

**APTIDÃO, ADAPTABILIDADE E  
ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS  
DE TRIGO**

**GUARAPUAVA**

**2014**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**APTIDÃO, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS  
DE TRIGO  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**OMAR POSSATTO JUNIOR**

**GUARAPUAVA-PR**

**2014**

**OMAR POSSATTO JUNIOR**

**APTIDÃO, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE  
GENÓTIPOS DE TRIGO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Estadual do Centro-Oeste, como  
parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de  
concentração em Produção Vegetal, para a  
obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria

Orientador

Prof. Dr. Marcelo Cruz Mendes

Co-Orientador

GUARAPUAVA-PR

2014

**OMAR POSSATTO JUNIOR**

**APTIDÃO, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE GENÓTIPOS  
DE TRIGO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Estadual do Centro-Oeste, como  
parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, área de  
concentração em Produção Vegetal, para a  
obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 24 de Fevereiro de 2014

Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Matiello – UEPG

Prof. Dr. Edson Perez Guerra – UNICENTRO

Prof. Dr. Marcelo Cruz Mendes – UNICENTRO

Co-Orientador

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria – UNICENTRO

Orientador

GUARAPUAVA-PR

2014

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradecer a Deus, pois sem ele nada é possível.

Aos meus familiares (Pais, Irmã, Namorada, Avós etc.) que durante todo este período de estudo me apoiaram e incentivaram.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Ventura e co-orientador Prof. Dr. Marcelo Cruz Mendes por compartilharem seus conhecimentos e me guiar na busca de conhecimentos para uma boa formação.

A OR Melhoramento de Sementes Ltda. pelo apoio e voto de confiança depositados a mim.

Ao Eng. Agr. Msc. Rodrigo Oliboni pela ajuda inestimável e amizade.

Aos meus amigos e colegas do grupo de melhoramento genético de milho da UNICENTRO que me ajudaram nas atividades.

Aos funcionários da UNICENTRO.

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1.</b> Locais dos experimentos e respectivas coordenadas geográficas, altitudes, classificação climatológica de acordo com Köppen e região tritícola.....	13
<b>Tabela 2.</b> Precipitação pluvial em mm mês <sup>-1</sup> , no período das safras de 2011 e 2012 nos 10 ambientes.....	13
<b>Tabela 3.</b> Linhagens e respectivas genealogias e testemunhas avaliadas nos experimentos. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.....	15
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise conjunta das características peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH), teor de proteína dos grãos (PROT) e produtividade de grãos (PG) de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP, em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....	20
<b>Tabela 5.</b> Resumo da análise conjunta das características estabilidade da farinha (EF), sedimentação com dodecil sulfato de sódio (SDS) e parâmetros da cor da farinha [luminosidade (L*), coordenada de cromaticidade (a*) e coordenada de cromaticidade (b*)], de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....	21
<b>Tabela 6.</b> Médias do peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH) e produtividade de grãos (PG) de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP, em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.....	23
<b>Tabela 7.</b> Médias dos parâmetros de qualidade da farinha, estabilidade da farinha em minutos (EF), teor de proteína (PROT) e volume de sedimentação (SDS) de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014...	26
<b>Tabela 8.</b> Médias dos parâmetros de cor, L* (luminosidade), a* e b*(coordenadas) da farinha de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....	30
<b>Tabela 9.</b> Análise de variância conjunta referente à produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) de 25 genótipos de trigo, avaliados em 10 ambientes, nas safras 2011 e 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....	32
<b>Tabela 10.</b> Média de produtividade de grãos (PG) dos 25 genótipos de trigo em 10 ambientes de cultivo, nos anos de 2011 e 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....	34
<b>Tabela 11.</b> Média de produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ), índice ambiental e classificação dos ambientes segundo o Método de Annicchiarico (1992). Guarapuava: UNICENTRO, 2014...	35

<b>Tabela 12.</b> Estimativa do índice de confiança de Annicchiarico ( $\omega_i$ ), em porcentagem, de 25 genótipos de trigo, em 10 ambientes, para produtividade de grãos (PG), em todos os ambientes (geral), ambientes favoráveis e ambientes desfavoráveis. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....	36
<b>Tabela 13.</b> Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de 25 genótipos de trigo em 10 ambientes e a decomposição da interação G x A, com porcentagem de explicação da variância e o valor acumulado. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....	40
<b>Tabela 14.</b> Médias preditas pelo modelo AMMI3 da produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), de 25 genótipos de trigo, avaliados em 10 ambientes em 2011 e 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....	41

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Representação gráfica dos índices de confiança geral de Annicchiarico para produtividade de grãos de trigo. Guarapuava: UNICENTRO, 2014..... 37
- Figura 2.** Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para produtividade de grãos de trigo nos ambientes favoráveis. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. .... 38
- Figura 3.** Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para produtividade de grãos de trigo nos ambientes desfavoráveis. Guarapuava: UNICENTRO, 2014..... 38
- Figura 4.** Biplot AMMI1 com o primeiro eixo principal da interação (IPCA1) x produtividade média em kg ha<sup>-1</sup> de 25 genótipos de trigo, nas safras (2011<sup>1</sup> e 2012<sup>2</sup>). G1 = L1; G2 = L2; G3 = L3; G4 = L8; G5 = L5; G6 = L6; G7 = L7; G8 = L8; G9 = L9; G10 = L10; G11 = L11; G12 = L12; G13 = L13; G14 = L14; G15 = L15; G16 = L16; G17 = L17; G18 = L18; G19 = L19; G20 = L20; G21 = Quartzo; G22 = CD104; G23 = BRS 220; G24 = Topázio; G25 = Ametista. Em 10 ambientes. A1 = Cruzália<sup>1</sup>; A2 = Taquarivaí<sup>1</sup>; A3 = Palotina<sup>1</sup>; A4 = Astorga<sup>1</sup>; A5 = Nova Fátima<sup>1</sup>; A6 = Araongas<sup>1</sup>; A7 = Nova Fátima<sup>2</sup>; A8 = Cruzália<sup>2</sup>; A9 = Palotina<sup>2</sup>; A10 = Apucarana<sup>2</sup>..... 43
- Figura 5.** Biplot AMMI2 com o primeiro e o segundo eixo da interação (IPCA1) x (IPCA2) de 25 genótipos de trigo, nas safras (2011<sup>1</sup> e 2012<sup>2</sup>). G1 = L1; G2 = L2; G3 = L3; G4 = L8; G5 = L5; G6 = L6; G7 = L7; G8 = L8; G9 = L9; G10 = L10; G11 = L11; G12 = L12; G13 = L13; G14 = L14; G15 = L15; G16 = L16; G17 = L17; G18 = L18; G19 = L19; G20 = L20; G21 = Quartzo; G22 = CD104; G23 = BRS 220; G24 = Topázio; G25 = Ametista. Em 10 ambientes. A1 = Cruzália<sup>1</sup>; A2 = Taquarivaí<sup>1</sup>; A3 = Palotina<sup>1</sup>; A4 = Astorga<sup>1</sup>; A5 = Nova Fátima<sup>1</sup>; A6 = Araongas<sup>1</sup>; A7 = Nova Fátima<sup>2</sup>; A8 = Cruzália<sup>2</sup>; A9 = Palotina<sup>2</sup>; A10 = Apucarana<sup>2</sup>..... 44
- Figura 6.** Biplot AMMI3 com o primeiro eixo e o terceiro eixo de interação (IPCA1 E IPCA3) de kg ha<sup>-1</sup> de 25 genótipos de trigo, nas safras (2011<sup>1</sup> e 2012<sup>2</sup>). G1 = L1; G2 = L2; G3 = L3; G4 = L8; G5 = L5; G6 = L6; G7 = L7; G8 = L8; G9 = L9; G10 = L10; G11 = L11; G12 = L12; G13 = L13; G14 = L14; G15 = L15; G16 = L16; G17 = L17; G18 = L18; G19 = L19; G20 = L20; G21 = Quartzo; G22 = CD104; G23 = BRS 220; G24 = Topázio; G25 = Ametista. Em 10 ambientes. A1 = Cruzália<sup>1</sup>; A2 = Taquarivaí<sup>1</sup>; A3 = Palotina<sup>1</sup>; A4 =



Astorga<sup>1</sup>; A5 = Nova Fátima<sup>1</sup>; A6 = Araçongas<sup>1</sup>; A7 = Nova Fátima<sup>2</sup>; A8 = Cruzália<sup>2</sup>; A9 = Palotina<sup>2</sup>; A10 = Apucarana<sup>2</sup>.....45

**Figura 1A.** Gráfico de mixografia, mostrando a estabilidade em minutos de farinha de trigo da linhagem L1 em Cruzália-SP em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. ....55

**Figura 2A.** Gráfico de mixografia, mostrando a estabilidade em minutos de farinha de trigo da linhagem L15 em Nova Fátima-PR em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.....55

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1. Geral .....	3
2.2. Específicos .....	3
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
3.1. Importância econômica do trigo .....	4
3.2. Classificação do trigo .....	4
3.3. Melhoramento genético do trigo .....	5
3.4. Proteínas do trigo .....	6
3.5. Mixografia .....	7
3.6. Sedimentação em Dodecil Sulfato de Sódio.....	8
3.7. Cor da farinha.....	8
3.8. Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade e estabilidade fenotípica .....	9
3.8.1. Método de Annicchiarico (1992).....	10
3.8.2. Metodologia AMMI (ZOBEL et al., 1988) .....	10
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
4.1. Locais dos experimentos .....	13
4.2. Material experimental, instalação e condução dos experimentos. ....	14
4.3. Colheita dos experimentos .....	15
4.4. Avaliações .....	16
4.4.1. Avaliação dos componentes de produtividade de grãos .....	16
4.4.1.1. Peso de mil grãos .....	16
4.4.1.2. Peso hectolitro .....	16
4.4.2. Produtividade de grãos .....	17
4.4.3. Análises de qualidade industrial da farinha .....	17
4.4.3.1 Proteína dos grãos.....	17
4.4.3.2. Mixografia .....	17
4.4.3.3. Sedimentação com dodecil sulfato de sódio (SDS).....	18
4.4.3.4. Cor da farinha .....	18
4.5. Análises estatísticas .....	18
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>

<b>5.1. Características agronômicas e de qualidade industrial da farinha .....</b>	<b>20</b>
5.1.1. Peso de mil grãos .....	21
5.1.2. Peso hectolitro .....	22
5.1.3. Produtividade de grãos .....	23
5.1.4. Proteína.....	24
5.1.5. Mixografia (estabilidade da farinha) .....	25
5.1.6. Sedimentação em dodecil sulfato de sódio.....	28
5.1.7. Cor da farinha .....	28
<b>5.2. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica .....</b>	<b>31</b>
5.2.1. Método de Annicchiarico (1992).....	35
5.2.2. Método AMMI .....	39
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>55</b>

## RESUMO

Omar Possatto Junior. Aptidão, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de trigo

