, 2007; XU, BIETZ, CARRIERE, 2007). Farinhas com altos teores de alfa-amilase tendem a fornecer produtos pegajosos e de baixo volume. Os valores de NQ das amostras de farinha obtidas de grãos de trigo nacionais apresentaram-se, muitas vezes, compatíveis com o trigo doméstico ou básico (NQ < 220 segundos).

2.5 COR DA FARINHA

O consumidor prefere farinhas mais brancas, embora nem sempre a mais branca seja a de melhor qualidade. A cor resulta de vários fatores, alguns dos quais dependem do genótipo, como o teor de pigmentos (GERMANI e CARVALHO, 2004).

A farinha de trigo pode apresentar diferentes colorações, dependendo do tamanho das partículas, do conteúdo de pigmentos carotenóides e da atividade da

enzima lipoxigenase. As partículas finas, por refletirem uma maior quantidade de luz, geralmente apresentam uma aparência mais branca que as partículas mais grossas.

A cor pode ser avaliada por colorimetria. Os colorímetros Hunter Lab e Minolta são os mais utilizados e apresentam os resultados em diversas faixas de cores, no sistema $L^* a^* b^*$. L mede a intensidade da cor e varia de 0 a 100, sendo o 0 preto total e 100 branco total; a^+ : tonalidade predominante para o vermelho; a^- : tonalidade predominante para o verde; b^+ : tonalidade predominante para o amarelo; b^- : tonalidade predominante para o azul (GUTKOSKI, 2009).

A cor da farinha deriva, principalmente, do seu teor de carotenoides, proteínas, fibras e da presença de impurezas na moagem (quanto mais periférica a farinha, mais próxima do castanho será a sua tonalidade), sendo um importante atributo de qualidade, que se reflete diretamente na aparência do produto final (ORTOLAN, 2006). Os pigmentos carotenóides são responsáveis pela coloração amarelada da farinha. Ao determinar os valores das coordenadas a^* e b^* , obtém-se a cromaticidade de um objeto e ao determinar o valor de L^* , obtém-se um diagrama que corresponde a cromaticidade “versus” a luminosidade do objeto (HECKTHEUER, 1996).

2.7 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DE PANIFICAÇÃO

2.7.1 Genótipo

A escolha correta do cultivar é determinante para a obtenção da qualidade de panificação desejada (GIL et al, 2011; HRISTOV et al, 2010). O fator genótipo determina que a qualidade industrial do trigo possa ser melhorador, pão, doméstico, básico e outros usos (BRASIL, 2011). Vários estudos relatam variabilidade genética de cultivares brasileiros de trigo para parâmetros de qualidade de panificação (MITTELMANN et al., 2000; SCHMIDT et al., 2009).

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. Cada proteína é produto de, pelo menos, um gene, sem haver modificações pós-

tradicionais, excetuando-se a formação de pontes de dissulfeto (CALDEIRA et al., 2000). 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.

2.7.1 Ambiente de cultivo

A qualidade do grão de trigo pode ser definida como resultado da interação do genótipo com as condições que a cultura sofre no campo como as condições de solo, clima, da incidência de pragas e moléstias, manejo da cultura (GUARIENTI et al., 2000; CAZETTA et al., 2008; DENCIC et al., 2011).

Este fato tem sido destacado por diversos autores, 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 (CAZZETA, 2008; TAYYAR, 2010; VÁZQUEZ et al., 2012).

Na região temperada 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).

Regiões de maior altitude têm sido as que apresentam maior rendimento de grãos e menor variabilidade entre safras, especialmente em função da relação entre radiação solar e temperatura do ar (quociente fototermal) no período de 30 dias próximos à antese (CUNHA et al., 2005; CUNHA et al., 2009). O decréscimo do quociente fototermal no sentido leste-oeste faz com que os rendimentos de grãos também diminuam neste sentido.

As condições climáticas entre anos podem afetar positivamente ou negativamente a produção e a qualidade de determinadas safras. A distribuição das chuvas é de grande importância. A ausência de stress hídrico aumenta a disponibilidade de nutrientes para a cultura, melhorando o rendimento de grãos e a qualidade de panificação (XIE et al., 2003; ZHAO et al., 2009). Precipitações cumulativas após a antese menores e maiores do que 50 mm estão associadas à

qualidade tecnológica superior e inferior, respectivamente (PAN et al , 2005; YAN et al, 2001).

Temperaturas elevadas durante a fase de enchimento dos grãos estimulam a síntese de proteína no grão e a translocação de proteína dos órgãos vegetais para os grãos de trigo, porém dificulta a conversão da sacarose em amido (SPIERTZ et al., 2006; DIACONO et al., 2012), aumentando a quantidade de proteína nos grãos, porém com menor rendimento. Entretanto, temperaturas muito elevadas, ou seja, superiores a 32°C, reduzem a duração da fase de enchimento dos grãos e alteram a composição da proteína, diminuindo a qualidade do trigo (CHEN et al , 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi feito com dados de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) conduzido em seis locais de cultivo da região Sul do Brasil (Abelardo Luz – SC, Cascavel - PR, Castro – PR, Guarapuava – PR, Não Me Toque – RS e Palotina – PR), abrangendo um período de cinco anos (2007 a 2011). Foram avaliados 20 cultivares de trigo (CD 104, CD 105, CD 108, CD 110, CD 111, CD 113, CD 114, CD 115, CD 117, CD 119, CD 120, CD 121, CD 123, CD 124, CD 1252, CD 150, CD 154, IPR 85, ONIX). A rede de ensaio é pertencente ao programa de melhoramento de trigo da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (COODETEC).

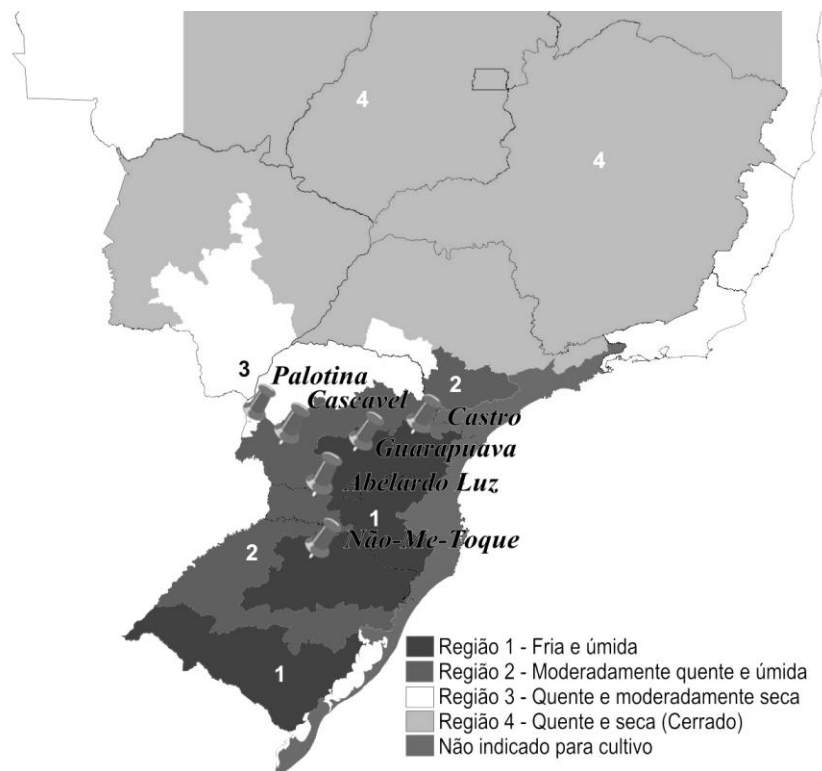


Figura 2 - Locais de ensaios e identificação das regiões de VCU do sul do Brasil realizadas pela COODETEC.

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela constituiu-se de 6 linhas de 5,0 metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20 m, perfazendo uma área de

6,0 m². Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do trigo. Na maturação, procedeu-se a colheita e foi avaliada o rendimento de grãos de trigo (Rend. kg ha⁻¹) e, posteriormente, estimada a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) corrigida a 13% de umidade (base úmida) e a massa do hectolitro (MH, kg/hl).

Para a análise de qualidade de panificação, o conteúdo de grãos das três repetições de cada tratamento foi misturado, obtendo-se uma amostra composta, que foram encaminhadas ao Laboratório do Moinho Cotriguaçu, localizado no município de Palotina.

As características viscoelásticas da farinha de trigo foram mensuradas em alveógrafo Chopin, modelo NG, conforme a AACC (1995), método no 54-30. Foram considerados os seguintes parâmetros dos alveogramas: Força de glúten (W, x10⁻⁴J), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a massa até a ruptura, expressa em 10⁻⁴ Joules; tenacidade (P), que mede a sobrepressão máxima exercida na expansão da massa (mm); extensibilidade (L) que mede o comprimento da curva (mm) e a relação P/L.

O número de queda (NQ ou Falling Number, segundos) da farinha foi determinado pelo aparelho Falling Number, modelo 1500 Fungal (Perten Instruments, Suíça) de acordo com o método nº 56-81B da AACC (1995). A medição da cor foi realizada conforme o método nº 14-22, AACC (2000), determinada em colorímetro Minolta CHROMA METER CR 400s, padronizado com fonte de luz D65 (luz do dia incluindo a radiação UV). A área de mensuração do aparelho foi de 50 mm de diâmetro e o ângulo de medição de 0° C com especular incluída. Foi utilizado o sistema de cor CIELab onde L* (luminosidade – branco/preto), cromaticidade a* (eixo verde/vermelho) e cromaticidade b* (eixo azul/amarelo).

Considerando que os dados são referentes a uma repetição, foi procedida uma análise de variância segundo o delineamento blocos ao acaso, usando os locais como blocos e, havendo diferença significativa (valor-p<0,05) entre anos, pelo teste F, foi aplicado o teste de Scheffé (p≤0,05) para a comparação das médias de anos. Alternativamente, usando os anos como blocos e, havendo diferença significativa (p≤0,05) entre locais, pelo teste F, foi aplicado o teste de Scheffé (p≤0,05) para a comparação das médias de locais. As diferentes épocas dentro de cada local e ano foram consideradas como sendo repetições dentro dos blocos.

Foram estimados os coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres (RG, MH, FN, P, L, P/L, W, Cor L*, Cor a* e Cor b*), dentro de cada ano e dentro de cada local. Para estas análises foi usado o aplicativo NTIA (EMBRAPA, 1997).