O trigo é um dos cereais mais produzidos no mundo e é utilizado na fabricação de diversos produtos que são consumidos diariamente e, em virtude disso, tem-se a necessidade de produção de trigos com qualidade e em várias regiões do país, para suprir a demanda e diminuir custos com transporte até as moageiras. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de linhagens experimentais e cultivares comerciais de trigo, oriundas da OR Melhoramento de Sementes Ltda., em diferentes ambientes; avaliar características relacionadas à qualidade de panificação em dois locais de cultivo, na região 3 de adaptação do trigo, nos estados do Paraná e São Paulo, Brasil; identificar os genótipos com boas características relacionadas à qualidade industrial e avaliar adaptabilidade e estabilidade fenotípica da produtividade de grãos pelos métodos Annicchiarico e AMMI. Os experimentos foram conduzidos em 10 ambientes, sendo seis em 2011 e quatro em 2012, nos estados do Paraná e São Paulo, utilizando-se 20 linhagens em ensaios de valor de cultivo e uso e cinco cultivares comerciais. Foram avaliados os componentes de produtividade de grãos (peso hectolitro e peso de mil grãos), as características de qualidade industrial da farinha (proteína, estabilidade da farinha, sedimentação em dodecil sulfato de sódio e cor) e adaptabilidade e estabilidade fenotípica da produtividade de grãos. As linhagens L5, L13 e L15 demonstraram ter aptidão para a produção de trigo biscoito, já as linhagens L1, L2, L3, L6, L10, L16, L17, L18, L19 e L20 apresentam aptidão para obtenção de farinhas com qualidade para panificação. Palotina em 2012 mostrou-se o ambiente mais estável, mas apresentou baixa produtividade de grãos. Os métodos apresentaram divergência para os genótipos mais estáveis, mas as linhagens L5, L19 e Ametista mostraram-se comuns entre eles. Além destes, o método AMMI indica as linhagens L3, L4, L6, L11 e L20, e o método Annicchiarico as linhagens L2, L12 e Quartzo como os mais estáveis. A linhagem L5 mostrou adaptabilidade específica ao ambiente de Araçongas e as linhagens L7, L8, L18, L21 e L24 mostraram-se adaptados ao ambiente de Nova Fátima nos anos avaliados.

**Palavras-Chave:** *Triticum aestivum* L., linhagens, qualidade da farinha, produtividade de grãos.

## ABSTRACT

Omar Possatto Junior. Ability, adaptability and phenotypic stability of wheat genotypes.

Wheat is one of the most produced cereal in the world and is used in the manufacture of various products that are consumed daily, and because of that, there is the need to produce wheat with good quality and in many regions of the country, to meet demand and reduce transportation costs to millers. The aim of this paper was evaluating performance of experimental lines and commercial cultivars of wheat from the OR Melhoramento de Sementes Ltda., in different environments; evaluating characteristics related to baking quality in two cultivation sites in Region 3 of wheat adaptation in the states of Paraná and São Paulo, Brazil; identifying genotypes with good characteristics related to industrial quality and evaluate phenotypic stability and adaptability of grain yield by Annicchiarico and AMMI methods. The experiments were conducted in 10 environments, six in 2011 and four in 2012, in the states of Paraná and São Paulo, using 20 lines in tests value for cultivation and use, and five commercial cultivars. Were evaluated components of grain yield (hectolitre weight and thousand grain weight), the characteristics of industrial quality flour (protein, flour stability, sedimentation in sodium dodecyl sulphate and color) and phenotypic stability and adaptability of grain yield. The lines L5, L13 and L15 have demonstrated suitability for the production of wheat biscuit, the lines L1, L2, L3, L6, L10, L16, L17, L18, L19 and L20 have the ability to obtain quality flour for baking. Palotina in 2012 proved to be the most stable environment, but showed low productivity of grains . The methods showed divergence for the most stable genotypes, but the L5, L19 lines and Ametista proved common among them. Besides these, the AMMI method indicates the L3, L4, L6, L11 and L20 lines, and Annicchiarico the lines L2, L12 and Quartzo method as the most stable. The line L5 showed specific adaptability to the environment Arapongas the lines L7, L8, L18, L21 and L24 were shown to be adapted to the environment in Nova Fatima in the years evaluated.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., lines, flour quality, grain yield.

## 1. INTRODUÇÃO

O trigo é um dos cereais mais produzidos no mundo, sendo utilizado na fabricação de diversos produtos que são consumidos diariamente como pães, bolos e biscoitos. Os alimentos derivados do trigo fazem parte da base da pirâmide alimentar, que são fontes de fibras, vitaminas, proteínas e carboidratos (SCHEUER et al., 2011).

O Brasil ainda é considerado um dos maiores importadores de trigo, comprando anualmente cerca de cinco milhões de toneladas. A produção brasileira gira em torno de cinco a seis milhões de toneladas e deste total mais de 90% da produção encontra-se na Região Sul. O desenvolvimento de cultivares estáveis e adaptadas a diferentes regiões do país pode promover a expansão da área de cultivo, aumentando a produção e conseqüentemente diminuindo a importação de trigo.

Os programas de melhoramento têm buscado por cultivares que mantenham, em várias regiões produtoras, as características de alta produtividade de grãos, boa qualidade industrial e resistência às principais doenças. Essas características são necessárias para atender as necessidades dos produtores e das indústrias moageiras, já que o trigo é comercializado com base na qualidade do grão.

A seleção de genótipos de trigo não se atém apenas ao aumento da produtividade, mas devem-se levar em conta as características de qualidade, a interação genótipos x ambientes, adaptabilidade e estabilidade dos genótipos.

A expressão fenotípica é decorrente da constituição genética (G), do fator ambiental (A) e da interação genótipos x ambientes (GxA). A interação GxA proporciona que um genótipo expresse fenótipos diferentes em decorrência de variações ambientais, o que dificulta a seleção e a recomendação de genótipos melhorados (YAN e HOLLAND, 2010).

As indústrias moageiras estão distribuídas por quase todo o território brasileiro, encontrando-se presente na maioria dos estados (GUTKOSKI, 2009), diante disso verifica-se a necessidade de produção de trigos com qualidade e em varias regiões do país, para suprir a demanda e diminuir custos com transporte até a moageira.

As condições climáticas, pluviosidade e características dos solos, como a fertilidade, influenciam a qualidade industrial do trigo, mas a maior contribuição para a qualidade é devido à herança genética (MANDARINO, 1993). A qualidade industrial do trigo nas fases finais de seleção em programas de melhoramento é determinada por alguns parâmetros como,

peso de mil grãos, peso hectolitro, teor de proteína, estabilidade, microssedimentação com dodecil sulfato de sódio e cor. Essas análises são baratas e proporcionam estimativas sobre a qualidade industrial da farinha de trigo.

A variação ambiental apresenta forte influência sobre as respostas fisiológicas da cultura do trigo. Os diferentes climas encontrados nas regiões de cultivo ocorrem em função das variações das coordenadas geográficas como altitude, latitude e longitude. As melhores produtividades de grãos e com baixa variação entre as safras são encontradas na chamada zona fria e húmida (MONTEIRO, 2009). Visto a grande participação do ambiente na expressão genotípica das principais características é importante submeter genótipos em processo de seleção há diversos ambientes, para o estudo da estabilidade e adaptabilidade fenotípica da produtividade de grãos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar o desempenho de linhagens experimentais e cultivares comerciais de trigo, oriundos da OR Melhoramento<sup>®</sup>, em diferentes ambientes de cultivo.

### **2.2. Específicos**

- Avaliar características relacionadas à qualidade industrial de genótipos de trigo, em dois locais de cultivo (região 3 de adaptação) nos estados do Paraná e São Paulo;
- Identificar genótipos com boas características relacionadas à qualidade industrial;
- Avaliar a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica da produtividade de grãos de genótipos de trigo, cultivados em dez ambientes, nos estados de São Paulo e Paraná.



### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Importância econômica do trigo**

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2013) a safra brasileira de trigo 2013/14 está estimada em 5,6 milhões de toneladas, com aumento de 28,3% em relação à safra anterior. A área plantada na safra 2013/14 foi de 2.122,4 mil hectares, com aumento de 12% em relação à safra anterior. Mesmo com o aumento da produção, o Brasil deve importar 6,8 milhões de toneladas do cereal, pois o consumo brasileiro está estimado em 10,7 milhões de toneladas.

No mercado agrícola o Brasil destaca-se como um dos maiores importadores de trigo, importando aproximadamente 50% do trigo consumido. O Brasil teria capacidade de ser auto-suficiente na produção de trigo, mas para isso é necessário melhorias na política agrícola, principalmente na comercialização do produto (EMBRAPA, 2013).

O trigo é utilizado em vários ramos da indústria alimentícia, em função do glúten, que tem a capacidade de formar massas elástico-extensíveis, com alta capacidade de absorção de água, sendo usado para a confecção de macarrões, pães, bolos, biscoitos e outros. Devido a suas propriedades físicas, o trigo encontra-se presente em grande parte dos alimentos consumidos pela população (FRANCO, 2011).

O consumo de trigo no país tende a crescer com o crescimento e aumento da renda da população. A produção do cereal já impulsiona parte da economia do Brasil e com o maior consumo a sua importância na produção de alimentos será ainda maior (EMBRAPA, 2013), o que justifica a necessidade de investimentos futuros no seu cultivo, fazendo da atividade uma das principais e mais rentáveis do país.

#### **3.2. Classificação do trigo**

A classificação que está em vigor foi publicada no Anexo III da Instrução Normativa Nº 39, de 30 de Novembro de 2010 (BRASIL, 2010). Foi criada para atender as exigências do mercado consumidor e indústrias moageiras, por matéria prima de qualidade que proporcione produtos melhores.

A legislação atual estipula valores máximos em relação a danos, defeitos e impurezas

e mínimos para peso hectolitro, relacionando esses parâmetros para uma classificação (tipo) (BRASIL, 2010).

Trigos que apresentam peso hectolitro abaixo de 72 ( $\text{kg kl}^{-1}$ ) são considerados como triguilho ou fora de tipo; para valores entre 72 e 75 ( $\text{kg kl}^{-1}$ ), o trigo é classificado como tipo 3; quando apresentar valores entre 75 e 78 ( $\text{kg kl}^{-1}$ ), a classificação passa a ser tipo 2; e valores acima de 78 ( $\text{kg kl}^{-1}$ ), o trigo passa a ser classificado como tipo 1, que é a classificação mais alta entre os tipos e a melhor remuneração ao produtor (BRASIL, 2010).

Segundo a Instrução Normativa, as farinhas que apresentam valores de estabilidade (Tempo em minutos) entre 3 e 6 minutos são classificadas como farinhas básicas; quando os valores encontram-se entre 6 e 10 minutos, a farinha é destinada ao mercado doméstico; estabilidade com valores entre 10 e 14 minutos classificam a farinha como pão; e valores acima de 14 minutos podem classificar a farinha como melhorador.

Nessa classificação também são estipulados valores mínimos para força de glúten, estabilidade e número de queda. Os valores são mais altos que na antiga classificação, proporcionando às moageiras grãos com maior qualidade e aos produtores melhor remuneração pelo trigo de qualidade.

### **3.3. Melhoramento genético do trigo**

O melhoramento de plantas no início da agricultura era realizado de forma instintiva, mas com o aumento da demanda da produção de alimentos, surgiram os conhecimentos em genética, fisiologia e morfologia de plantas, que tornaram o melhoramento um conjunto de técnicas, permitindo a geração de variabilidade e grandes saltos em produtividade (PEREIRA et al., 2009a).