A análise de genótipo e ambiente ideal foi realizada através do aplicativo GGE biplot. Essa análise considera os efeitos de genótipo (G) e da interação genótipo x ambiente (GxE) (YAN et al., 2000). Nesta metodologia, apenas o efeito principal de genótipo e da GxE são importantes, devendo ser considerados concomitantemente. Considera-se que o efeito principal do ambiente não é relevante na seleção de cultivares. O modelo GGE biplot não separa G da GxE mantendo-os juntos em dois termos multiplicativos, que podem ser visualizado na seguinte equação. $Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{1j} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{2j} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$:

Em que, Y_{ij} é o rendimento esperado do genótipo i no ambiente j ; μ é a média geral das observações; β_j é o efeito principal do ambiente j ; λ_1 e λ_2 são denominados escores principais e secundários dos componentes principais, PC1 e PC2, respectivamente; ξ_{1j} e ξ_{2j} são os autovetores do genótipo i para PC1 e PC2, respectivamente; ε_{ij} é o resíduo não explicado por ambos os efeitos. A notação Transform= 0 indica que os dados não foram transformados. Não foi utilizado nenhum método de escala (scaling= 0) para essa análise. Por este método de dimensionamento, o comprimento do vetor aproxima da variação fenotípica do local, que pode ser utilizada para exibir a capacidade discriminativa do local (YAN et al., 2007). A notação Centering, se refere ao modelo utilizado, em que Centering=2 contém o efeito de GGE (genótipo + interação genótipo x ambiente). O SVP ou “singular value partitioning” é uma técnica matemática para decomposição de matrizes. O SVP=1, com foco no desempenho genotípico, foi utilizado para a análise do genótipo ideal e o SVP=2, com foco ambiente foi utilizado para a análise do ambiente ideal (YAN et al., 2000). Adicionalmente, foram precedidas análises AMMI1 (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction*) com o objetivo de verificar a contribuição relativa dos efeitos de genótipo (G), ambiente (A) e da interação genótipo x ambiente (GxA) na variação fenotípica dos caracteres avaliados. Esta considera somente o primeiro eixo de cada componente principal (CP1) e o rendimento de cada genótipo em cada ambiente (Y_{ij}) e foi obtida por meio da

seguinte equação: $Y_{ij} = \bar{Y}_i + (IPCA1)_i (IPCA1)_j$, em que, \bar{Y}_i é a média do genótipo em todos os ambientes; $(IPCA1)_i$ é a pontuação do genótipo i no primeiro eixo principal da interação $(IPCA1)$, estimado pela análise de componentes principais; e $(IPCA1)_j$ é a pontuação do ambiente j , sobre o mesmo eixo $(IPCA1)$. Desta forma, o rendimento de cada genótipo em cada ambiente (\tilde{Y}_{ij}), é representado como uma função linear simples da pontuação ambiental $(IPCA1)_j$, isto é, uma equação reta de intercepção $(IPCA1)_i$ (CAMARGO-BUITRAGO et al., 2011).

Para a confecção dos gráficos contidos no presente trabalho foi utilizado o software Sigmaplot V.11.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os anos agrícolas de 2007 e 2010 apresentaram valores de rendimento de grãos (3705,1 e 4113,4 kg ha⁻¹, respectivamente) e massa do hectolitro (79 e 80 kg 100l⁻¹) superiores aos demais anos de avaliação (Tabela 2). Em relação aos locais, Guarapuava ostentou a maior média de rendimento de grãos e de massa do hectolitro de todos os locais (4317 kg ha⁻¹ e 81,1 kg 100l⁻¹, respectivamente), sendo que a menor média de rendimento foi verificada em Palotina (3093,3 kg ha⁻¹).

Tabela 2 - Comparação de médias para os caracteres rendimento de grãos (RG), massa do hectolitro (MH), número de queda (NQ), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e força de glúten (W) de cultivares de trigo avaliadas em seis locais durante cinco safras agrícolas.

	Caracteres avaliados														
	RG (kg ha ⁻¹)			MH (kg 100l ⁻¹)			NQ (Segundos)			P/L		n	W (x10 ⁻⁴ J)		
	n	Médias		n	Médias		n	Médias		n	Médias	n	Médias		
Anos de Avaliação															
2007	82	3705.1	a ¹	71	79.0	ab	83	401.1	a	83	1.061	b	83	222.9	b
2008	100	3192.6	b	100	75.4	cd	100	336.8	b	100	0.954	b	100	232.7	b
2009	92	3177.8	b	92	74.7	d	92	280	c	92	1.101	b	92	238.4	b
2010	45	4113.4	a	45	80.0	a	44	331.8	b	44	1.747	a	44	301.9	a
2011	45	3135.7	b	45	77.2	bc	44	322.9	b	44	0.985	b	44	297.4	a
Locais de avaliação															
ABL	39	3337.7	bc	23	73.0	c	40	320.68	bc	40	0.996	a	40	192.5	b
CSC	96	3458.3	bc	97	76.1	b	97	352.11	ab	97	1.032	a	97	233.27	a
CST	24	3407.0	bc	24	76.2	b	24	324.38	bc	24	1.25	a	24	191.88	b
GVA	36	4316.9	a	34	81.1	a	36	377.97	a	36	0.916	a	36	203.92	ab
NMT	36	3720.6	b	36	71.9	c	36	293.17	c	36	1.115	a	36	179.19	b
PTN	116	3093.3	c	116	77.6	b	116	346.16	ab	116	1.07	a	116	233.95	a
Amplitude dos dados															
	1136.6 – 5490.0			60 - 86			111 - 606			0.21 – 4.93		58 - 477			
Média Geral															
	3411.09			76.76			334.8			1.08		248.12			
Contribuição relativa dos efeitos principais															
E	38.7			62.4			24.42			7.88		12.4			
G	14.8			25.9			49			23.75		84.1			
ExG	23.8			4.4			12.8			64.2		1.4			

ABL: Abelardo Luz - SC; CSC: Cascavel - PR, CST: Castro – PR; GVA: Guarapuava – PR; NMT: Não Me Toque – RS; PTN: Palotina – PR. n: Número de observações. ¹Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scheffé a 5% de probabilidade erro. E – Ambiente. G – Genótipo. ExG – Interação genótipo x ambiente.

Os maiores valores de força de glúten (W) e relação P/L foram observados no ano de 2010, com média geral dos experimentos de 248,12 e 1,08, respectivamente (Tabela 2). De modo geral, os valores de NQ foram elevados para todos os anos e acima do valor requisitado para classificação quanto ao trigo melhorador (250 segundos) (BRASIL, 2010). Para este caractere, Guarapuava foi o local com maior NQ (378 segundos), já o local Não-Me-Toque apresentou o menor

valor (293,17 segundos). O principal fator responsável por baixos valores de NQ são as chuvas em pré-colheita do trigo, a qual desencadeia a germinação afetando a qualidade de panificação.

Para o caractere P o ano agrícola de 2010 apresentou valores superiores aos demais anos de avaliação, já para L os maiores valores foram encontrados no ano de 2011 (Tabela 2). Em relação aos locais de avaliação, não houve diferenças significativas para P, já para L Cascavel, Guarapuava e Abelardo Luz apresentaram a maior média de desempenho deste caractere.

A cor da farinha é um aspecto ao qual o consumidor dá bastante importância, preferindo as farinhas mais brancas. Para este caractere (cor L*) o ano de 2010 e os ambientes de Guarapuava e Castro foram os que tiveram os melhores resultados. Porém a cor da farinha mais branca nem sempre significa mais qualidade de panificação. A cor resulta de vários fatores, alguns dos quais dependem do genótipo, como o teor de pigmentos. Os resultados de cor a* indicam que os anos de 2007, 2008 e 2009 foram que apresentaram os grãos de trigo mais vermelhos e os resultados de cor b* indicam que o ano de 2011 foi o que produziu grãos com maior quantidade de pigmentos amarelos, sendo que os ambientes mais quentes como Palotina e Cascavel maximizaram a expressão deste caractere (Tabela 3).

Os caracteres RG e MH foram influenciados, em maior magnitude, pelo efeito principal de ambiente. Isso ocorre devido a sua expressão ser resultado da ação de vários genes, os quais, por sua vez, são influenciados pelo ambiente. Essa amplitude nos valores de MH em relação aos anos e regiões de cultivo, são possivelmente relacionadas aos efeitos de temperaturas mais elevadas, interferindo na produção e na distribuição de fotoassimilados e formação dos grãos (CAZETTA et al., 2008).

A maior proporção da variância fenotípica de W foi explicada pelo efeito de genótipo (84%) e o efeito de ambiente respondeu por 12% da variabilidade do conjunto de dados (Tabela 2). A força de glúten determina a qualidade funcional de uma farinha pela mensuração da porção insolúvel das proteínas gliadina, responsável pela coesão da massa, e glutenina, responsável pela propriedade de resistência e extensão (XU; BIETZ; CARRIERE, 2007).

Os parâmetros relacionados com a qualidade da proteína foram influenciados, em maior magnitude, pelo efeito principal de genótipo. A combinação de gliadinas e gluteninas é dependente principalmente da constituição genética dos

cultivares (MA et al., 2005; YOUNG et al., 2004). Denčić, Mladenov e Kobiljski (2011) observaram que o efeito de genótipo foi o que mais contribuiu para a variância total dos caracteres ponto de cozimento e farinografia, em comparação ao efeito de locais e anos.

Variabilidade na temperatura pode resultar em variabilidade na composição de proteína do trigo (RANDALL e MOSS, 1990). A variação na composição das proteínas também determina a força de glúten. Em geral, quando a temperatura aumenta ha uma elevação na relação gliadina/glutenina (JOHANSSON et al., 2004) pois as gliadinas são mais sensíveis ao efeito de ambiente (PANOZZO e EAGLES, 2000). Portanto, entende-se a superioridade dos locais Cascavel e Palotina quanto ao valor de W, já que são locais com temperaturas médias superiores em relação aos demais locais avaliados. Vázquez et al (2012) também encontraram grande variabilidade entre ambientes e genótipos para os parâmetros de qualidade e produtividade de grãos.

A relação P/L foi mais afetada pela interação GxE (64,2), porém com uma expressiva contribuição de genótipo (23,75) (Tabela 2). Em contrapartida, Vázquez et al. (2012) observaram que o efeito de ambiente foi mais importante do que o de genótipos para a determinação dos parâmetros P, L e P/L. Segundo Franceschi et al. (2009) a precipitação, a umidade relativa do ar e o excesso hídrico do solo apresentam alta influencia na relação P/L. Segundo Mandarino (1994), o aumento da relação P/L pode ser provocada pelo aumento do teor de gluteninas, que são proteínas com elevada elasticidade e baixa extensibilidade. Altas temperaturas ajudam na elevação de gluteninas resultando, assim, em farinha tenaz.

A ocorrência do processo germinativo do grão de trigo na espiga, antes da colheita (germinação na pré-colheita) é observada em cultivares que possuem grãos com período de dormência extremamente curto, ou inexistente, em locais onde as condições climáticas favoreçam o fenômeno como a elevada umidade no período de colheita (FELICIO et al., 2002; VAN EEDEN e LABUSCHAGNE, 2012). Em genótipos que não apresentam esta característica, a ocorrência de chuvas entre a maturidade fisiológica e a colheita pode provocar a germinação precoce na espiga, fazendo com que diminua os valores de NQ. Observa-se que o efeito de genótipo (49%) e ambiente (24%) formam mais determinantes para a variabilidade dos resultados de NQ (Tabela 2). A elevada contribuição do efeito de ambiente na expressão desse caractere pode estar relacionado a quantidade de genes

envolvidos no controle da característica, que segundo Gubler et al. (2005) é uma característica complexa, governada por muitos genes. Além do número de genes envolvidos, a tolerância à germinação na pré-colheita é dependente da região de cultivo e das interações dos cultivares com ambiente (FLINTHAM, 2000; FLINTHAM et al., 2002; TOHVER et al. 2005, BASSOI et al., 2006).