Ao comparar as cultivares de trigo antigas com as atuais notam-se grandes diferenças, graças ao melhoramento que proporcionou a superação de barreiras como a tolerância ao alumínio tóxico, resistência a doenças, introdução do gene de nanismo (Rht), seleção de cultivares com maior potencial produtivo e a melhoria da qualidade industrial (RODRIGUES et al., 2007). Através do melhoramento genético, em conjunto com melhorias nas técnicas de cultivo, a produtividade do trigo cresceu muito com o passar dos anos. O ganho genético do trigo no Sul do Brasil, a partir da década de 1970 foi de  $1,5\% \text{ ano}^{-1}$ , superior a países como México que foi de  $0,90\% \text{ ano}^{-1}$  e Nova Zelândia de  $1,10\% \text{ ano}^{-1}$  (RODRIGUES et al., 2002).

Os programas de melhoramento atualmente buscam agregar nos genótipos um conjunto de características que os façam superiores aos que estão no mercado, visando, principalmente, maior produtividade de grãos, estabilidade e adaptabilidade, ciclo precoce, porte baixo, resistência às principais doenças, resistência a altas temperaturas e qualidade de panificação (BOSCHINI et al., 2011). Além disso, a expansão da cultura do trigo para outras regiões do país torna-se um desafio para o melhoramento (CONDÉ et al., 2010).

### **3.4. Proteínas do trigo**

Os grãos de trigo podem conter em sua estrutura de 6 a 21% de proteínas (MIRANDA, 2000). As principais proteínas presentes no trigo são albuminas, globulinas, gliadinas e gluteninas. As albuminas e globulinas são responsáveis por apenas 15% das proteínas presentes na farinha de trigo, e são solúveis em água e soluções diluídas de sal, respectivamente. Já as gliadinas e gluteninas, representam a maior parte das proteínas, em torno de 85%, e são solúveis em soluções alcoólicas e soluções ácidas ou alcalinas diluídas, respectivamente (GERMANI, 2008).

Além dos fatores genéticos, os ambientais como solo, nutrição, clima, armazenamento, determinam a quantidade e a qualidade das proteínas na farinha do trigo, influenciando diretamente no uso final para o qual se destinará a farinha (COSTA et al., 2008).

Gliadinas e gluteninas são as responsáveis pelas características funcionais da massa, que, quando umedecidas, formam o glúten. Ao ser amassado, o glúten forma uma massa visco-elástica que é insolúvel em água e tem a capacidade de reter o CO<sub>2</sub> produzido pelo processo de fermentação, promovendo a expansão da massa, dando forma ao pão, bolo, ou seja, é o responsável pelos benefícios na fabricação dos derivados da farinha de trigo (GUTKOSKI, 2007). O glúten é uma proteína amorfa composta pela mistura de cadeias proteicas longas de gliadina e glutenina, sendo encontrado naturalmente no trigo, na cevada, no centeio, entre outros. (COSTA et al., 2008).

Gliadinas (prolamina) são responsáveis pela coesividade da massa, que confere pegajosidade. As gluteninas (glutelina) são responsáveis pelo desempenho elástico na massa, ou seja, a capacidade de retornar após a deformação, o que determina a resistência à extensão (GUTKOSKI, 2009). A diferença entre gliadinas e glutelinas está nas ligações dissulfeto (S-

S). Nas gliadinas, as ligações (S-S) são intramoleculares e resultam em moléculas menores, consequentemente de baixo peso molecular ( $28.000 \text{ g mol}^{-1}$ ) e baixa elasticidade. Já nas glutelinas ocorrem ligações intra e intermoleculares, o que justifica o alto peso molecular ( $100.000 \text{ g mol}^{-1}$ ) e a elasticidade (SILVA et al., 2004).

### 3.5. Mixografia

A análise de mixografia é um dos testes reológicos que estimam a força de glúten, por meio das características físicas da farinha (MITTELMANN et al., 2000). O teste mostra as características do glúten da farinha, através da estabilidade da massa (mistura de farinha com água), pelo amassamento da massa com os pinos rotativos e fixos do mixógrafo. Enquanto a massa vai sendo amassada pelo aparelho, as informações são registradas em computador, na forma de um gráfico, interpretado pelo software.

O gráfico produzido possibilita algumas interpretações, como o tempo ideal de amassamento (TA), que é o tempo entre o início do procedimento até o pico mais alto do gráfico, medido em segundos. A partir do TA, até que a linha resposta do gráfico comece a cair em direção ao eixo X, é representada a estabilidade da massa, em segundos.

A estabilidade indica o tempo em que a massa mantém suas propriedades físico-elásticas consistentes (GUTKOSKI et al., 2011a). Durante o amassamento, depois que a massa forma a rede visco-elástica (glúten), se ainda continuar o processo de amassamento, o glúten começa enfraquecer. A resistência a este amassamento excessivo é o que determina a estabilidade da farinha (VÁZQUEZ, 2009).

Quanto maior o tempo em que a massa resiste ao amassamento, maior é a força de glúten presente na massa. Para a fabricação de massas que necessitem tempo de mistura alto, como em pães, há a necessidade de utilizar farinhas com alta estabilidade, acima de 10 minutos, caso contrário às ligações entre as proteínas formadoras do glúten são quebradas, fazendo com que a massa tornar-se pegajosa perdendo a capacidade de retenção de gases gerados pelo processo de fermentação (GUTKOSKI et al., 2009).

Segundo Mittelman et al. (2000), essa avaliação nas fases iniciais do programa de melhoramento devem ser realizadas atentamente, pois o ambiente apresenta alta influência sobre o resultado da análise reológica.

### **3.6. Sedimentação em Dodecil Sulfato de Sódio**

Para que um teste da qualidade industrial da farinha seja utilizado na seleção de genótipos de trigo, ele deve apresentar algumas características, tais como: a) ser fácil e simples, para permitir a avaliação de várias progênies em um dia; b) utilizar baixa quantidade de farinha, menos de 12 gramas, devido à baixa quantidade de sementes disponíveis para análises; c) ser independente de outros fatores, como conteúdo de proteína e atividade da alfa-amilase, que podem variar com as condições ambientais e afetar a qualidade de panificação (BLACKMAN e PAYNE, 1987).

O teste de microssedimentação com dodecil sulfato de sódio (MS-SDS), utiliza pequena quantidade de farinha e é fundamentado na capacidade de embebição de água pelas proteínas que constituem o glúten da farinha, quando submetidas à desnaturação parcial com a adição de ácido láctico, proporcionando uma estimativa da força de glúten por meio do volume do sedimento medido. Assim é possível estimar o potencial industrial da farinha, e destinar o genótipo a uma finalidade específica (MITTELMANN et al., 2000).

Segundo Bagulho (2008) o volume de sedimentação em SDS apresentou alta correlação com os resultados da farinografia, mostrando-se um bom indicador da qualidade do glúten.

### **3.7. Cor da farinha**

A cor da farinha está relacionada ao genótipo e ao grau de extração de farinha (GUTKOSKI et al., 2011a). Quanto maior o grau de extração, maiores são os teores de carotenóides, de proteínas e de fibras. A presença de impurezas na moagem também influencia a luminosidade da farinha, o que muitas vezes é confundido pelo consumidor como farinhas de baixa qualidade (COULTATE, 2004). A cor, além da porcentagem de extração, é afetada com o armazenamento e pelo processo de oxidação de lipídios, enzimas, ácidos graxos e vitaminas, que modificam os parâmetros nutricionais e sensoriais, deixando a farinha mais clara (HRUŠKOVÁ e MACHOVÁ, 2002).

Segundo a legislação brasileira, a farinha de trigo destinada à panificação deve ser branca ou levemente amarelada, amarronzada ou acinzentada e sem pontos negros (resíduos de farelo), dependendo do tipo de trigo que a originou (BRASIL, 2005).

O aparelho colorímetro de Minolta<sup>®</sup> permite avaliar a luminosidade ( $L^*$ ) e as coordenadas de cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ).  $L^*$  varia de zero (preto) a 100 (totalmente branco);  $a^*$ : positivo (tendência da cor para tonalidade vermelha), ou negativo (tendência da cor para tonalidade verde);  $b^*$ : positivo (tendência da cor para tonalidade amarela) ou negativo (tendência da cor para tonalidade azul).

As farinhas que apresentarem luminosidade igual ou acima de 93 são consideradas brancas. Já para as coordenadas de cromaticidade os valores de  $-0,5 < a^* > 0,5$  e  $-8 < b^* > 8$  são considerados ideais, classificando-as como farinhas totalmente brancas (ORTOLAN et al., 2010).

### **3.8. Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade e estabilidade fenotípica**

Os melhoristas e fitotecnistas têm certa dificuldade em selecionar e recomendar cultivares, em virtude da interação genótipos x ambientes. A interação proporciona respostas distintas dos genótipos, quando submetidos a diferentes condições ambientais, alterando o desempenho destes e diminuindo a relação entre o genótipo e fenótipo, ou seja, o fenótipo é o resultado da expressão do genótipo, do efeito do ambiente e da interação genótipo x ambiente (YAN e HOLLAND, 2010).

Segundo Cruz e Carneiro (2006), a interação genótipos x ambientes está ligada a dois fatores, um denominado simples que é proporcionado pela diferença entre os genótipos, e outro denominado complexo, que é verificado pela falta de correlação entre os genótipos. A baixa correlação entre genótipos e fenótipos indica que os melhores genótipos em um ambiente podem não terem o mesmo desempenho em outro ambiente.

O efeito da interação genótipos x ambientes torna a seleção mais complexa, em virtude da dificuldade de encontrar genótipos superiores em uma ampla gama de ambientes. Contudo, para auxiliar no processo de seleção, alguns métodos estatísticos ajudam a compreender a interação, tornando os resultados mais palpáveis ao melhorista (RAMOS et al., 2011).

Dentre os métodos estatísticos para a avaliação dos parâmetros de estabilidade e adaptabilidade, são muito utilizados o de Annicchiarico (1992) e a análise AMMI (*Additive Main effects and Multiplicative Interaction*) (ZOBEL et al., 1988).

### 3.8.1. Método de Annicchiarico (1992)

O método de Annicchiarico (1992) baseia-se na análise de variância conjunta dos experimentos, fazendo-se, posteriormente, o desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos x ambientes, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo (CRUZ e CARNEIRO 2006).

O método gera um índice de confiança genotípico, que é estimado por  $\omega_{i(g)} = \mu_{i(g)} - Z_{(1-\alpha)} \sigma_{i(g)}$ , considerando-se todos os ambientes, em que  $\mu_{i(g)}$  é a média percentual dos genótipos  $i$ ;  $\sigma_{i(g)}$  é o desvio-padrão dos valores  $z_{ij}$ , associado ao  $i$ -ésimo genótipo;  $Z_{(1-\alpha)}$  é o percentual da função de distribuição normal padrão. O índice deve ser calculado para os ambientes favoráveis e desfavoráveis. O coeficiente de confiança adotado é de 75%, isto é,  $\alpha = 0,25$ . São considerados mais estáveis os genótipos associados aos maiores valores de índice de recomendação  $\omega_i$  (PEREIRA et al., 2009a).

Condé et al. (2010) utilizaram o método Annicchiarico (1992) na determinação de estabilidade fenotípica de genótipos de trigo. Pereira et al. (2009b) recomendam o uso do método de Annicchiarico, pois identifica os genótipos mais estáveis como os mais produtivos, além da facilidade de interpretação dos dados. Barros et al. (2012), ao compararem os métodos de Annicchiarico e Centroeide, encontraram coerência dos dados de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. Barros et al. (2008) verificaram que os métodos Annicchiarico, Centroeide e Lin e Bins apresentam coerência nos resultados.