O ano agrícola de 2010 apresentou valores de cor L^* (93,3) superiores aos demais anos de avaliação (Tabela 3). Em relação aos locais, Guarapuava ostentou a maior média (93,7), sendo que se considera uma farinha branqueadora aquela que possui valor de L^* superior a 93, de a^* próximo à zero (inferior a 0,5 ou negativo) e de b^* inferior a oito. Para cor a^* os anos de 2007 e 2008 apresentaram trigo com grãos mais avermelhados (0,35 e 0,37 respectivamente), já em comparação entre locais Aberlardo Luz obteve a maior média (0,67). Para cor b^* o ano de 2011 obteve a maior média (10,3) e o ambiente que se destacou em relação aos demais foi Palotina (10,17) mostrando que em ambientes mais quentes se destacam para esse caractere.

A aparência de um alimento é uma característica muito importante para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor é uma das propriedades sensoriais mais importantes dos alimentos, tanto naturais como processados. Para os caracteres cor a^* e cor b^* observa-se que o fator genótipo é mais determinante para sua expressão (Tabela 3), no entanto, segundo Pomeranz (1988) as condições climáticas e o local onde o trigo é produzido também podem influenciar a cor da farinha. Para a cor L^* , que determina a cor branca da farinha, observa-se grande influência da interação GxE, porém, com uma maior participação do genótipo em relação ao ambiente, corroborando com os resultados obtidos por Vázquez et al. (2012).

Tabela 3 - Comparação de médias para os caracteres tenacidade (P), extensibilidade (L), cor L, Cor 'a' e cor 'b' de cultivares de trigo avaliadas em seis locais durante cinco safras agrícolas.

	Caracteres avaliados														
	P			L			Cor L		Cor a		Cor b				
	n	Médias		n	Médias		n	Médias	n	Médias	n	Médias			
Anos de Avaliação															
2007	83	78	c	83	82.1	cb	83	92.5	b	81	0.35	a	70	9.61	b
2008	100	78	c	100	91.0	b	100	92.5	b	98	0.37	a	100	9.40	b
2009	92	82	c	92	86.6	cb	92	92.3	b	90	0.19	ab	92	9.50	b
2010	44	111	a	44	76.2	c	44	93.3	a	44	0.00	c	44	9.25	b
2011	44	95	b	42	110.3	a	44	92.3	b	44	0.10	bc	44	10.30	a
Locais de avaliação															
ABL	40	73	a	40	80.6	abc	40	91.6	c	40	0.65	a	40	9.50	bc
CSC	97	83	a	97	97.1	a	97	92.4	bc	97	0.29	abc	97	9.79	ab
CST	24	79	a	24	70.1	c	24	92.8	ab	24	0.03	bc	24	9.34	dbc
GVA	36	72	a	36	84.3	abc	36	93.7	a	36	0.08	c	36	8.97	dc
NMT	36	74	a	36	73.6	bc	36	91.9	bc	36	0.49	ab	36	8.89	d
PTN	116	81	a	116	88.3	ab	116	92.5	bc	116	0.39	abc	95	10.17	a
Acurácia seletiva															
	0.98			0.94			0.97		0.96		0.99				
Amplitude dos dados															
	21 - 212			38 - 175			79.8 - 95.6		-0.8 - 13.47		2.12 - 15.54				
Média Geral															
	83.90			88.43			92.5		0.27		9.56				
Contribuição relativa dos efeitos principais															
E	6.88			36.24			4.27		25.86		2.28				
G	80.07			41.88			15.75		50.48		94.29				
ExG	9.10			12.60			79.90		11.60		1.90				

ABL: Abelardo Luz - SC; CSC: Cascavel - PR, CST: Castro - PR; GVA: Guarapuava - PR; NMT: Não Me Toque - RS; PTN: Palotina - PR. n: Número de observações. AS= acurácia seletiva. ¹Médias seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scheffé a 5% de probabilidade erro. E - Ambiente. G - Genótipo. ExG - Interação genótipo x ambiente.

Dentro de uma região de adaptação, o rendimento de grãos de trigo pode variar entre locais, anos e épocas de semeadura sendo, nestes casos, também influenciado pela interação entre genótipos x ambiente (GxE), ou seja, pelas mudanças na forma com que cada genótipo responde à variação ambiental. Porém neste trabalho não houve diferença estatística entre os genótipos testados, considerando a análise conjunta (Tabela 04). Isso provavelmente se deva a complexidade da manifestação fenotípica deste caráter frente aos efeitos de ambiente nos diferentes locais e anos avaliados. O cultivar IPR 85 apresentou a maior MH (80 kg 100l⁻¹), diferindo apenas do CD 110, que apresentou o pior desempenho.

Para a relação P/L os genótipos que obtiveram os melhores resultados foram o CD 108 e CD 150 (2,98 e 2,25, respectivamente). Farinhas que apresentam valores de P/L abaixo de 0,60 pode ser considerada de glúten extensível, de 0,61 a 1,20 de glúten balanceado, e valores de P/L acima de 1,21 de glúten tenaz (GERMANI, 2007). O cultivar ONIX apresentou o maior valor de FN (399 segundos). Segundo o obtentor, este genótipo é classificado como moderadamente resistente a

germinação na espiga. Porém, todos os genótipos apresentaram valores de FN maiores que 250, um dos requisitos para a farinha ser enquadrada na classe de trigo melhorador.

A força de glúten é umas das principais características para avaliar a qualidade industrial do trigo, normalmente utilizada para designar a maior ou menor capacidade de uma farinha sofrer tratamento mecânico ao ser misturada com água. Também é associada à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico resultam em pão de volume aceitável, textura interna sedosa e de granulometria aberta (DOBRASZCZYK; MORGENSTERN, 2003; MITTELMANN et al., 2000). Na Tabela 4 é possível observar que o genótipo CD 150 apresentou o maior valor de W (392×10^{-4} J), não diferindo estatisticamente de IPR 85 e CD 108. Assim, a farinha destes cultivares é indicada para uso em mesclas com outros trigos para aumentar a força de glúten. Os genótipos CD 105 e CD 115 apresentaram os menores valores de W, sendo nitidamente destinados à alimentação animal ou outro uso industrial se encaixando na classificação para usos básicos.

Tabela 4 - Comparação de médias para os caracteres rendimento de grãos (RG), massa do hectolitro (MH), Numero de Queda (NQ), relação tenacidade/extensibilidade (P/L) e força de glúten (W) de 19 cultivares de trigo, com médias de anos e locais.

	Caracteres avaliados														
	RG (kg ha ⁻¹)			MH (kg 100l ⁻¹)			NQ (Segundos)			P/L		W (x10 ⁻⁴ J)			
	n	Médias		n	Médias		n	Médias		n	Médias	n	Médias		
Cultivares															
CD104	17	3113	a	17	77	ab	16	357	ab	16	1.32	bc	16	307	abcde
CD105	23	3643	a	22	75	ab	23	314	ab	23	0.55	c	23	135	i
CD108	18	3415	a	17	78	ab	18	345	ab	18	2.98	a	18	346	abc
CD110	14	3049	a	13	73	b	14	378	ab	14	0.70	c	14	177	ghi
CD111	20	3343	a	19	76	ab	20	340	ab	20	1.20	c	20	323	abcd
CD113	18	3353	a	17	75	ab	18	301	ab	18	0.84	c	18	185	fghi
CD114	24	3825	a	24	78	ab	25	298	b	25	1.44	bc	25	268	fcde
CD115	19	2795	a	18	74	ab	19	300	b	19	0.80	c	19	137	i
CD117	24	3205	a	24	77	ab	24	355	ab	24	0.88	c	24	286	bcde
CD119	22	3537	a	21	78	ab	22	307	ab	22	0.63	c	22	146	hi
CD120	23	3305	a	22	77	ab	23	326	ab	23	0.62	c	23	150	hi
CD121	23	3558	a	22	77	ab	23	324	ab	23	0.92	c	23	194	fghi
CD123	17	3659	a	16	78	ab	17	344	ab	17	1.05	c	17	246	fgde
CD124	19	3530	a	19	75	ab	18	345	ab	18	1.10	c	18	273	fcde
CD1252	17	3382	a	17	79	ab	17	343	ab	17	0.80	c	17	289	bcde
CD150	22	3638	a	22	79	ab	22	340	ab	22	2.25	ab	22	392	a
CD154	16	3638	a	16	76	ab	16	331	ab	16	0.87	c	16	354	abc
IPR85	12	2868	a	12	80	a	12	372	ab	12	1.25	c	12	363	ab
ONIX	16	3539	a	15	78	ab	16	399	a	16	1.10	c	16	226	fghe

São numerosos os fatores que podem afetar a proteína de grãos, vários incontrolláveis, outros, mais ou menos manejáveis. Porém a composição da proteína depende do genótipo. Para o caractere P o genótipo CD 108 foi que se destacou em relação aos demais (155,3) já os genótipos CD105, CD 119 e CD 120 obtiveram as menores média (49,0, 51,1 e 53,1 respectivamente). Já para L diversos genótipos se destacaram, principalmente CD 1252 E CD 117 que apresentaram as maiores médias (109 e 108, respectivamente), sendo que o CD 108 obteve a menor média (56,0).

A cor da farinha é um importante atributo de qualidade, que se reflete diretamente na aparência do produto final (ORTOLAN, 2006). Para a cor L os genótipos que tiveram os maiores valores foram CD 115 e CD 123 (não diferiram estatisticamente de outros nove cultivares) podendo ser classificados como trigos branqueadores, ideais para serem utilizados em mesclas. Os cultivares CD 154 (0,70) e 104 (0,60) apresentaram os melhores desempenho para cor a*, indicando que apresentam tonalidade predominante para o vermelho. Já em relação a cor b*, o cultivar CD 108 (13.9) obteve a maior média, ou seja, este genótipo apresenta um elevado de teor de carotenoides que lhe conferem uma cor mais amarelada do grão, uma boa característica para produção de massas e macarrões. Porém, em mesclas para panificação, devem ser misturadas outras farinhas com aspecto branqueador, ou mesmo, submeter a farinha a tratamento químico.

Tabela 5 - Comparação de médias para os caracteres tenacidade (P), extensibilidade (L), cor L , cor 'a' e cor 'b' de 19 cultivares de trigo, com médias de locais e anos.

	Caracteres avaliados														
	P			L			Cor L			Cor a		Cor b			
	n	Médias		n	Médias		n	Médias		n	Médias				
Cultivares															
CD104	16	110.4	bc	15	90	ab	16	92.3	abc	15	0.60	ab	16	8.5	def
CD105	23	49.0	f	23	97	a	23	92.6	abc	23	-0.11	cd	23	11.0	cb
CD108	18	155.3	a	18	56	b	18	91.0	c	18	-0.15	d	18	13.9	a
CD110	14	65.1	dfe	14	99	a	14	92.0	bc	14	0.41	abcd	14	10.0	cbde
CD111	20	96.6	dce	20	87	ab	20	92.2	abc	19	0.39	abcd	20	9.1	def
CD113	18	68.6	dfce	18	86	ab	18	90.6	c	16	0.51	ab	18	10.3	cbd
CD114	25	103.3	dbce	25	76	ab	25	91.7	c	24	0.03	bcd	24	11.6	b
CD115	19	62.8	fe	19	82	ab	19	94.4	a	19	0.25	abcd	19	6.4	h
CD117	24	88.8	dfce	23	108	a	24	91.5	c	23	0.32	abcd	24	10.8	cbd
CD119	22	51.1	f	22	91	ab	22	94.3	ab	22	0.22	abcd	20	7.3	gh
CD120	23	53.1	f	23	90	ab	23	94.2	ab	23	0.08	bcd	21	7.3	gh
CD121	23	68.2	dfce	23	83	ab	23	94.3	ab	23	0.06	bcd	21	7.4	gh
CD123	17	78.1	dfce	17	85	ab	17	94.3	a	17	-0.08	cd	15	8.3	gf
CD124	18	90.8	dfce	18	93	a	18	91.3	c	18	0.58	ab	18	9.8	cdef
CD1252	17	76.8	dfce	17	109	a	17	92.2	abc	17	0.46	abc	16	9.4	cdef
CD150	22	142.4	ab	22	75	ab	22	91.8	c	22	0.05	bcd	22	11.5	b
CD154	16	90.9	dfce	16	105	a	16	92.5	abc	16	0.70	a	16	8.3	gf
IPR85	12	107.7	dbc	12	92	a	12	92.1	abc	12	0.59	ab	12	9.4	cdef
ONIX	16	79.8	dfce	16	76	ab	16	92.1	abc	16	0.25	abcd	13	10.6	cbd

Estudos que venham elucidar o grau de associações entre dois caracteres são importantes para os programas de melhoramento. Na Figura 1 é possível visualizar, graficamente, correlações existentes entre o rendimento de grãos e caracteres indicativos da qualidade de panificação em diferentes anos (Figura 1a,c) e locais de avaliação (Figura 1b,d). Em dois anos (2007 e 2009) e em todos os locais onde os experimentos foram conduzidos, o rendimento de grãos e massa do hectolitro foram positivamente associados (r^2 variando de 0,3 a 0,9**). Condições de ambiente (disponibilidade de radiação, excesso de precipitação, estresse hídrico) e fatores bióticos (pragas, doenças, entre outras) limitantes ao enchimento de grãos, são as possíveis causas da não consistência da associação (diferenças de magnitude) entre anos de avaliação. Quanto ao efeito de locais, a maior associação entre RG e MH foi observada em Castro ($r=0,90^{**}$) e a menor em Cascavel ($r=0,30^{**}$). Tayyar (2010) também encontrou correlação significativa entre o rendimento de grãos e a massa do hectolitro ($r=0,312^{**}$). Em Castro, ocorreu associação positiva e de elevada magnitude entre o rendimento de grãos e força de glúten ($r=0,60^{**}$). Esse ambiente, localizado na região sul do estado do Paraná, apresenta elevado quociente fototermal que, possivelmente, condiciona melhor enchimento de grãos e atributos determinantes da qualidade de panificação.

O rendimento de grãos apresentou correlação positiva com a cor L, apenas em 2009, porém de baixa magnitude, com base nesses resultados podemos verificar a dificuldade de se obter trigos de alto rendimento com farinha branca e de alta força de glúten. Em relação à cor “a”, a qual expressa, em valores positivos, a tendência à coloração vermelha da farinha, o rendimento de grãos apresentou associação negativa significativa em três anos (2007, 2008 e 2009) e com relativa consistência entre anos. Para os locais Castro ($r=-0,50^{**}$) e Não-Me-Toque ($r=-0,40^{**}$), a correlação negativa desses parâmetros foi de elevada magnitude.

A força de glúten (W) é uma medida composta da elasticidade e extensibilidade, e, por conseguinte, é indiretamente afetada pelo teor de proteína, devido à influência deste em L (EDWARDS et al, 2007). O parâmetro massa do hectolitro se correlacionou com a força de glúten nos anos de 2007 ($r=0,40^{**}$), 2008 ($r=0,30^{**}$) e 2009 ($r=0,25^{**}$) e no local Castro ($r=0,60^{**}$). Anos e/ou locais que maximizaram o enchimento de grãos e não apresentaram fatores bióticos e abióticos limitando o acúmulo de proteínas (gliadinas e gluteninas), provavelmente expliquem

essa associação positiva. Massa do hectolitro também foi correlacionada positivamente com a elasticidade e cor L ($r=0,30^{**}$ e $r=0,35^{**}$, respectivamente) e negativamente com a cor “a”, chegando a $r=-0,60^{**}$ em Não-Me-Toque.

O valor de P é de particular interesse, uma vez que é um indicador do comportamento elástico de massa ou da resistência à deformação (EDWARDS et al, 2007). A avaliação da força de glúten presente em uma determinada farinha é função da área formada pelos valores de P (altura da curva) e L (Comprimento da curva) obtidas no aparelho denominado Alveógrafo. Teoricamente, ambos os parâmetros deveriam correlacionar-se com os valores de W, porém apenas P correlacionou-se significativamente em todos os anos e locais, com associações positivas de magnitude moderada a elevada, corroborando com os resultados de encontrados por Tayyar (2010). Por outro lado, observa-se na Figura 3 que o parâmetro L foi negativamente associado com W, em todos os anos e na maior parte dos locais. A partir dos resultados de alveografia pode-se saber qual o destino da farinha que está sendo analisada, se a mesma será destinada à produção de pães (glúten forte, ou seja, quando há um equilíbrio entre P e L) ou à produção de bolos e outros produtos de confeitaria (glúten fraco, P baixo e elevado L). Em análise de componentes principais com dados de atributos de qualidade, Vázquez et al. (2012) obtiveram relação entre W e P, enquanto que L se distanciou de W na análise gráfica, fazendo parte de outro grupo de associação.

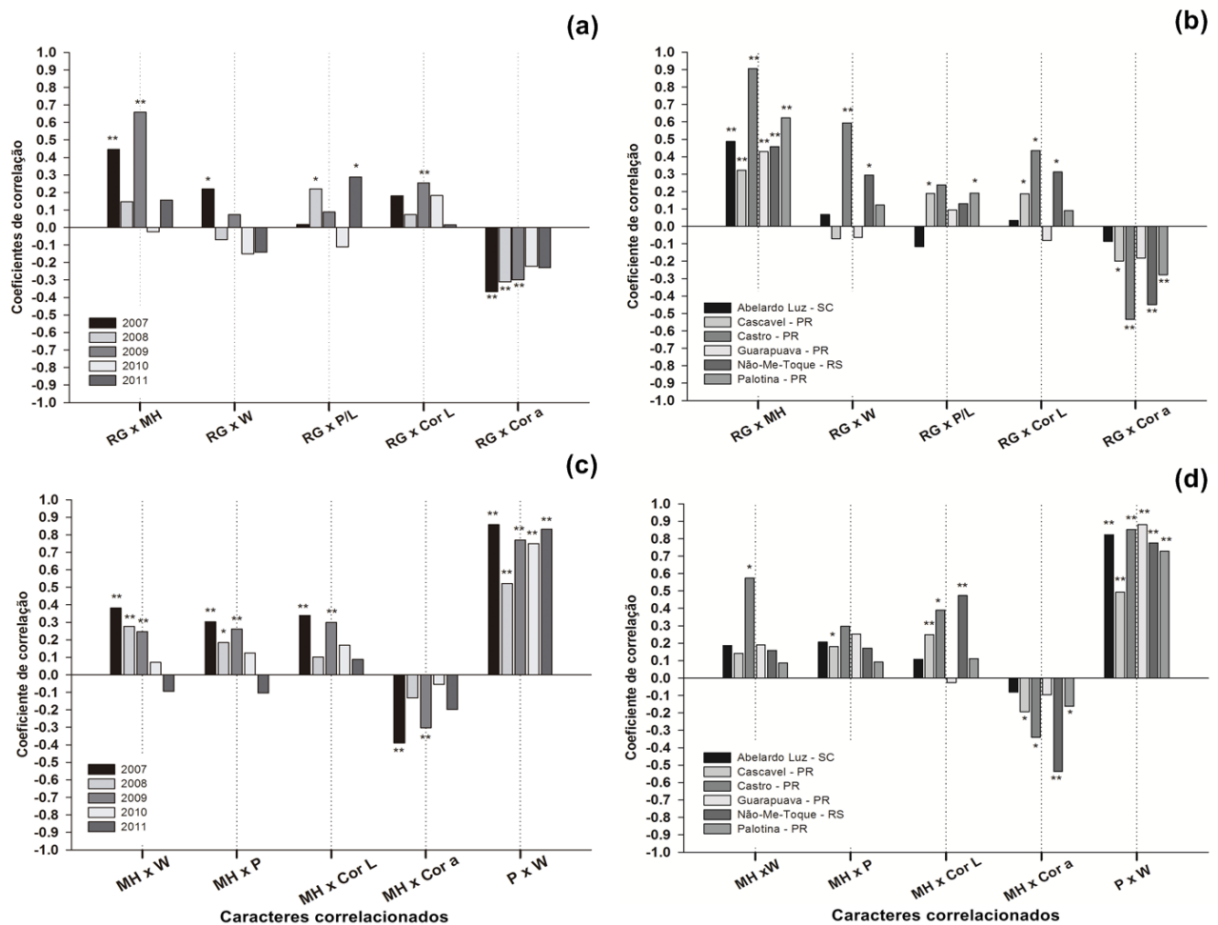


Figura 3- Gráficos da análise de correlação de Pearson para o rendimento de grãos e caracteres determinantes da qualidade de panificação de trigo avaliados em seis locais de ensaios avançados durante cinco safras agrícolas. *, ** - Significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente.

Massa do hectolitro foi correlacionada de forma positiva com número de queda, porém, sem consistência entre anos e locais de avaliação (Figura 3). Anos e/ou locais com condições propícias ao bom enchimento de grãos e sem chuva na pré-colheita provavelmente sejam responsáveis pelas associações positivas entre MH x NQ. De acordo com Lukow et al. (2013), variações na coloração da farinha são principalmente atribuída a flutuações nas condições climáticas anuais. Portanto, inconsistências em correlações envolvendo cor de farinha pode ser resultado de expressivas variações ambientais ao longo do tempo (anos) e espaço (locais). Ainda, em relação à cor de farinha, “a” e “b” foram correlacionadas inversamente, de forma significativa, nos anos de 2010 e 2011 e no local Guarapuava, corroborando com exposto por Lukow et al. (2013).