Segundo Cruz e Carneiro (2006), o método de Annicchiarico pode ser aplicado quando o número de ambientes é restrito, mas usa um conceito de estabilidade que pode não ser de grande interesse para o melhorista, pois o método indica que o genótipo mais estável é aquele que apresenta mínima variância entre ambientes, porém geralmente os genótipos com baixa variância não são os mais produtivos.

### 3.8.2. Metodologia AMMI (ZOBEL et al., 1988)

A análise AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis*), significa análise de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa. Esse método é mais eficiente para a seleção de genótipos do que métodos comuns, pois possibilita o melhor detalhamento da soma de quadrados da interação. Esse detalhamento facilita o trabalho do

melhorista, já que o método pode combinar em um único modelo estatístico, os componentes aditivos para os efeitos principais, genótipos e ambientes, e componentes multiplicativos para os efeitos da interação (GARCÍA-PEÑA e DIAS, 2009).

A análise AMMI é utilizada em programas de melhoramento para a identificação de genótipos superiores e adaptados, como também para a confecção de mapas de zoneamento agrícola, para recomendação de cultivares e estudos de regiões testes, para ensaios de valor cultivo e uso (VCU) (ZOBEL et al., 1988).

Na avaliação de um experimento, apenas os valores das variáveis isoladas não são suficientes para a melhor interpretação, pois uma das variáveis pode ter influência sobre outra, tanto em efeitos mútuo, sinérgicos ou antagônicos, mascarando alguns resultados e levando o melhorista ao erro. Em virtude desse fato, faz-se necessário compreender as relações entre as variáveis e uma ferramenta importante na compreensão são as análises multivariadas. Segundo García-Peña e Dias (2009), a análise multivariada simplifica a interpretação dos dados sem perda de informações.

O modelo da metodologia AMMI pode ser demonstrado por:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : é a resposta média do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, G$  genótipos) no ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, A$  ambientes);

$\mu$ : é a média geral dos ensaios;

$g_i$ : é o efeito fixo do genótipo  $i$ ;

$a_j$ : é o efeito aleatório do ambiente  $j$ ;

$\lambda_k$ : é o  $k$ -ésimo valor singular (escalar) da matriz de interações original (denotada por  $GA$ );

$\gamma_{ik}$ : é o elemento correspondente ao  $i$ -ésimo genótipo no  $k$ -ésimo vetor singular coluna da matriz  $GA$ ;

$\alpha_{jk}$ : é o elemento correspondente ao  $j$ -ésimo ambiente no  $k$ -ésimo vetor singular linha da matriz  $GA$ ;

$\rho_{ij}$ : é o ruído associado ao termo  $(ga)_{ij}$  da interação clássica do genótipo  $i$  com o ambiente  $j$ ;

$\bar{\epsilon}_{ij}$ : é o erro experimental médio.

Após aplicar o método, é gerado um gráfico conhecido como biplot, que permite o entendimento e a visualização dos genótipos adaptados e estáveis aos ambientes de cultivo. O



gráfico biplot representa os resultados de análise de componentes principais, em que o valor de cada componente da tabela de dupla entrada é visualizado pelo produto de vetores e pelo co-seno do ângulo entre dois vetores. Para a obtenção do gráfico biplot é realizada a análise de variância (ANAVA) e a decomposição dos valores observados. Em outras palavras, a ANAVA é dividida em componentes aditivos dos efeitos principais, como média geral, de genótipos e ambientes, e o resíduo representa os componentes não aditivos multiplicativos (interação). Para a interpretação do método é necessário escolher quantos eixos serão utilizados, e a escolha é baseada na significância dos componentes em relação ao quadrado médio do erro (SILVA e BENIN, 2012).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Locais dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em 10 ambientes, sendo seis em 2011 e quatro em 2012, em municípios situados nos estados do Paraná e São Paulo, conforme Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.** Locais dos experimentos e respectivas coordenadas geográficas, altitudes, classificação climatológica de acordo com Köppen e região tritícola.

Locais	Ano	Estado	Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Clima	Região tritícola
Cruzália	2011 e 2012	SP	22° 44' 08" S 50° 47' 37" W	318	Cfa	3
Taquarivaí	2011	SP	23° 55' 28" S 48° 41' 35" W	555	Cfa	3
Palotina	2011 e 2012	PR	24° 17' 02" S 53° 50' 24" W	333	Cfa	3
Astorga	2011	PR	23° 13' 57" S 51° 39' 56" W	675	Cfa	3
Nova Fátima	2011 e 2012	PR	23° 25' 56" S 50° 33' 50" W	673	Cfa	3
Arapongas	2011	PR	23° 25' 10" S 51° 25' 28" W	729	Cfa	3
Apucarana	2012	PR	23° 33' 03" S 51° 27' 39" W	820	Cfa	3

**Tabela 2.** Precipitação pluvial em mm mês<sup>-1</sup>, no período das safras de 2011 e 2012 nos 10 ambientes.

Mês/Ano	Precipitação (mm mês <sup>-1</sup> )						
	Cruzália	Taquarivaí	Palotina	Astorga	Nova Fátima	Arapongas	Apucarana
abril/11	132,9	84,9	117,8	211,6	117,5	218,3	-
maio/11	12,5	20,2	7,7	15,9	19,8	14,4	-
junho/11	90,7	95,2	115,3	121,4	122,6	100,1	-
julho/11	95,1	71,3	123,2	117,5	111,9	114,0	-
agosto/11	63,2	94,1	171,4	59,2	103,8	70,1	-
setembro/11	6,3	13,6	75,3	22,8	9,4	17,2	-
Total	400,7	379,3	610,7	548,4	485	534,1	
abril/12	163,1	-	275,9	-	225,6	-	162,4
maio/12	120,5	-	128,8	-	91,4	-	130,0
junho/12	396,3	-	157,1	-	391,1	-	355,7
julho/12	64,1	-	55,4	-	42,5	-	31,3
agosto/12	0,0	-	8,6	-	2,9	-	3,1
setembro/12	92,7	-	58,7	-	42,8	-	69,3
Total	836,7		684,5		796,3		751,8

Fonte: INPE, 2014.

Todos os experimentos fazem parte de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) dos genótipos desenvolvidos pela empresa de melhoramento OR Melhoramento<sup>®</sup>. Os genótipos foram previamente selecionados para as regiões Norte do Paraná, Centro-Oeste e Sudoeste de São Paulo.

#### **4.2. Material experimental, instalação e condução dos experimentos.**

Foram conduzidos dez experimentos e em cada um foram avaliados 25 genótipos, sendo 20 linhagens em fase de VCU e cinco cultivares comerciais (Tabela 3). As linhagens foram obtidas a partir de cruzamentos destinados à região 3 de adaptação do trigo, segundo a Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2010) e com seleções na região, mantendo-se as mais promissoras no programa. Como testemunhas foram utilizadas algumas das cultivares mais plantadas no Sul do Brasil, que estão no mercado há alguns anos e que caracterizam-se por apresentarem alta produtividade de grãos, resistência às principais doenças e estão registradas com a classificação de farinha tipo pão e melhorador.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições. Cada parcela foi constituída por sete linhas espaçadas 0,17 m, com 4,0 m de comprimento, totalizando 4,76 m<sup>2</sup>. A semeadura foi realizada com semeadora de parcela da marca Semeato<sup>®</sup>, sob sistema de plantio direto.

No ano de 2011 os experimentos foram semeados nos dias 20/04 em Cruzália, 30/04 em Taquarivaí, 05/05 em Palotina, 08/05 em Araçongas, 12/05 em Nova Fátima e 19/05 em Astorga. No ano de 2012 os experimentos foram semeados nos dias 24/04 em Cruzália, 08/05 em Nova Fátima, 10/05 em Palotina e 13/05 em Apucarana.

A adubação de base foi realizada de acordo com as análises de solo dos ambientes. A adubação de cobertura foi de 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, distribuídas em duas aplicações, sendo a primeira na fase de perfilhamento e a segunda na alongação da cultura, seguindo as recomendações da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale (2010).

O controle fitossanitário foi realizado com pulverizações de fungicida dos grupos químicos Estrobilurina e Triazol, de ingrediente ativo Azoxistrobina e Ciproconazol, respectivamente, nas dosagens recomendadas pelo fabricante. O controle de plantas daninhas foi realizado em pré-semeadura com dessecação da área e em pós-emergência para o controle de plantas indesejadas, de acordo com a necessidade. O controle de insetos pragas foi realizado quando o nível de dano econômico foi atingido.

**Tabela 3.** Linhagens e respectivas genealogias e testemunhas avaliadas nos experimentos. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

<b>Genótipos</b>	<b>Linhagem</b>	<b>Genealogia</b>
L1	L 080014	ORL97061/ORL00241//CD104
L 2	L 080025	SUZ6/WEAVER//TUI3/SUP/4/CD104
L 3	L 080030	ORL99396/ORL97061//SUP
L 4	L 080084	ÔNIX/3/ALC/ÔNIX//ÔNIX/4/SUP
L 5	L 080105	CRX/CD104//ALC
L 6	L 080112	CRX/CD104//ALC
L 7	L 080218	ALC/ÔNIX//VAN/4/ÔNIX/3/ALC/ÔNIX//ÔNIX
L 8	L 080219	ALC/ÔNIX//VAN/4/ÔNIX/3/ALC/ÔNIX//ÔNIX
L 9	L 080283	ORL98231's'/TAU//ALC/3/ALC
L 10	L 080287	ORL98231/IOR00131//ÔNIX
L 11	L 080361	ORL00353/ABA
L 12	L 070028	BR35/ROND//95305/3/ALC/4/ALC
L 13	L 070053	LAJ96010/JSP//ALC
L 14	L 070078	CD104/IOR9817//PMP
L 15	L 070084	CRX/ALC//ALC
L 16	L 070266	ORL94346/ALC//AVT/3/ÔNIX
L 17	L 070404	CEP0033/ÔNIX/3/ÔNIX*2//TC14/2*SPEAR
L 18	L 070405	Campo Real/VAN//ÔNIX
L 19	L 060702	ORL97061/CD 104
L 20	L 060764	PMP/ORL98231//CRX
Quartzo	Quartzo	ONIX/AVANTE
CD 104	CD 104	PFAU"S"/IAPAR 17
BRS 220	BRS 220	EMBRAPA16/TB108
Topázio	Topázio	PAMPEANO"S"/ABALONE
Ametista	Ametista	PF950351/ABA//ÔNIX

#### 4.3. Colheita dos experimentos

A colheita dos experimentos foi realizada com colhedora de parcelas da marca Wintersteiger<sup>®</sup>. As colheitas foram realizadas em 2011 nos dias 25/08 em Cruzália, 03/09 em Taquarivaí, 08/09 em Palotina, 12/09 em Araongas, 13/09 em Astorga e 20/09 em Nova Fátima. No ano de 2012 as colheitas foram realizadas nos dias 29/08 em Cruzália, 10/09 em Nova Fátima, 12/09 em Palotina e 17/09 em Apucarana.

De cada experimento, os grãos colhidos em cada parcela foram submetidos ao processo de secagem em secador a gás. Após a secagem, os grãos foram limpos em máquina de ar e peneira para a retirada de aristas, glumas e impurezas. Na sequência, foram

armazenados em câmara fria até a realização das avaliações e análises.