Força de glúten com número que queda obteve uma correlação positiva

entre os anos estudados, principalmente nos anos de 2007 e 2008 que tiveram uma correlação altamente positiva ($r=0,40^{**}$ e $r=0,30^{**}$, respectivamente). Já em relação aos locais essa associação não se mostrou consistente. Branlard et al. (1991) avaliando os parâmetros de qualidade do trigo encontraram fraca correlação entre o número de queda e a força de glúten.

Força de glúten mostrou-se associada negativamente com a cor L e positiva com cor “b” em todos os anos e na maior parte dos locais. Esses resultados nos mostram a dificuldade dos programas de melhoramento em desenvolver cultivares que apresentem elevada força de glúten e farinha branqueadora (Figura 04). Cor “b” da farinha foi altamente correlacionada com P e com P/L, indicando que ambientes com alto valor de P e relação P/L terão um alto valor de cor b^* , juntamente com altos valores de W. Esta correlação ocorre geralmente em locais mais quentes como mostra os resultados de Lukow et al., (2013), que observaram associação moderada da cor b^* com P/L tanto em lugares de temperatura máxima média ($r=0,42$) como com temperatura máxima extrema ($r= 0,42$); segundo esse autor a temperatura máxima média foi responsável por 21% da variação na expressão da cor b^* .

Quanto maior o valor de P menor a intensidade da coloração branca da farinha (em todos os anos e na maior parte dos locais – Figura 04 explicando, portanto, a correlação negativa existente entre W e cor L, uma vez que W e P são positivamente correlacionados (Figura 03). Esta situação reflete a dificuldade de se obterem genótipos que aliem qualidade de panificação com farinha branqueadora. Em Castro e Não-Me-Toque o parâmetro W não foi significativamente associado com cor L, sendo estes os locais indicados para seleção de genótipos que aliem elevada força de glúten e farinha branqueadora. Para esses dois locais de teste, W também não apresentou correlação com cor “b” da farinha.

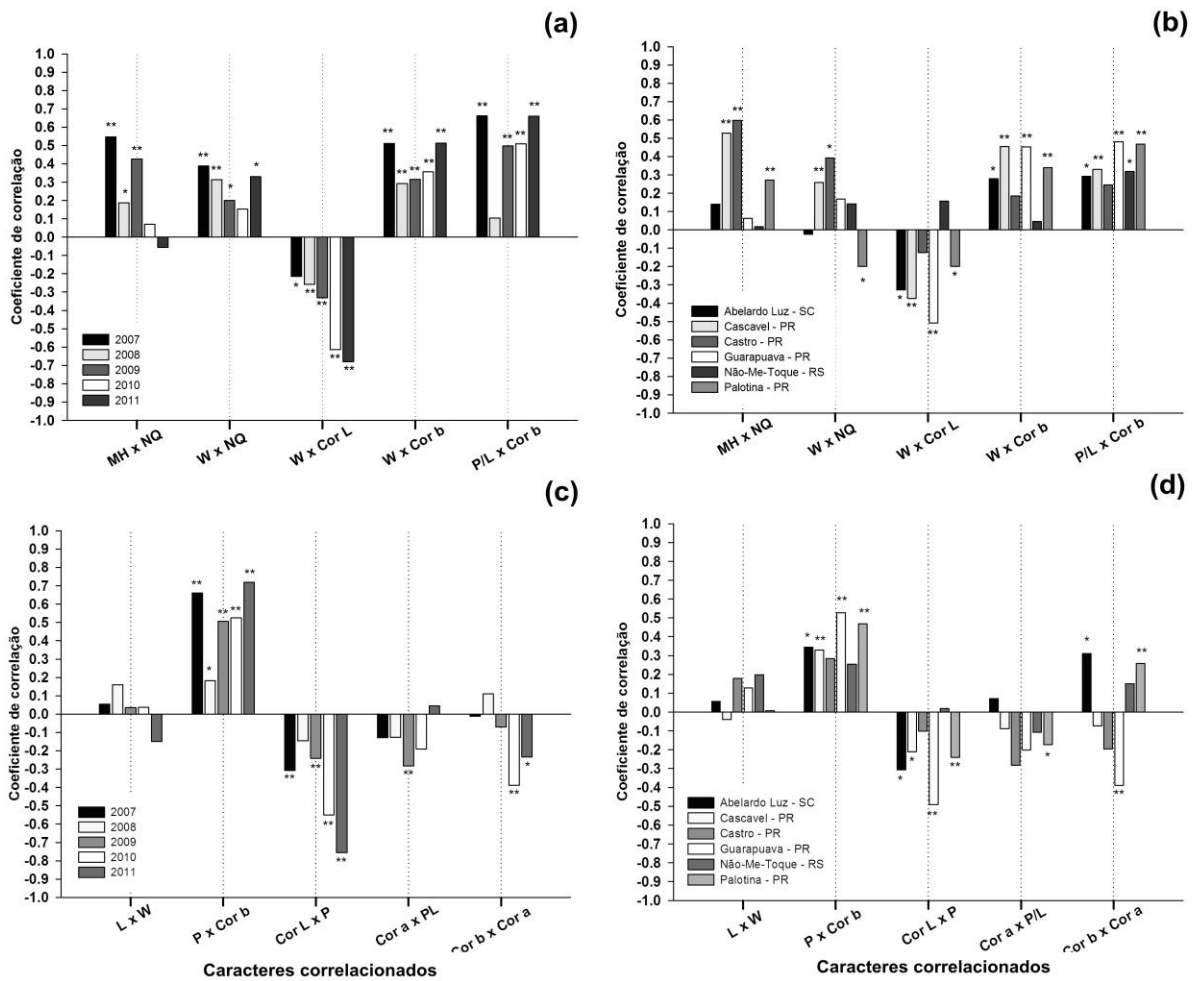


Figura 2- Gráficos da análise de correlação de Pearson para o rendimento de grãos e caracteres determinantes da qualidade de panificação de trigo avaliados seis locais de ensaios avançados durante cinco safras agrícolas. *, ** - Significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente.

Diversos autores observaram efeitos significativos de genótipo (G), ambiente (E) e da interação (GE) sobre os caracteres de qualidade de panificação (GRAUSGRUBER et al., 2000; EDWARDS et al., 2007; DENČIĆ; MLADENOV; KOBILJSKI, 2011; VÁZQUEZ et al., 2012; LI et al., 2013; MALIK, KUKTAITE, JOHANSSON, 2013; MAPHOSA et al., 2013), indicando, portanto, a necessidade de se encontrarem locais mais adequados à seleção de genótipos com superior qualidade de panificação.

Um ambiente de teste ideal deve discriminar os melhores genótipos e ser representativos de todos os ambientes de teste, ou seja, deve apresentar um alto escore de PC1 (maior poder de discriminação de genótipos) e pontuação nula no

PC2 (maior capacidade de representar todos os outros ambientes). Também, quanto maior o comprimento do vetor de um local de teste, maior a sua capacidade discriminativa (diferenciação de genótipos) e quanto menor o ângulo do vetor de local (em relação ao eixo de seta única), maior a representatividade deste local em relação ao conjunto de locais avaliados (YAN & KANG, 2003; YAN & TINKER, 2006). Ambientes discriminantes e representativos favorecerem a seleção de cultivares com adaptação ampla, enquanto ambientes discriminantes, mas não representativos, podem ser úteis para descartar genótipos instáveis. Da mesma forma que ambientes não discriminantes e não representativos são pouco úteis em redes experimentais de ensaios e devem ser descartados.

Para o caráter força de glúten, os ambientes mais próximos ao círculo concêntrico foram Abelardo Luz, seguido de Cascavel e Guarapuava, sendo, portanto, ambientes próximos ao ideal e devem ser preconizados para a seleção de linhagens com melhor desempenho para este parâmetro (Figura 05). Para o rendimento de grãos, o ambiente de Não-Me-Toque, seguido por Abelardo Luz e castro foram superiores na expressão deste caráter. De acordo com Cunha et al. (2009) e Benin et al. (2013), regiões de maior altitude apresentam superiores níveis de rendimento de grãos, especialmente em função da relação entre radiação solar e temperatura do ar (Quociente Fototermal). Essas condições ambientais alongam a duração das fases fenológicas da cultura e proporcionam uma maior diferenciação de perfilhos e primórdios florais (MAGRIN et al., 1993; BASSU et al., 2010).

Embora ambientes ideais possam não existir realmente, eles podem ser utilizado como referência para seleção de genótipos em ensaios multi-ambientes (KAYA et al., 2006). Em estudo envolvendo a qualidade de cultivares de trigo na América Latina, Vázquez et al. (2012) comprovaram a importância dos ambientes de cultivo na qualidade de panificação, sugerindo que a seleção deve ser feita em ambientes específicos.

O número e queda (NQ) é um parâmetro de fundamental importância, principalmente no momento da comercialização e também é utilizada para determinação de mesclas de farinhas. Essa característica é quase que exclusivamente influenciada por efeitos principais ambientais e genotípicos (GRAUSGRUBER et al., 2000). No presente trabalho, o ambiente Castro se mostrou próximo ao ambiente ideal, sendo discriminativo (diferenciando genótipos) e representativo dos demais ambientes avaliados.

Para o caractere de tenacidade (P) o ambiente Guarapuava foi o mais discriminativo e representativo, entretanto, para extensibilidade (L) não houve uma clara diferenciação de ambientes, acontecendo o mesmo para a relação P/L, sendo que para esta relação apenas Palotina apresentou uma maior capacidade de discriminar genótipos, ou seja, apresentou um alto escore em PC1 (Figuras 3 e 4).

As gliadinas e as gluteninas são responsáveis pelas propriedades reológicas das massas, mas suas funções são divergentes. Gliadinas hidratadas contribuem principalmente na viscosidade e na extensibilidade da massa, apresentando pequena elasticidade e baixa coesividade. Ao contrário, gluteninas hidratadas são coesivas e elásticas fornecendo às massas força e elasticidade (WANG et al., 2006; WIESER, 2007). Embora a distribuição de proteínas do glúten, gliadinas e gluteninas, seja fortemente dependente do genótipo do trigo, condições ambientais como temperatura, umidade e fertilização afetam a quantidade e a composição das proteínas do glúten (MORAES et al., 2011). Isso explica as diferenças observadas entre ambientes de teste. Através da Figura 5 é possível identificar os locais Abelardo Luz, Cascavel e Guarapuava como sendo ambientes ideais para a seleção com foco no caráter força de glúten.