#### **4.4. Avaliações**

Os componentes de produtividade de grãos (peso hectolitro e peso de mil grãos) e as características relacionadas à qualidade industrial da farinha (proteína, estabilidade, sedimentação com dodecil sulfato de sódio e cor) foram obtidos em 23 genótipos avaliados em apenas dois ambientes (Nova Fátima-PR e Cruzália-SP, no ano de 2012). A produtividade de grãos dos 25 genótipos foi avaliada nos 10 ambientes de cultivo.

##### 4.4.1. Avaliação dos componentes de produtividade de grãos

###### 4.4.1.1. Peso de mil grãos

Para a obtenção do peso de mil grãos (PMG), retirou-se de cada parcela uma amostra de trabalho que continham apenas grãos puros. Desta amostra contaram-se 600 grãos, que foram pesados em uma balança de precisão de 0,1g. O PMG foi obtido pela expressão matemática  $[(\text{peso da amostra} \times 1000) / \text{número de total de grãos}]$ , em gramas, com correção da umidade para 13%.

###### 4.4.1.2. Peso hectolitro

O peso hectolitro (PH) foi obtido com o auxílio de uma balança hectolétrica de um quarto de litro da marca Motomco<sup>®</sup>. Por meio do peso obtido, em gramas, o peso hectolitro da amostra foi determinado por meio de uma tabela de conversão.

Os grãos foram alocados no tubo de forma adequada, sem nenhum tipo de pressão ou vibração para a melhor acomodação. Assim, o valor do PH torna-se independente de fatores externos e depende apenas das características dos grãos (comprimento, enchimento e peso), que variam entre as cultivares.

#### 4.4.2. Produtividade de grãos

Para a determinação da produtividade de grãos, de cada experimento, analisaram-se todas as parcelas. Após a colheita e a secagem, os grãos das parcelas foram pesados em balança de precisão e a produtividade foi expressa em  $\text{kg ha}^{-1}$ , com correção para 13% de umidade.

#### 4.4.3. Análises de qualidade industrial da farinha

As análises de qualidade industrial da farinha foram realizadas no laboratório de qualidade de panificação da OR Melhoramento<sup>®</sup>. Foram obtidas amostras de 1 kg de grãos, a partir das quais foram retiradas amostras de 200g, que foram moídas em alta velocidade de rotação em um moinho (Cyclone Sample Mill). Após a moagem, as farinhas foram peneiradas para a retirada de partículas maiores. As farinhas foram acondicionadas em placas de Petri, até a utilização para as análises de mixografia, sedimentação com dodecil sulfato de sódio e cor.

##### 4.4.3.1 Proteína dos grãos

A determinação do teor de proteína dos grãos foi realizada por um método quantitativo, não destrutivo, utilizando-se o aparelho NIR Inframatic 9200, que determina a quantidade de proteína através da radiação infravermelho próximo, com comprimento de ondas de 780 – 2.500 nm.

##### 4.4.3.2. Mixografia

Para a análise de mixografia utilizou-se o aparelho mixógrafo de Swanson (National Manufacturing Division). Foram utilizadas amostras de farinha com peso em torno de 10 gramas. As quantidades de farinha e água foram determinadas por fórmulas. Primeiramente determinou-se a absorção da farinha em porcentagem, através da fórmula ( $\text{abs\%} = \text{PROT.} \times 1,5 + 43,6$ ). Posteriormente, calculou-se a quantidade de farinha (QF), verificou-se a umidade da farinha, e substituiu-se o valor na fórmula  $QF = (100-14)/(100 - \text{umidade da farinha}) \times$

10,0. Por último, calculou-se a quantidade de água (QA), pela fórmula  $QA = (abs\% / 100 \times 10,0) + (10,0 - QF)$ . A metodologia utilizada seguiu as recomendações da AACC (2000).

#### 4.4.3.3. Sedimentação com dodecil sulfato de sódio (SDS)

Para a realização do teste foi necessário fazer duas soluções (A e B), utilizando-se sulfato de sódio-lauril, água destilada e ácido láctico 90%.

A solução A foi preparada com 20g de sulfato de sódio-lauril para 1 litro de água destilada. Para a solução B foram utilizados 10 mL de ácido láctico para 80 mL de água destilada. O reagente foi obtido pela mistura de 1 litro de solução A com 20 ml solução B.

Para a realização do teste, em uma proveta de 100 mL foram colocados 3,2 g de farinha e 50 mL de água destilada, agitando-se aos 2 e aos 4 minutos após a mistura. Aos 4 minutos após a agitação adicionou-se 50 mL de reagente. A proveta foi invertida lentamente aos 6, 8, e 10 minutos e posicionada em um suporte para fazer a leitura de sedimentação. Após 10 e 15 minutos foram realizadas duas leituras visuais, ou seja, aos 20 e 25 minutos do início do teste.

#### 4.4.3.4. Cor da farinha

A cor foi determinada pelo aparelho colorímetro de Minolta® CR 310, que permite avaliar diretamente algumas propriedades da cor em farinhas de trigo. A técnica está de acordo com o método 14-22 da AACC (2000). Direcionou-se o aparelho sobre a amostra de farinha, realizando-se duas leituras por amostra. Nas leituras são observadas, a luminosidade, variando de zero (0) preto a 100 branco, a coordenadas de cromaticidade  $a^*$ , cujo valor negativo indica tendência à cor verde e valor positivo tendência à cor vermelha e coordenadas de cromaticidade  $b^*$ , cujo valor negativo e positivo indicam tendência à cor azul e amarelo, respectivamente.

### 4.5. Análises estatísticas

Os dados de cada variável avaliada foram submetidos à análises de variância individuais, para cada ambiente. Foi verificada a homocedasticidade por meio do teste F

máximo de Hartley e a normalidade dos erros pelo teste de normalidade Qui-quadrado, sendo realizada posteriormente a análise de variância conjunta envolvendo os diferentes ambientes de cultivo. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa computacional GENES (CRUZ, 2013).

Foi avaliada a estabilidade da produtividade de grãos, considerando os dez ambientes, pela metodologia de Annicchiarico (1992), utilizando o programa computacional GENES (CRUZ, 2013) e pela metodologia que emprega análise multivariada AMMI (ZOBEL et al., 1988), utilizando o programa Estabilidade (FERREIRA, 2000).



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Características agronômicas e de qualidade industrial da farinha

A análise de variância conjunta das características agronômicas (Tabela 4) e de qualidade industrial da farinha (Tabela 5) mostrou efeitos significativos para os genótipos, ambientes, bem como para a interação genótipos x ambientes. Ocorreu interferência do ambiente nas características agronômicas e de qualidade industrial, promovendo a mudança de classificação da farinha quando os genótipos foram submetidos a diferentes ambientes de cultivo. Os coeficientes de variação foram adequados para todas as características avaliadas, demonstrando boa precisão experimental.

**Tabela 4.** Resumo da análise conjunta das características peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH), teor de proteína dos grãos (PROT) e produtividade de grãos (PG) de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP, em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

FV	GL	QM			
		PMG	PH	PROT	PG
Bloco/Ambiente	4	16,26	6,40	0,38	1.532.538,62
Genótipo (G)	22	94,50*	15,03**	2,78**	973.870,08**
Ambiente (A)	1	695,74*	626,13**	96,66**	177.310.004,52**
GxA	22	9,51**	14,08**	0,39*	1.033.157,11**
Erro	88	1,99	4,79	0,21	371.070,478
CV%		4,57	2,73	3,15	14,11

\*,\*\*significativo a 5% e 1% de probabilidade.

**Tabela 5.** Resumo da análise conjunta das características estabilidade da farinha (EF), sedimentação com dodecil sulfato de sódio (SDS) e parâmetros da cor da farinha [luminosidade (L\*), coordenada de cromaticidade (a\*) e coordenada de cromaticidade (b\*)], de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

FV	GL	QM				
		EF	SDS	L*	a*	b*
Bloco/Ambiente	4	0,82	16,49	2,18	0,51	2,28
Genótipo (G)	22	74,00**	337,25**	5,5**	0,78**	3,54**
Ambiente (A)	1	1.085,84**	665,28**	55,37**	3,92**	39,78**
GxA	22	43,02**	90,99**	1,27**	0,31**	0,44**
Erro	88	0,80	4,40	0,26	0,08	0,19
CV%		7,16	3,41	0,59	12,36	3,98

\*, \*\*significativo a 5 e 1% de probabilidade.

#### 5.1.1.1. Peso de mil grãos

Quanto ao peso de mil grãos (PMG) os genótipos apresentaram maiores valores em Nova Fátima, com média de 32,88g contra 28,59g em Cruzália. Apenas quatro genótipos não diferiram estatisticamente nos dois ambientes (Tabela 6).

A linhagem L9 apresentou o maior PMG em Cruzália, diferenciando-se estatisticamente dos demais, com 38,55g. Em Nova Fátima a linhagem que superou estatisticamente os demais foi L15 com 41,26 g (Tabela 6). Nos dois ambientes de cultivo foram formados seis grupos pelo teste de Scott Knott. Dentre as testemunhas, a cultivar Ametista apresentou os valores mais altos do PMG, mas mesmo assim ficou abaixo de algumas linhagens.

A variação do PMG entre os genótipos foi relativamente alta e houve a formação de seis grupos. Em Nova Fátima a diferença entre a linhagem L15 e L20, com maior e menor PMG, respectivamente, foi de 14,61g. Em Cruzália a diferença entre o maior e o menor, L9 e L20 respectivamente, foi de 15,82g (Tabela 6). Smanhotto et al. (2006) encontraram valores de PMG semelhantes ao deste experimento, quando avaliaram linhagens e cultivares comerciais de trigo. Silva et al. (2011) encontraram diferenças grandes entre o peso de mil grãos dos genótipos submetidos a diferentes ambientes de cultivo, com valores variando de 25 a 42g, e atribuíram isso à variabilidade genética entre os genótipos e as condições ambientais às quais os genótipos foram submetidos.

### 5.1.2. Peso hectolitro

O peso hectolitro (PH) corresponde à massa de grãos, em quilogramas, em um volume de 100 litros. Os valores de PH apresentaram a mesma tendência do PMG e a média dos valores no ambiente Nova Fátima foi superior a Cruzália, 82,4 kg kl<sup>-1</sup> e 78,1 kg kl<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 6). Segundo a Instrução Normativa Nº 39, de 30 de novembro de 2010, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2010), trigos que apresentam valor de PH acima de 78,0 kg kl<sup>-1</sup> são classificados como tipo 1. Assim, apenas oito genótipos no ambiente de Cruzália não seriam classificados como tipo 1. Vários genótipos apresentaram PH acima de 80, em ambos os ambientes (Tabela 6). Gutkoski et al. (2011b) encontraram valores de PH acima de 80 kg kl<sup>-1</sup> nas cultivares Safira e Ônix, que também são oriundas da OR Melhoramento®.

Em Nova Fátima não houve diferença significativa entre as linhagens. Em Cruzália a linhagem L20, apresentou o menor valor de peso hectolitro, diferenciando-se dos demais genótipos. Adicionalmente, a mesma linhagem também apresentou o menor PMG, o que pode estar correlacionado com o baixo PH.

O valor do PH é uma importante variável considerada na comercialização do trigo. Costa et al. (2008) atribuíram melhor qualidade aos trigos importados pois apresentaram maiores valores de PH comparativamente aos trigos nacionais.

O PH é influenciado por vários fatores ambientais, como disponibilidade de nitrogênio, número de grãos por espiga, número de perfilhos, chuvas no período de maturação fisiológica, entre outros. Segundo Mendes et al. (2011), o peso hectolitro pode variar de acordo com a forma, textura do tegumento, tamanho e peso das sementes. Smanhotto et al. (2006) encontraram diferenças significativas quando avaliaram diferentes cultivares e linhagens de trigo e encontraram valores de PH, estabilidade e proteínas semelhantes aos deste trabalho.

Schmidt et al. (2009) observaram grande variação de peso hectolitro entre as cultivares brasileiras, e verificaram correlação do PH com número de queda, ou seja, trigos com PH alto apresentam os melhores valores de qualidade industrial.

**Tabela 6.** Médias do peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH) e produtividade de grãos (PG) de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP, em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

Genótipo	PMG (g)				PH (kg kl <sup>-1</sup> )				PG (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Nova Fátima		Cruzália		Nova Fátima		Cruzália		Nova Fátima		Cruzália	
L1	31,72	d A	28,33	e B	82,2	a A	78,6	a B	5.155	b A	3.423	c B
L2	35,36	c A	32,03	c B	81,0	a A	80,1	a A	5.181	b A	2.885	c B
L3	29,60	e A	23,68	f B	84,1	a A	80,1	a B	5.895	a A	2.678	c B
L4	32,77	d A	24,17	f B	83,1	a A	75,0	b B	5.797	a A	3.869	b B
L5	33,84	d A	29,67	d B	81,3	a A	80,4	a A	4.879	b A	3.821	b B
L6	38,58	b A	36,09	b B	82,5	a A	81,0	a A	5.036	b A	2.575	c B
L7	33,96	d A	25,12	f B	82,5	a A	76,8	a B	6.273	a A	3.027	c B
L8	31,81	d A	25,61	f B	83,1	a A	77,7	a B	5.646	a A	2.422	c B
L9	39,53	b A	38,55	a A	82,8	a A	80,4	a A	3.731	b A	3.289	c A
L10	37,71	b A	35,04	b B	82,8	a A	80,4	a A	5.150	b A	3.294	c B
L11	28,27	f A	25,67	f B	82,8	a A	78,0	a B	4.671	b A	2.956	c B
L12	38,60	b A	32,45	c B	83,4	a A	82,2	a A	4.879	b A	3.868	b B
L13	35,15	c A	26,60	e B	82,5	a A	79,2	a A	5.564	a A	3.310	c B
L14	33,55	d A	29,12	e B	82,8	a A	80,1	a A	5.075	b A	3.095	c B
L15	41,26	a A	31,57	c B	83,1	a A	79,2	a B	5.254	b A	2.845	c B
L16	33,34	d A	31,06	c A	82,5	a A	81	a A	6.017	a A	2.856	c B
L17	27,63	f A	26,75	e A	82,2	a A	77,1	a B	6.070	a A	2.874	c B
L18	29,64	e A	24,16	f B	82,5	a A	74,4	b B	6.278	a A	2.991	c B
L19	30,25	e A	27,31	e B	80,7	a A	78,9	a A	5.317	b A	3.163	c B
L20	26,65	f A	22,73	f B	82,2	a A	68,4	c B	5.584	a A	2.672	c B
Quartzo	30,68	e A	27,55	e B	81,3	a A	77,4	a B	6.256	a A	3.542	b B
Topázio	27,43	f A	24,69	f B	82,8	a A	74,1	b B	5.673	a A	2.878	c B
Ametista	33,49	d A	29,59	d B	82,8	a A	78,6	a B	5.954	a A	4.863	a B
MÉDIA	32,88 B		28,59 A		82,4 B		78,1 A		5.449 B		3.182 A	
CV (%)	4,57				2,73				14,11			

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna para cada característica constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ).

### 5.1.3. Produtividade de grãos

Quanto à produtividade de grãos, a maioria dos genótipos foi superior em Nova Fátima e apenas a linhagem L9 não apresentou diferença significativa entre os ambientes. Em Nova Fátima formaram-se dois grupos de médias e em Cruzália formaram-se três grupos pelo

teste de Scott knott. A diferença entre as médias dos ambientes foi de 2.274 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 6).

Em Cruzália a cultivar Ametista se destacou, apresentando produtividade de grãos de 4.863 kg ha<sup>-1</sup>, diferenciando-se significativamente dos demais genótipos. As linhagens L4, L5, L12 e a testemunha Quartzo, não diferiram entre si e ficaram no segundo grupo de classificação (Tabela 6). Em Nova Fátima as linhagens L3, L4, L7, L8, L13, L16, L17, L18 e L20 apresentaram as maiores produtividades de grãos, não diferindo das testemunhas Quartzo, Ametista e Topázio (Tabela 6).

A maior produtividade média em Nova Fátima pode ter sido devido à altitude. Em maiores altitudes localiza-se a chamada zona fria e úmida, que proporciona condição favorável à definição do número de grãos por unidade de área, um dos principais componentes de produtividade de grãos no trigo (MONTEIRO, 2009). Essa condição é obtida pela relação entre a radiação solar e a temperatura (quociente fototermal), no período que inicia antes da antese até após a floração, tornando os ambientes com altas altitudes mais favoráveis ao cultivo do trigo, apresentando maiores produtividades de grãos e baixa variabilidade entre as safras (MONTEIRO, 2009).

#### 5.1.4. Proteína

Quanto ao teor de proteína dos grãos, todos os genótipos apresentaram maiores valores em Cruzália, variando de 13,7 a 16,9% (Tabela 7). Contudo, os valores de proteína em Nova Fátima também se mostraram muito bons, ficando acima de 12%. Na média dos ambientes de cultivo os valores de proteína demonstraram amplitude de 13,73 e 15,4% em Nova Fátima e Cruzália, respectivamente.

Em Nova Fátima foram formados três grupos pelo teste de Scott Knott, apenas duas linhagens (L12 e L15) foram classificadas com baixo teor de proteína. Essas mesmas linhagens e outras duas (L13 e L14) apresentaram baixa porcentagem de proteína em Cruzália. A maioria dos genótipos foi classificada no grupo de alto teor de proteína em Nova Fátima, acima de 13,6%, mas em Cruzália apenas três linhagens se destacaram (L8, L10 e L18), apresentando alto teor de proteína e diferindo estatisticamente das testemunhas (Tabela 7). Isso pode ser devido à diluição do nutriente nitrogênio na planta em Nova Fátima. Já em Cruzália a menor produtividade concentrou o nutriente, proporcionando a síntese de proteínas

com maior peso molecular. Borghi et al. (1995) encontraram maior teor de proteína em trigos com menor produtividade, e segundo os autores isso ocorreu pela concentração do nitrogênio na planta e, conseqüentemente, houve maior disponibilidade de nitrogênio nos grãos para a síntese de proteínas. Resultados semelhantes foram encontrados por Guarienti et al. (2005).

Alguns trabalhos relatam que a quantidade de proteína está intimamente ligada à qualidade industrial de panificação (PRUSKA-KEDZIOR et al., 2008; GUTKOSKI et al., 2011b), mas isso contrapõe-se aos resultados relatados por Schmidt et al. (2009), que encontraram genótipos com baixo teor de proteína que foram classificados como trigo melhorador e genótipos com alto teor de proteína e baixa qualidade final (uso doméstico). Isso também foi observado no presente trabalho, em que a linhagem L17 apresentou baixo teor de proteína em relação aos outros no experimento em Nova Fátima, mas demonstrou bom volume de SDS e as linhagens L4, L6, L8, L16 e L19 apresentaram alto teor de proteína e baixa SDS em Cruzália (Tabela 6). Isso mostra que além da quantidade, a qualidade da proteína (proteínas com alto peso molecular) é importante para a qualidade final de panificação, tornando-se algumas vezes mais importante que a quantidade de proteína no grão (COSTA et al., 2008).

#### 5.1.5. Mixografia (estabilidade da farinha)

As análises de qualidade da farinha dos 23 genótipos de trigo cultivados em dois ambientes no ano de 2012 encontram-se na Tabela 7. Para estabilidade da farinha (EF) o ambiente Cruzália proporcionou valores médios superiores a Nova Fátima. Apenas seis linhagens se destacaram em Nova Fátima, diferindo estatisticamente das melhores testemunhas, já em Cruzália 16 linhagens se destacaram, mas não diferiram estatisticamente das testemunhas, com estabilidade superior a 15 minutos.

Segundo a classificação descrita na Instrução Normativa Nº 39, de 30 de novembro de 2010, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010), sete genótipos em Nova Fátima e 19 em Cruzália, poderiam ser classificados como para “pão” ou “melhorador”, embora para confirmar é necessário analisar a força de glúten e número de queda.

**Tabela 7.** Médias dos parâmetros de qualidade da farinha, estabilidade da farinha em minutos (EF), teor de proteína (PROT) e volume de sedimentação (SDS) de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

Genótipos	PROT (%)			EF (min)			SDS (mL)					
	Nova Fátima		Cruzália	Nova Fátima		Cruzália	Nova Fátima		Cruzália			
L1	14,20	a B	15,67	b A	17,43	a A	17,17	a A	66,00	c B	84,67	a A
L2	14,43	a B	15,83	b A	17,17	a A	17,27	a A	58,33	d B	67,67	c A
L3	13,20	b B	15,60	b A	5,93	c B	16,37	a A	60,00	d B	86,33	a A
L4	13,70	a B	15,27	b A	16,30	a A	15,90	a A	49,00	f B	58,33	e A
L5	13,93	a B	14,77	c A	6,27	c A	6,60	b A	51,67	e B	56,00	f A
L6	13,97	a B	15,17	c A	17,63	a A	17,83	a A	55,33	d A	54,00	f A
L7	14,00	a B	15,77	b A	7,30	c B	17,10	a A	63,33	c A	59,00	e B
L8	13,47	b B	16,27	a A	6,03	c B	16,53	a A	58,33	d A	58,67	e A
L9	13,80	a B	15,80	b A	6,67	c A	7,63	b A	70,67	b A	66,67	c B
L10	14,47	a B	16,90	a A	17,23	a A	17,03	a A	75,00	a A	71,67	b A
L11	14,53	a B	15,83	b A	6,93	c B	17,27	a A	61,00	c A	60,67	e A
L12	12,67	c B	14,33	d A	5,43	c B	17,50	a A	50,00	f A	50,67	g A
L13	12,83	b B	14,20	d A	7,33	c A	7,27	b A	52,00	e B	56,00	f A
L14	13,27	b B	14,27	d A	6,27	c B	17,83	a A	56,33	d A	56,00	f A
L15	12,03	c B	13,70	d A	6,83	c A	6,83	b A	48,67	f A	50,00	g A
L16	13,73	a B	15,47	b A	14,93	b B	17,40	a A	57,67	d A	60,00	e A
L17	13,23	b B	15,67	b A	6,30	c B	17,37	a A	69,33	b A	72,00	b A
L18	14,30	a B	16,60	a A	8,13	c B	16,50	a A	58,67	d B	65,67	d A
L19	14,33	a B	15,63	b A	6,57	c B	17,33	a A	64,67	c A	60,33	e B
L20	13,63	a B	15,00	c A	17,20	a A	16,47	a A	57,00	d B	72,67	b A
Quartzo	13,13	b B	15,00	c A	5,73	c B	17,07	a A	53,00	e B	62,33	d A
Topázio	14,67	a B	16,07	b A	6,33	c B	17,10	a A	64,33	c A	64,00	d A
Ametista	14,30	a B	15,53	b A	7,47	c B	17,10	a A	65,00	c B	73,00	b A
MÉDIA	13,73 B		15,40 A		9,71 B		15,32 A		59,36 B		63,75 A	
CV(%)	3,14				8,98				3,40			

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna para cada característica constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ).