A cor é um fator importante na aceitação e consumo da farinha de trigo. Os consumidores citam a cor como sendo um dos motivos para a rejeição da farinha, portanto, um dos principais fatores para o seu consumo (SILVA, 2003). Portanto, maiores valores L^* , descrito como maior brancura e brilho são considerados especialmente importantes para a aceitação do consumidor, enquanto os valores L^* baixos indicam descoloração indesejável ou escurecimento (FEILLET et al., 2000).

O ano da colheita e o local do plantio (condições climáticas) podem afetar a cor da farinha de trigo (ORTOLAN & MIRANDA, 2010). Entretanto, conforme observado na Figura 06, não houve uma clara diferenciação entre ambientes quanto suas discriminâncias e representatividades para cor a^* , b^* e L^* . Isto devido ao baixo número de genes que controlam estes caracteres, ou seja, quanto menor o número de genes, menor é o efeito do ambiente em expressar esta característica. Como apresentado na Tabela 3 que o ambiente teve pouca influencia para esses caracteres (25,86%, 2,28%, e 4,27% respectivamente).

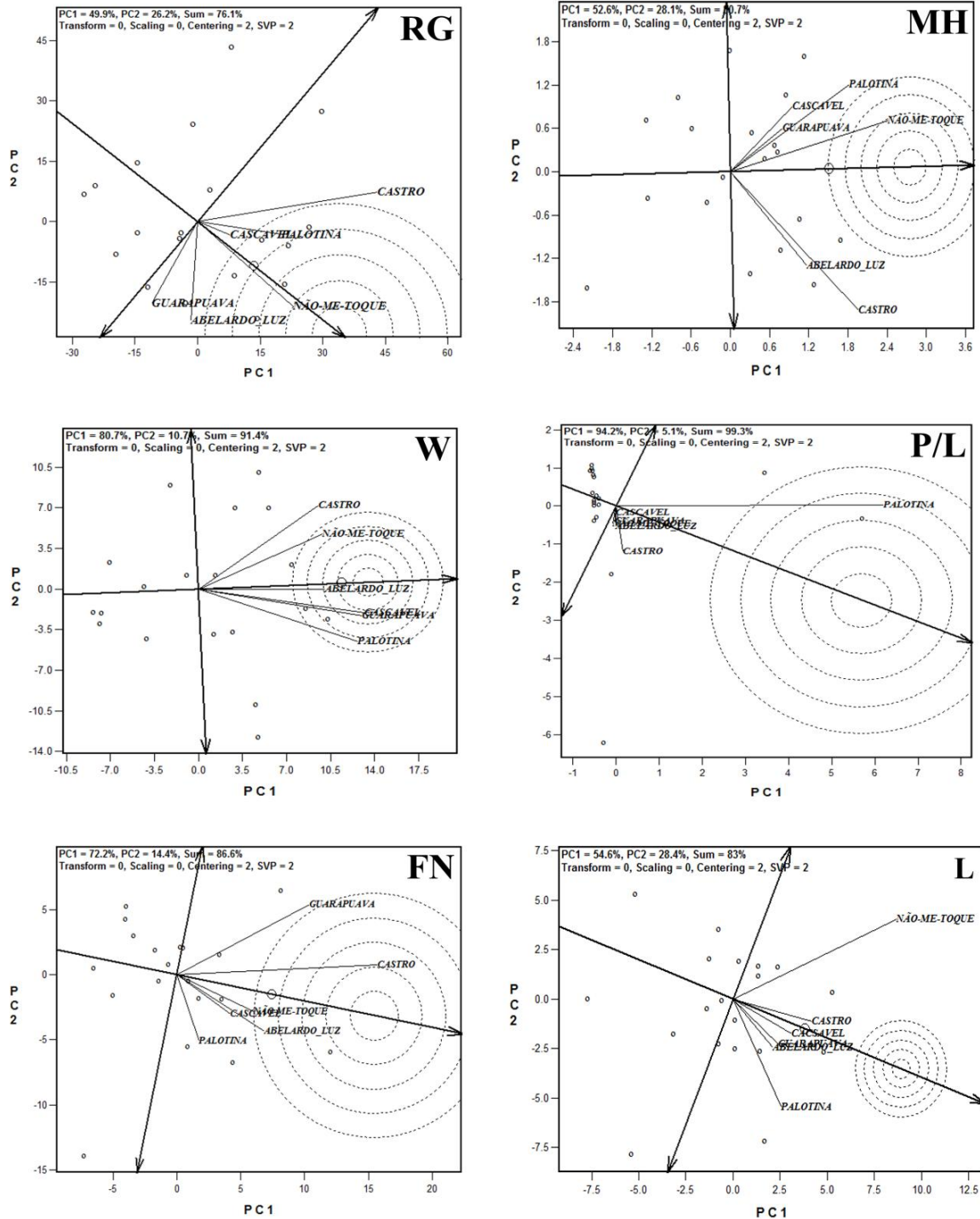


Figura 3- Plotagem dos escores dos componentes principais, segundo o modelo GGE biplot, quanto a identificação de ambiente ideal na média de cinco anos (2007 a 2011) dos locais Abelardo Luz (ABL), Cascavel (CSC), Castro (CST), Guarapuava (GVA), Não-Me-Toque (NMT) e Palotina (PTN) para os caracteres Rendimento de Grãos (RG), Massa de Hectolitro (MH), Força de Glúten (W), relação Tenacidade/Extensibilidade (relação P/L), Número de Queda (FN) e Extensibilidade (L).

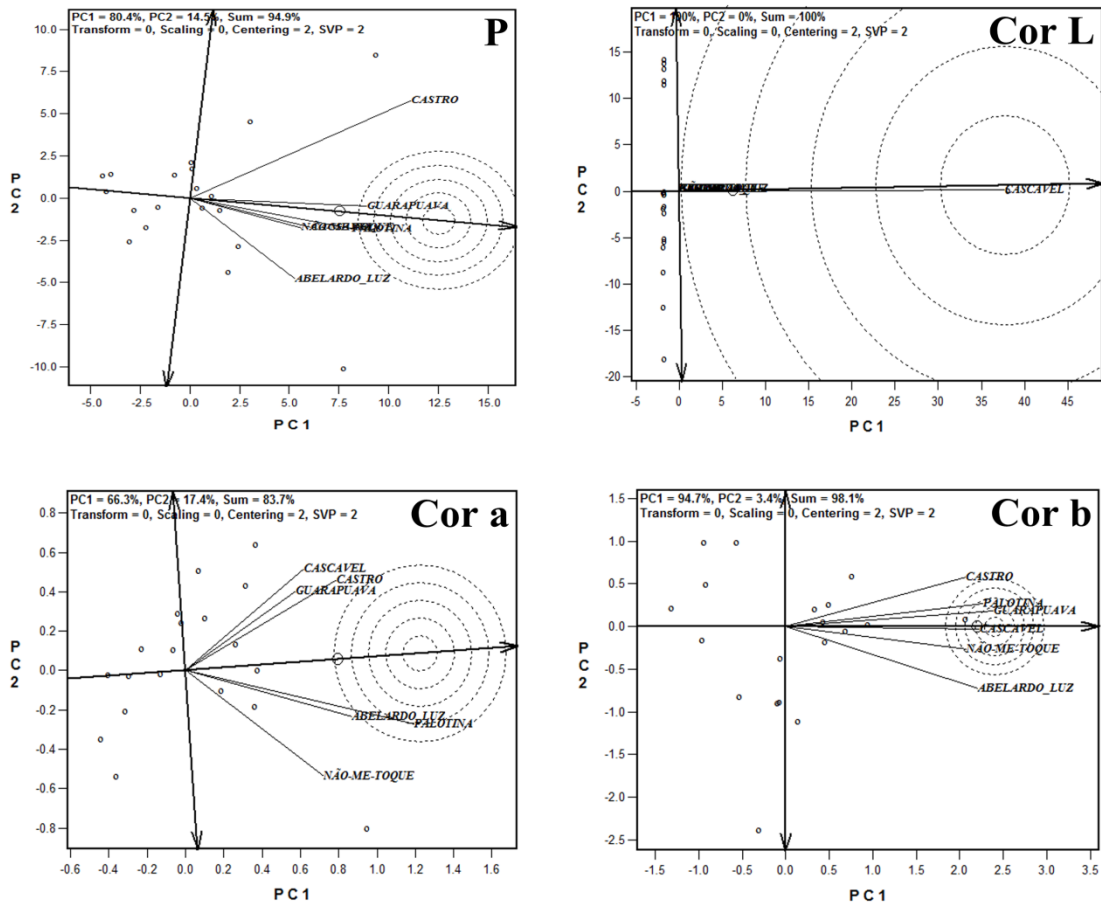


Figura 4- Análise de ambiente ideal dos locais Abelardo Luz (ABL), Cascavel (CSC), Castro (CST), Guarapuava (GVA), Não-Me-Toque (NMT) e Palotina (PTN) na média de cinco anos (2007 a 2011) para os caracteres Tenacidade (P), Cor L, Cor a e Cor b.

O estabelecimento de estratégias que vise ao aumento da produtividade deve abranger o maior aproveitamento das condições de campo, onde genótipos de trigo devem interagir de forma benéfica com diferentes situações de ambiente e de manejo, ou seja, é necessário desenvolver e identificar genótipos que maximizem o aproveitamento de estímulos específicos de ambiente com resposta sobre o rendimento de grãos (SILVEIRA et al., 2010).

Neste sentido, com base na análise GGE biplot, o cultivar ideal é definido com base em dois critérios: alta produtividade e estabilidade (YAN e KANG, 2003). Este genótipo é definido graficamente pelo vetor de maior comprimento no PC1 e sem projeções em PC2, ou seja, deve estar mais próximo do menor círculo concêntrico central.

A análise de “cultivar ideal” para o caractere RG identificou os genótipos CD

114, CD 154, CD 124, CD 121, CD 105, CD 1252 e CD 150 como os mais produtivos e estáveis (Figura 05). Para MH, os genótipos CD 150, CD 123, ONIX, CD 114 e CD 105 se destacaram em relação aos demais. Quanto a força de glúten (W), os cultivares CD 111, CD 108 e CD 150 estão inseridos no círculo concêntrico, indicando que apresentam elevado valor quanto a este parâmetro, com estabilidade de desempenho entre locais e anos de avaliação. As cultivares CD 104, CD 117 e CD 124 também se destacaram quanto ao desempenho do parâmetro W.

Nesse contexto, as cultivares Onix seguido por CD 110, CD 108, CD 124, CD 1252, CD 104 e CD 117 foram às localizadas mais próximo do ambiente ideal quanto a germinação na espiga (FN), podendo se indicadas para cultivo em regiões propensas a chuvas na pré-colheita (Figura 5). Analisando o caractere P podemos verificar que os genótipos CD 108, CD 150, IPR 85, seguidos por CD 124 e CD 104 se destacaram quanto o desempenho do parâmetro P. Já em relação ao parâmetro L, o cultivar CD 117 se mostrou superior, seguido por CD 105, CD 110, CD 1252.