Gutkoski et al. (2007) encontraram relação direta entre estabilidade e força de glúten, e a maior estabilidade ocorreu nas cultivares com maior força de glúten. Em contrapartida, Freo et al. (2011) encontraram relação negativa entre estabilidade e força de glúten. Tonon (2010) verificou correlação negativa entre tempo de amassamento (TA), uma característica avaliada no teste de mixografia, com força de glúten, e as farinhas com menor tempo de TA apresentaram maior força de glúten.

Quando o foco é a farinha para a produção de pão, os genótipos com alta estabilidade

são recomendados, já que para essa finalidade o tempo necessário de mistura dos ingredientes com a farinha é alto e as propriedades visco-elásticas são de extrema importância para o crescimento da massa (GUTKOSKI et al., 2009). Os genótipos que apresentam baixa estabilidade já são descartados ou encaminhados para o melhoramento de trigo para biscoito.

Gutkoski et al. (2011a) ao avaliarem genótipos destinados à fabricação de bolos, concluíram que o genótipo que apresentou menor valor de força de glúten, relação baixa de tenacidade/extensibilidade e estabilidade igual a 6 minutos, foi o mais indicado a produção de bolos. Utilizando esses parâmetros, percebe-se que algumas linhagens (L5, L13 e L15) poderiam ser destinadas a esse mercado, pois apresentaram baixa estabilidade e SDS média (Tabela 7).

Houve diferenças significativas para a EF entre os ambientes, para as linhagens L3, L7, L8, L11, L12, L14, L16, L17, L18, L19 e as testemunhas Quartzo, Topázio e Ametista (Tabela 7), e isso ocorre por se tratar de uma característica de herança quantitativa (BARNARD et al., 2002), controlada por vários genes, na qual a interferência do ambiente na expressão fenotípica é mais pronunciada.

No gráfico de estabilidade (Figura 1A) verifica-se que a linhagem L1 permaneceu estável até os 20 minutos no tempo final da análise, com estabilidade alta, de 17,5 minutos. Observa-se também, quanto ao tempo de amassamento (TA), que é representado pelo pico mais alto no gráfico, que essa linhagem ultrapassou o valor de 60 mm, cujo valor representa a resistência da massa aos pinos rotativos do aparelho. Quanto maior a força realizada pelo aparelho mais alto é o valor do eixo Y do gráfico e, nesse caso, a linhagem L1 demonstrou ser resistente, podendo inferir que a massa possui glúten forte, já que a resistência é fornecida pelo glúten. Essa mesma linhagem apresenta valor de SDS alto, com volume de 84,67mL (Tabela 7), que é outro parâmetro relacionado com força de glúten (BAGULHO 2008).

Na Figura 2A verifica-se que a farinha da linhagem L15 é diferente, com estabilidade baixa e com pouca resistência da massa aos pinos, não alcançando a linha de 50 mm. Pode-se inferir que essa farinha não tem aptidão para panificação, mas pode ser destinada à fabricação de biscoitos e bolos, pois as farinhas para esta finalidade precisam ser fracas e com baixa estabilidade. O valor baixo de SDS reforça a baixa força de glúten (Tabela 7).



#### 5.1.6. Sedimentação em dodecil sulfato de sódio

Quanto à sedimentação em dodecil sulfato de sódio (SDS), apenas as farinhas das linhagens L4 e L15 apresentaram volume de sedimentação abaixo de 50 mL em Nova Fátima (Tabela 7), o que indica que a maioria dos genótipos possui boa característica para força de glúten. Segundo Mittelman et al. (2000), farinhas com volume de sedimentação acima de 50 mL demonstram boa característica para panificação. Segundo Graybosch et al. (1995), o volume de SDS indica a qualidade das proteínas do trigo e quanto maior o volume, há mais gluteninas de alto peso molecular e maior é a força de glúten da massa.

Em Nova Fátima a linhagem L10 se destacou, diferenciando-se estatisticamente das testemunhas, apresentando volume de 15,64 mL acima da média do ambiente (59,36 mL). Em Cruzália as linhagens L1 e L3 destacaram-se, com volumes de SDS 84,67 mL e 86,33 mL respectivamente, superando estatisticamente as testemunhas (Tabela 7).

Houve diferenças significativas entre as médias dos ambientes e em Cruzália a média de SDS mostrou-se superior estatisticamente à Nova Fátima, com volumes de 63,75 mL e 59,36 mL, respectivamente (Tabela 7).

Guarienti et al. (2005), em trabalho com rotação de culturas, verificaram que o trigo em monocultivo apresentou maiores valores de sedimentação e teor de proteína. Segundo os autores este fato ocorreu porque na área de monocultivo a produtividade foi menor e isso concentrou o nitrogênio na planta, proporcionando a síntese de proteínas com maior peso molecular, o que pode explicar os melhores valores de proteína, estabilidade da farinha e SDS alcançadas em Cruzália, visto que a produtividade nesse local foi menor que em Nova Fátima (Tabela 7).

As linhagens L1, L2, L6, L10, L16 e L20 apresentaram os valores mais altos para proteína, estabilidade da farinha e SDS nos dois ambientes de avaliação, superando as testemunhas utilizadas em Nova Fátima. Em Cruzália, além das linhagens citadas, podem ser consideradas superiores as linhagens L3, L17, L18, L19 e as testemunhas Ametista e Quartz, pelas excelentes características apresentadas para esses parâmetros de qualidade industrial.

#### 5.1.7. Cor da farinha

Quanto à cor, observou-se que as farinhas não eram muito claras. Essa luminosidade

mais baixa ocorreu em virtude do moinho utilizado, que não separa o endosperma da casca e do gérmen, como fazem os moinhos industriais, o que proporcionou farinhas mais escuras. A luminosidade ( $L^*$ ) é afetada significativamente por partículas estranhas e farelo de casca de trigo (COULTATE, 2004). Segundo Ortolan et al. (2010), as farinhas que apresentarem luminosidade igual ou superior a 93 são consideradas como brancas. No caso desse experimento, as farinhas que apresentaram luminosidade igual ou acima de 87 foram consideradas como farinhas brancas de acordo com os critérios da OR Melhoramento de Sementes<sup>®</sup>.

A maioria dos genótipos em Nova Fátima apresentou valores de luminosidade acima de 87, que são adequados para farinhas destinadas à panificação. Já em Cruzália os valores foram menores, o que provavelmente aconteceu devido a impurezas na amostra moída como casca e gérmen de trigo, mas mesmo assim os genótipos apresentaram luminosidade próxima ao mínimo (87) para serem consideradas brancas (Tabela 8).

Para as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ , todos os valores foram positivos, mostrando a tendência de cores das farinhas para o vermelho e amarelo, respectivamente. As coordenadas observadas na média dos experimentos foram menores no ambiente de Nova Fátima (Tabela 8). Segundo Ortolan et al. (2010), os valores das coordenadas quanto mais próximos de zero, indicam farinhas de coloração mais branca. Um parâmetro utilizado por esse autor é que  $a^*$  inferior a 0,5 e  $b^*$  menor que oito seriam os valores ideais para farinha totalmente branca.

A linhagem L4 merece destaque, pois a farinha apresentou os maiores valores de luminosidade nos dois ambientes, diferenciando estatisticamente dos demais genótipos e também os menores valores de coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 8), aproximando-se dos valores ideais para uma farinha totalmente branca.

Segundo Gutkosk et al. (2011b), a luminosidade da farinha é dependente do genótipo e do grau de extração de farinha. Farinhas mais escuras são classificadas pelos consumidores como de baixa qualidade, mas a cor mais escura pode ser devido à maior extração de farinha dos grãos e não está relacionado com a qualidade do produto (COULTATE, 2004). Isso se confirma nesse experimento, já que os padrões de qualidade foram melhores em Cruzália, que proporcionou farinhas mais escuras.

**Tabela 8.** Médias dos parâmetros de cor, L\* (luminosidade), a\* e b\*(coordenadas) da farinha de 23 genótipos de trigo avaliados em Nova Fátima-PR e Cruzália-SP em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

Genótipo	Parâmetros da cor da farinha											
	L*				a*				b*			
	Nova Fátima		Cruzália		Nova Fátima		Cruzália		Nova Fátima		Cruzália	
L1	88,33	b A	87,19	b B	1,95	c A	2,07	c A	9,84	c B	10,76	c A
L2	87,89	b A	87,61	b A	2,18	c A	2,18	c A	9,95	c A	10,28	d A
L3	87,44	c A	86,20	c B	1,97	c A	2,21	c A	11,22	a A	11,94	b A
L4	90,47	a A	89,26	a B	1,38	c A	1,60	c A	9,25	c B	10,07	d A
L5	87,30	c A	87,24	b A	2,52	b A	2,52	c A	10,35	b A	10,86	c A
L6	88,65	b A	87,47	b B	2,14	c A	2,23	c A	9,51	c A	10,22	d A
L7	86,79	c A	86,59	c A	2,17	c A	1,99	c A	11,32	a A	11,76	b A
L8	87,41	c A	84,62	e B	2,15	c B	3,25	a A	10,49	b B	12,81	a A
L9	87,28	c A	86,40	c B	2,36	b A	2,18	c A	11,19	a B	12,25	b A
L10	88,23	b A	87,03	b B	2,10	c A	2,11	c A	10,56	b A	11,26	c A
L11	87,12	c A	85,86	c B	2,05	c A	2,22	c A	11,11	a A	11,28	c A
L12	87,97	b A	86,19	c B	2,06	c B	2,87	b A	9,53	c B	11,03	c A
L13	87,09	c A	85,57	d B	2,32	b B	3,06	b A	10,01	c B	11,42	c A
L14	88,45	b A	84,01	e B	1,95	c B	3,62	a A	10,18	b B	12,39	b A
L15	88,12	b A	86,77	c B	2,11	c B	2,69	b A	9,71	c B	10,99	c A
L16	87,94	b A	86,86	c B	1,96	c A	2,02	c A	10,47	b B	11,37	c A
L17	86,95	c A	84,63	e B	2,37	b B	3,35	a A	11,73	a B	13,44	a A
L18	87,17	c A	86,45	c A	2,18	c A	2,44	c A	11,01	a B	11,80	b A
L19	86,88	c A	86,17	c A	2,40	b A	2,27	c A	11,47	a B	12,58	a A
L20	87,12	c A	85,98	c B	1,96	c A	2,40	c A	10,83	a B	11,99	b A
Quartzo	87,69	c A	87,06	b A	1,82	c A	1,88	c A	10,72	a B	12,12	b A
Topázio	85,46	d A	84,43	e B	2,95	a A	3,30	a A	11,76	a B	12,93	a A
Ametista	87,04	c A	86,05	c B	2,03	c A	2,38	c A	10,53	b B	11,90	b A
MÉDIA	87,60 A		86,33 B		2,13 B		2,47 A		10,55 B		11,62 A	
CV(%)	0,59				12,35				3,98			

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna para cada característica constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ).