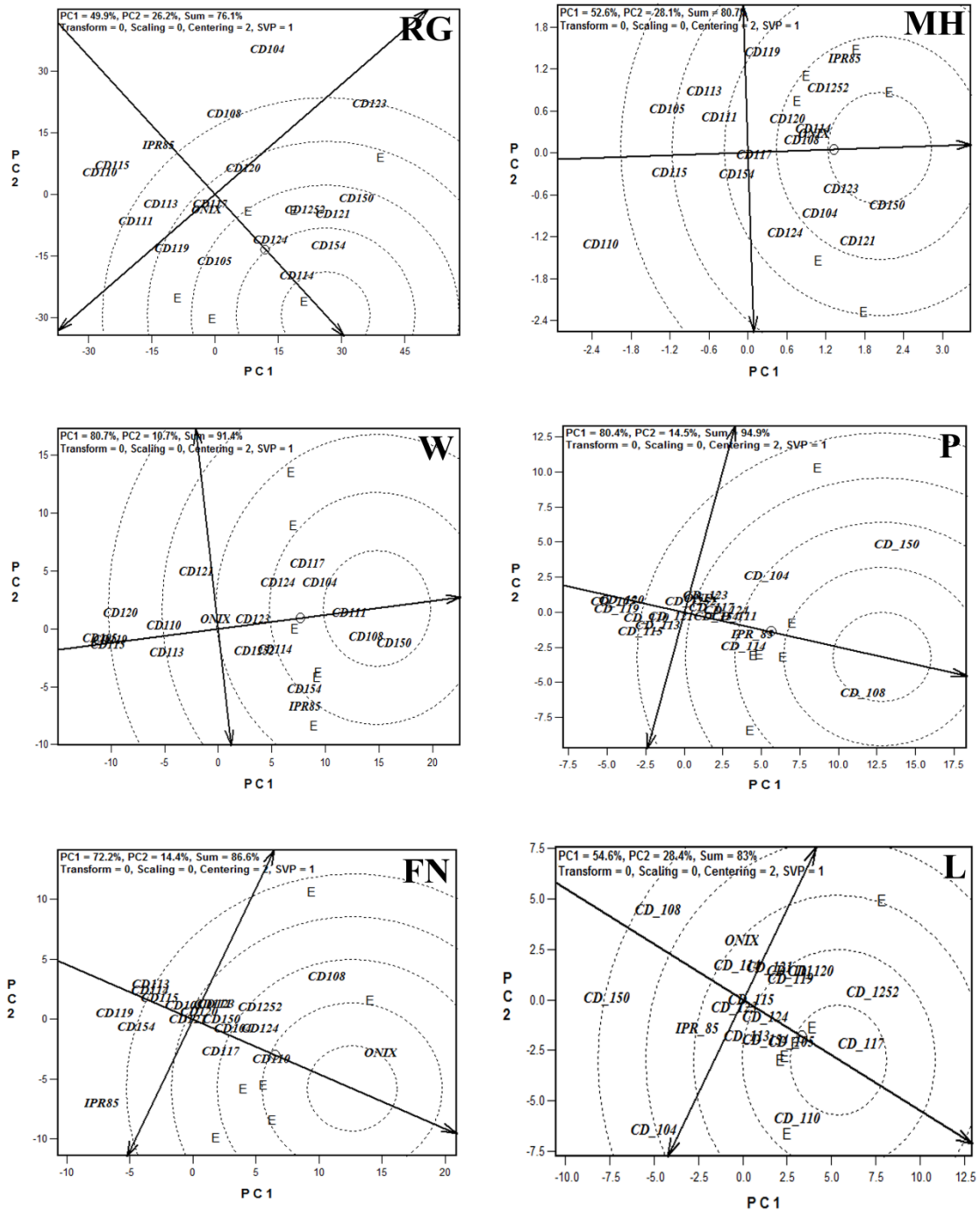


Figura 5- Análise de genótipo ideal proveniente de um conjunto de informações onde inclui seis locais (Abelardo Luz (ABL), Cascavel (CSC), Castro (CST), Guarapuava (GVA), Não-Me-Toque (NMT) e Palotina (PTN)) na média de cinco anos (2007 a 2011) para os caracteres Rendimento de grãos (RG), Massa de Hectolitro (MH), Força de Glúten (W), Tenacidade (P), Número de Queda (FN) e Extensibilidade (L).

Atingir os padrões exigidos de qualidade do grão é complexo, uma vez que geralmente é influenciado pelo genótipo, ambiente e da interação complexa de fatores genéticos e ambientais (G x E). A compreensão destes efeitos é essencial para ajudar os melhoristas para definir objetivos e estratégias apropriadas para desenvolver variedades de trigo com alto potencial de rendimento, bem como com atributos específicos e consistente de qualidade para atender às necessidades do mercado (WILLIAMS et al., 2008).

5 CONCLUSÕES

Um dos problemas encontrados nos programas de melhoramento de trigo é produzir um genótipo que obtenha alto rendimento de grãos com elevada qualidade tecnológica, porém verificamos que há correlações negativas entre alguns caracteres que dificultam esta seleção. Como verificamos nas relações entre W e Cor L*, sendo muito difícil encontrarmos trigo com alta força de glúten e farinha branqueadora.

Constatou-se a importância dos efeitos ambientais, mesmo para os caracteres que apresentam mais influenciados pelo genótipo, assim como na relação contrária. Portanto, para obtenção de genótipos de trigo com alto rendimento e com qualidade tecnológica deve ser considerado tanto a qualidade do genótipo intrínseca, o ambiente em que será cultivado e a interação entre genótipo e o ambiente.

Os caracteres determinantes da qualidade de panificação de trigo têm sua variação fenotípica controlada principalmente pelo efeito genético.

Os genótipos CD 150, CD 108 e IPR 85 se destacam quanto a qualidade de panificação.

O ambiente de teste Não-Me-Toque é ideal para seleção de genótipos com foco no rendimento de grãos e massa do hectolitro.

Ambientes ideais para a seleção de genótipos com foco na qualidade de panificação incluem, em ordem, Abelardo Luz, Cascavel e Guarapuava.

6 REFERÊNCIAS

- BASSOI, M.C.; FLINTHAM, J.; RIEDE, C.R. Analysis of preharvest sprouting in three Brazilian wheat populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.583-590, 2006.
- BASSU, S.; GIUNTA, F.; MOTZO, R. Effects of sowing date and cultivar on spike and kernel number in durum wheat. **Crop and Pasture Science**, v. 61, n. 4, p. 287-295, 2010.
- BENIN, G.; STORCK, L.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; SCHUSTER, I. Precisão experimental de ensaios de trigo em regiões homogêneas de adaptação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 365-372, 2013.
- BOZZINI, A. Classification and Evolution of wheats. In: Fabriani, G.; Lintas, C. (Eds). Durum Wheat, **Chemistry and Technology**. Saint Paul, Minnesota: USA, p.1-16, 1988.
- BRAMMER, S. P. **Mapeamento de genes de resistência parcial à ferrugem da folha em cultivares brasileiras de trigo (*Triticum aestivum* L. em Thell)**. 2000. 105 f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, n.29, p.2, 1, 2010.
- BRUM, A.L.; MULLER, P.K. A realidade da cadeia do trigo no Brasil: o elo produtores/cooperativas. *Revista de Economia Rural*, v46 n1 jan/mar 2008.
- CALDEIRA, N. Q. N. et al. Diversidade de trigo, tipificação de farinhas e genotipagem. **Rev. Biotec. Cien. Desenv.**, Brasília, v. 3, n. 16, p. 44-48, 2000.
- CAMARGO-BUITRAGO, I. et al. Identificación de mega-ambientes para potenciar el uso de genótipos superiores de arroz en Panamá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.9, p.1601-1069, 2011.
- CAZETTA, D.A.; FORNASIERI FILHO, D.; ARF, O.; GERMANI, R. Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticale submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Bragantia**, v.67, p.741-750, 2008.
- CHEN F, HE ZH, XIA XC, LIMELLO M, MORRIS C (2005) A new puroindoline b mutation in Chinese winter wheat cultivar jingdong 11. **J Cereal Sci.** 42:267-269
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho/2013. Brasília: Conab 2010.
- COSTA, Maria das Graças da; SOUZA, Evandro Leite de; STAMFORD, Tânia Lúcia Montenegro and ANDRADE, Samara Alvachian Cardoso. Qualidade tecnológica de

grãos e farinhas de trigo nacionais e importados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** 2008, vol.28, n.1, pp.

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

CUNHA, G.R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: temas e debates do século 21**. Passo Fundo: O Nacional, 2005. 72 p.

CUNHA, G.R. et.al. Trigo. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos – o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p.281-293.

DENČIĆ S.; MLADENOV N.; KOBILJSKI B. Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. *International Journal of Plant Production*, v.5, p. 71-82, 2011

DIACONO M, CASTRIGNANÒ A, TROCCOLI A, DE BENEDETTO D, BASSO B, RUBINO P (2012) Spatial and temporal variability of wheat grain yield and quality in a Mediterranean environment: a multivariate geostatistical approach. **Field Crop Res** 131:49–62.

DOBRSZCZYK, B. J.; MORGENSTERN, M. P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n. 2, p. 229-245, 2003.

EDWARDS N.M.; GIANIBELLI M.C.; MCCAIG T.N.; CLARKE J.M.; AMES N.P.; LARROQUE O.R.; DEXTER J.E. Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. **Journal of Cereal Science**, v.45, p.140–149, 2007.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA, versão 4.2.2: manual do usuário - ferramental estatístico**. Campinas, Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, 1997. 258p.

FARONI, L. R. D. et al. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 115-119, 2007.

FEILLET, P.; AUTRAN, J.C.; VERNIÈRE, C.I. Pasta brownness: an assessment. *Journal of Cereal Science*, v.32, p.215-233, 2000.

FELICIO, J. C.; CAMARGO, C. E. O. ; GERMANI, R. ; FREITAS, J. G. Rendimento e processo germinativo do grão na espiga de genótipos de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v37, n.3, p.289-294, 2002.

FLINTHAM, J.E.; ADLAM, R.; BASSOI, M.C.; HOLDSWORTH, M.; GALE, M.GRUS, V.M. Mapping genes for resistance to sprouting damage in wheat. *Euphytica*, v.126,

p.39-45, 2002.

FLINTHAM, J.E.; Different genetic components control coat-imposed and embryo-imposed dormancy in wheat. *Seed Science Research*, v.10, p.43-50, 2000.

GERMANI, R.; CARVALHO, C.W.P. **Características dos Grãos e Farinhas de Trigo e Avaliação de sua Qualidade**. Cascavel - PR, 2004.

GERMANI, ROGÉRIO. **Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades**. EMBRAPA – Agroindustria de alimentos. Rio de Janeiro – 2007.

GILL B. S., FRIEBE B. R., WHITE F. F., 2011 Alien introgressions represent a rich source of genes for crop improvement. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108: 7657–7658.

GRAUSGRUBER H.; OBERFORSTER M.; WERTEKER M.; RUCKENBAUER P.; VOLLMANN J. Stability of quality traits in Austrian-grown winter wheats. *Field Crops Research*, v.66, p.257-267, 2000.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1996. 36 p.

GUARIENTI, E. M.; SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. C. B. Influencia 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.

GUBLER, F.; MILLAR, A.A.; JACOBSEN, J.V. Dormancy release, ABA and pre-harvest sprouting. *Current Opinion in Plant Biology* 8: 183-187, 2005.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 119-124, 2007.

GUTKOSKI, L.C. (2009) - **Controle de qualidade de grãos e farinhas de cereais**. Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo – RS, Apostila. 29 p.

GUTKOSKI, Luiz Carlos and JACOBSEN NETO, Raul. Procedimento para teste laboratorial de panificação: pão tipo forma. *Cienc. Rural*. 2002, vol.32, n.5, pp. 873-879. ISSN 0103-8478.

H.; MATHER D.E. Genetic control of processing quality in a bread wheat mapping population grown in water-limited environments. *Journal of Cereal Science*, v.57, p.304-311, 2013.

HECKTHEUER, L.H.R. **Envejecimiento em botelha de vinos tintos varietales de tempranillo, bobal e monstrell**. (1996) – Tesis Doctoral (Doctor em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) Universidad Politécnica de Valencia, 256 p.

HRISTOV, N., MLADENOV, N., DJURIC, V., KONDIC-SPIKA ,A., MARJANOVIC-JEROMELA, A. & SIMIC, D. 2010. Genotype by environment interactions in wheat

quality breeding programs in southeast Europe. **Euphytica**, 174 (3): 315-324.

IAPAR- **Instituto agronomico do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/>.

INDRANI, D.; RAO, G. V. Rheological characteristics of wheat flour dough as influenced by ingredients of Parotta. **J. Food Eng.**, California, v. 17, n. 1, p. 110-105, 2007.

JOHANSSON, E., PRIETO-LINDE, M.L., SVENSSON, G. (2004): Influence of nitrogen application rate and timing on grain protein composition and gluten strength in Swedish wheat. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** 167: 345-350.

JOHANSSON, E.; KUKTAITE, R.; ANDERSSON, A.; LUISA, M. Protein polymer built-up during wheat grain development: influences of temperature and nitrogen timing. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.85, p.473-479, 2004.

KAYA, Yüksel, AKÇURA, Mevlüt, TANER, Seyfi. GGE-Biplot Analysis of Multi-Environment Yield Trials in Bread Wheat. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.30, p.325-337, 2006.

LÉON, A. E. **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica**. Córdoba: Hugo Báez, 2007. 480p.

LI Y.; WU Y.; ESPINOSA N.H.; PEÑA R.J. The influence of drought and heat stress on the expression of end-use quality parameters of common wheat. **Journal of Cereal Science**, v.57, p.73-78, 2013.

LI, B.; FOLEY, E. Genetic and molecular control of seed dormancy. **Trends in Plant Science** 2, 384-389, 1997.

LUKOW, O.M.; ADAMS, K.; SUCHY, J.; DEPAUW, R.M.; HUMPHREYS, G. The effect of the environment on the grain colour and quality of commercially grown Canada hard white spring wheat, *Triticum aestivum* L. 'Snowbird'. **Canadian Journal of Plant Science**, v.93, p.1-11, 2013.

MA, W., APPELS, R., BÉKÉS, F., LARROQUE, O.R., MORELL, M.K., GALE, K.R., 2005. Genetic characterisation of dough rheological properties in a wheat doubled haploid population: additive genetic effects and epistatic interactions. **Theoretical and Applied Genetics** 111, 410 e 422.

MAGRÍN, G. O.; HALL, A. J.; BALDY, C.; GRONDONA, M. O. Spatial and interannual variations in the photothermal quotient: implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 67, n. 1, p. 29-41, 1993.

MALIK A.H.; KUKTAITE R.; JOHANSSON E. Combined effect of genetic and environmental factors on the accumulation of proteins in the wheat grain and their relationship to bread-making quality. **Journal of Cereal Science**, v.57, p.170-174, 2013.

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

MAPHOSA L.; LANGRIDGE P.; TAYLOR H.; CHALMERS K.J.; BENNETT D.; KUCHEL
MITTELMANN, A.; BARBOSA N., CARVALHO J.F., F.I.F. de; Lemos, M.C.I.; Conceição, L.D. da. Herança de caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação. Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.35, c.5, p. 975-983, 2000.

MÓDENES, A.N.; SILVA, A.M.; TRIGUEROS, D.E.G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, p.508-512, 2009.

MORAES, L. B. D.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. **Capítulo 2 – Constituintes do trigo e avaliação da qualidade do glúten pelo sistema Glutomatic**. In: GUTKOSKI, L. C. (Ed.). Trigo – segregação, tipificação e controle de qualidade. Passo Fundo: Passografic, 2011. p.79-122.

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.

ORTOLAN, F. (2006) - **Genótipos de trigo do Paraná – Safra 2004: Caracterização e fatores relacionados à alteração de cor de farinha**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 140 p.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (-4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.55-59, 2010.

PAN J, JIANG D, DAI TB, LAN T, CAO WX (2005) Variation in wheat grain quality grown under different climate conditions with different sowing dates. **Acta Phytoecol Sin** 29:467-473.

PANOZZO, J.F.; EAGLES, H.A. Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. II. Protein. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.51, 629-636, 2000.

PARO, PATRÍCIA. **Associação de gluteninas de alta massa molecular e qualidade de panificação em trigo: análise de proteínas e marcadores moleculares**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Candido Rondon. 2011.

POMERANZ, Y. **Composition and functionality of wheat flour components**. In: **Wheat: chemistry and technology**. Volume I edited by Y. Pomeranz. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. V.2, cap.5, p.219-370.

PUTTEN, P.E.L. 2006. Heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.): Effects on grain

growth and quality traits. **Eur. J. Agron.** 25: 89–95.

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

RIEDE, C.R.; CAMPOS, L.A.C.; BRUNETTA, D.; ALCOVER, M. Twenty six years of wheat breeding activities at IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 60-71, mar. 2001.

SCHMIDT, D. A. M.; CARVALHO, F. I. F. COSTA DE OLIVEIRA, A.; SILVA, J. A. G; BERTAN, I.; VALÉRIO, I. P.; HARTWIG, I.; SILVEIRA, G.; GUTKOSKI, L. C. Variabilidade genética em trigos brasileiros a partir de caracteres componentes da qualidade industrial e produção de grãos. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.43-52, 2009.

SILVA, R. C. **Qualidade tecnológica e estabilidade oxidativa de farinha de trigo e fubá irrigado**. São Paulo, 2003. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, G. da; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, A.C. de; VALÉRIO, I.P.; BENIN, G.; RIBEIRO, G.; CRESTANI, M.; LUCHE, H.S.; SILVA, J.A.G. Efeito da densidade de semeadura e potencial de afilhamento sobre a adaptabilidade e estabilidade em trigo. **Bragantia**, v.69, p.63-70, 2010.

SPIERTZ, J. H. J., HAMER, R. J., XU, H., PRIMO-MARTIN, C., DON, C., AND VAN DER

TAYYAR Ş. Variation in grain yield and quality of romanian bread wheat varieties compared to local varieties in northwestern turkey. **Romanian Biotechnological Letters**, v.15, p. 5189–5196, 2010.

TOHVER, M., A. KANN, R. TÄHT, A. MIHHALEVSKI, and J. HAKMAN (2005): Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. **Food Chemistry** 89: 125–132.

TONON, V. **Herança genética e estabilidade de características relacionadas à qualidade dos grãos e da farinha de trigo**. Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (120 p.) Março, 2010.

VAN DER BORGHT A, GOESAERT H, VERAVERBEKE WS, DELCOUR JA (2005) Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. **J Cereal Sci** 41:221–237.

VAN EEDEN, E.; LABUSCHAGNE, M.T. Sprouting tolerance and falling number in South African hybrid bread wheat cultivars and their parent lines. **Journal of Cereal Science**. 56(3). p.754, 2012.

VÁZQUEZ D.; BERGER A.G.; CUNIBERTI M.; BAINOTTI C.; MIRANDA M.Z.; SCHEEREN P.L.; JOBET C.; ZÚÑIGA J.; CABRERA G.; VERGES R.; PEÑA R.J. Influence of cultivar and environment on quality of Latin American wheats. **Journal of Cereal Science**, v.56 p.196-203, 2012.

VIGANÓ, Joselaine; BRACCINI, Alessandro de Lucca e; SCAPIM, Carlos Alberto; FRANCO, Francisco de Assis; SCHUSTER, Ivan; MOTERLE, Lia Mara; TEXEIRA, Leandra Regina; ROCHA, Renato da. Efeito de anos e épocas de semeadura sobre o desempenho agrônômico e rendimento de cultivares de trigo em palotina, PR. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 259-270, Mar./Apr. 2011.

WANG, Y. G.; KHAN, K.; HARELAND, G.; NYGARD, G. Quantitative glutenin composition from gel electrophoresis of flour mill streams and relationship to breadmaking quality. **Cereal Chemistry**, n.83, n.3, p.293-299, 2006.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, v.24, n.2, p.115-119, 2007.

WILLIAMS, R.M., O'BRIEN, L., EAGLES, H.A., SOLAH, V.A., JAYASENA, V., 2008. The influences of genotype, environment, and genotype \times environment interaction on wheat quality. **Australian Journal of Agricultural Research** 59, 95e111.

XIE, P., J. E. JANOWIAK, P. A. ARKIN, R. ADLER, A. GRUBER, R. FERRARO, G. J. HUFFMAN, AND S. CURTIS, 2003: GPCP pentad precipitation analyses: An experimental dataset based on gauge observations and satellite estimates. **J. Climate**, 16, 2197–2214.

XU, J.; BIETZ, J. A.; CARRIERE, C. V. Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutein suspension. **Food Chem., Reading**, v. 101, n. 3, p. 1025-1030, 2007.

YAN J, ZHANG Y, HE ZH (2001) Investigation on paste property of Chinese wheat. **Sci Agric Sin** 34:9-13.

YAN W & TINKER A (2006) Biplot analysis of multi environment trial data: principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**, 86:623-645.

YAN W, KANG MS (2003) **GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists**. 1^a ed. Florida, CRC Press, 288p.

YAN, W.K. et al. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Science**, v.40, p.597-605, 2000.

YONG, Z., ZHONGHU, H., YE, G., AIMIN, Z., VAN GINKEL, M., 2004. Effect of environment and genotype on bread-making quality of spring-sown spring wheat cultivars in China. **Euphytica** 139, 75 e 83.

ZHAO, Y.; WANG P.; LI, J.; CHENE, Y.; YINGF, X.; LIU, S. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheatmaize cropping system. **European Journal of Agronomy**, v.31, p.36-42, 2009.