Schmidt et al. (2009), ao analisarem as farinhas de 22 genótipos de trigo, encontraram para as características luminosidade (L\*) e coordenada b\* valores entre 90,2 a 93,7 e 5,8 a 10,5 respectivamente. Esses valores são próximos aos encontrados nesse experimento, frisando que as farinhas ficaram mais escuras devido ao moinho utilizado.

Comparando as características avaliadas, pode-se discutir sobre as diferenças entre os

ambientes. Em Nova Fátima foram verificadas as maiores produtividades, que foram influenciadas pelo melhor enchimento de grãos, o que é confirmado pelo maior peso de mil grãos e peso hectolitro (Tabela 6). Esses resultados ajudam a explicar a cor da farinha, que foi mais clara em Nova Fátima e mais escura em Cruzália (Tabela 8). Vale destacar que o moinho utilizado não separa o endosperma da casca e do gérmen, assim os grãos maiores em Nova Fátima têm maior porcentagem de endosperma, diluindo as impurezas da farinha causadas pela casca e gérmen.

A menor produtividade de grãos em Cruzália pode ser a causa dos maiores teores de proteína, pois a disponibilidade de nitrogênio foi proporcionalmente maior neste local, contribuindo para aumentar a síntese de proteínas e com melhor qualidade, refletindo nos valores de estabilidade e de sedimentação de dodecil sulfato de sódio (Tabela 7). Contudo, para confirmar a classificação correta dos genótipos perante a legislação, é necessário fazer as análises de força de glúten e número de queda.

Segundo Schimidt et al. (2009), em um programa de melhoramento em que a produtividade é o principal componente de seleção, os genótipos selecionados podem perder qualidade de panificação.

## **5.2. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica**

Na seleção de cultivares devem ser avaliados vários aspectos referentes ao genótipos, mas a produtividade apresenta grande influência na escolha dos genótipos que seguem no programa de melhoramento. Assim, é importante identificar os genótipos que são estáveis e/ou adaptados e pertencentes ao grupo de maior produtividade (PERREIRA et al., 2009a).

Os diferentes métodos que avaliam parâmetros de estabilidade e adaptabilidade possuem particularidades metodológicas que implicam em diferenças nos resultados obtidos. O método de Annicchiarico (1992) baseia-se na análise de variância conjunta dos experimentos. A análise AMMI combina a análise de variância e componentes principais.

Os resultados da análise de variância conjunta demonstraram efeito significativo de genótipos e ambientes bem como de interação genótipos x ambientes para produtividade de grãos. Presença de interação significativa indica que houve variação no desempenho dos genótipos em decorrência da variação entre os ambientes de cultivo (Tabela 9).

Na Tabela 10 estão as médias dos valores de produtividade de grãos dos 25 genótipos

estudados nos dez ambientes avaliados. Os coeficientes de variação (CV%), abaixo de 7%, demonstram boa precisão experimental. Segundo Brasil (2008), ensaios de trigo devem apresentar CV abaixo de 20% para demonstrar boa precisão experimental.

**Tabela 9.** Análise de variância conjunta referente à produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de 25 genótipos de trigo, avaliados em 10 ambientes, nas safras 2011 e 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

FV	GL	SQ	QM
Blocos/Ambiente	20	1.818.046,79	90.902,33
Genótipos (G)	24	16.786.867,61	699.452,81**
Ambientes (A)	9	1.175.632.937,79	130.625.881,97**
G x A	216	141.147.262,93	653.459,55**
Resíduo	480	14.698.499,39	30.621,87
Média		3.696,76	
CV(%)		4,73	

\*\* significativo a 1% de probabilidade

As maiores médias de produtividades ocorreram em Palotina, Astorga e Nova Fátima no ano de 2011, com produtividades de 4.110 kg ha<sup>-1</sup>, 4.275 kg ha<sup>-1</sup> e 6.020 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No ano de 2012 os ambientes de Nova Fátima (5.437 kg ha<sup>-1</sup>) e Apucarana (4.061 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram as maiores produtividades (Tabela 10).

Nos ambientes de Taquarivaí e Araçongas as sementeiras foram realizadas no início do mês de maio de 2011, após a chuva ocorrida, e a germinação ocorreu bem, mas não houve mais precipitações durante este mês (Tabela 2), o que provavelmente interferiu no número de perfilhos, diminuindo o número de grãos por área e comprometendo a produtividade de grãos. Em Araçongas foi registrada uma geada na fase de enchimento de grãos, contribuindo para a baixa produtividade. A redução da área foliar proporcionada pela baixa precipitação nas fases iniciais do trigo reduz a taxa fotossintética que, segundo Lawlor e Upreti (1993), é o principal fator atuante na produtividade de grãos. Segundo Sousa e Lima (2010) o déficit hídrico afeta negativamente o número de grãos por área, um dos principais componentes de produtividade de grãos.

Em Astorga, no ano de 2011, a sementeira foi realizada após a segunda quinzena do mês de maio, com boa condição hídrica e altitude adequada, e o ambiente demonstrou-se favorável, com produtividade média de grãos de 4.275 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 10). Em Apucarana, no ano de 2012, a produtividade média de grãos foi de 4.061 kg ha<sup>-1</sup>, pois as boas condições

hídricas e de altitude proporcionaram que os genótipos expressassem o seu potencial genético (Tabelas 1 e 2).

Em Cruzália, a baixa altitude do ambiente possivelmente colaborou para a baixa produtividade de grãos, tanto em 2011 quanto em 2012, pois em regiões de baixas altitudes a combinação de temperatura e umidade elevadas não é ideal ao cultivo do trigo (CUNHA et al., 2005). Em Nova Fátima a produtividade da safra 2011 superou em  $582 \text{ kg ha}^{-1}$  a da safra de 2012, mas mesmo assim o local manteve-se entre os mais produtivos. Este fato está relacionado à precipitação pluvial, que no ano de 2011 foi maior nos meses de julho e agosto (Tabela 2).

Em Palotina, a diferença de produtividade entre os anos foi bem maior, fazendo com que em 2011 o ambiente estivesse entre os mais produtivos e em 2012 entre os menos produtivos. A diferença de produtividade entre os anos foi de  $1.436 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 10) e foi influenciada, principalmente, por fortes geadas que ocorreram em 2012.

Felício et al. (2008), ao avaliarem diferentes genótipos de trigo em três safras, encontraram diferenças significativas entre os anos de cultivo, e a cultivar IAC 1004 comportou-se como uma das mais produtivas em 2003 e 2004, mas em 2005 a produtividade foi inferior às outras cultivares. Interações significativas entre genótipos x anos x locais, foram verificadas por outros autores (BIUDES et al., 2009; SILVA et al., 2011), o que corroboram com os dados encontrados neste trabalho.

**Tabela 10.** Média de produtividade de grãos (PG) dos 25 genótipos de trigo em 10 ambientes de cultivo, nos anos de 2011 e 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

Genót.	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )																					
	2011											2012										
	Cruzália		Taquarivaí		Palotina		Astorga		Nova Fátima		Arapongas		Nova Fátima		Cruzália		Palotina		Apucarana		Média	
L1	3.266	a D	2.293	d E	4.289	d C	4.152	b C	4.551	e B	1.866	c F	4.888	f A	3.423	c D	2.311	c E	3.427	f D	3.446	
L2	3.239	a D	3.117	b D	4.227	d C	5.053	a B	6.029	b A	1.801	c E	4.848	f B	3218	d D	3.058	a D	4.462	c C	3.905	
L3	2.506	c F	2.926	b E	3.733	e C	3.552	d C	5.523	c B	1.984	b G	5.895	b A	2.678	f F	2.119	c G	3.272	g D	3.419	
L4	2.657	b E	2.830	c E	5.169	a C	3.467	d D	6.176	b A	2.061	b G	5.597	c B	3.535	c D	2.408	c F	3.352	g D	3.725	
L5	3.218	a E	3.049	b F	4.059	e C	3.408	d E	6.356	a A	2.093	b G	5.013	e B	3.821	b D	3.047	a F	4.154	d C	3.822	
L6	2.387	c E	2.651	c E	4.486	c C	4.918	a B	5.812	c A	1.622	c F	5.103	e B	2.575	f E	2.875	b D	4.364	c C	3.679	
L7	2.799	b F	3.219	b E	3.588	f D	4.375	b C	5.626	c B	2.175	b G	6.273	a A	2.693	f F	2.630	b F	4.463	c C	3.784	
L8	2.527	c F	2.731	c E	3.482	f D	4.271	b C	6.488	a A	1.928	c G	5.379	d B	2.422	f F	2.800	b E	4.441	c C	3.647	
L9	2.806	b E	2.762	c E	4.915	b B	4.741	a B	5.748	c A	2.069	b F	4.964	e B	3.289	d D	2.855	b E	3.828	e C	3.798	
L10	3.187	a E	2.426	d F	4.355	d C	3.792	c D	6.059	b A	1.669	c G	5.117	e B	3.161	d E	2.688	b F	3.253	g E	3.571	
L11	2.128	d F	2.904	b E	3.310	g D	4.783	a B	6.232	b A	1.436	d G	4.671	f B	2.956	d E	2752	b E	4.209	d C	3.538	
L12	2.746	b E	2.791	c E	4.164	e C	4.840	a B	6.292	b A	2.185	b F	5.046	e B	3.535	c D	2.663	b E	3.489	f D	3.775	
L13	2.461	c G	1.876	e H	4.070	e D	4.979	a C	6.091	b A	2.415	a G	5.764	c B	3.510	c E	2.674	b G	3.028	g F	3.687	
L14	3.002	b E	2.293	d F	3.348	g D	4.921	a B	6.032	b A	2.234	b F	5.075	e B	3.095	d E	2.836	b E	4.162	d C	3.700	
L15	2.462	c G	2.206	d G	3.906	e D	2.931	e F	5.238	d B	1.782	c H	5.554	c A	2.845	e F	3.213	a E	4.829	a C	3.497	
L16	2.068	d G	1.665	e H	5.038	a C	4.202	b D	6.061	b A	1.239	d I	5.350	d B	2.889	e F	2.927	a F	3.638	e E	3.508	
L17	1.933	d F	2.922	b D	4.778	b B	4.157	b C	6.235	b A	1.781	c F	6.070	b A	3.074	d D	2.697	b E	4.373	c C	3.802	
L18	2.113	d G	2.604	c F	4.011	e D	4.078	b D	6.747	a A	1.906	c G	6.278	a B	3.224	d E	2.383	c F	4.595	b C	3.794	
L19	2.201	d G	3.769	a D	4.554	c C	4.353	b C	6.006	b A	2.028	b G	5.251	d B	3.163	d E	2.619	b F	4.573	b C	3.852	
L20	2.832	b F	2.351	d G	3.928	e E	5.000	a C	6.089	b A	2.368	a G	5.584	c B	2.672	f F	2.366	c G	4.328	c D	3.752	
Quartzo	2.568	c E	2.543	d E	4.071	e C	4.213	b C	6.357	a A	2.177	b F	6.256	a A	3.342	d D	2.772	b E	4.983	a B	3.928	
CD 104	2.983	b D	2.560	d E	3.236	g D	3.674	c C	6.120	b A	2.604	a E	4.404	g B	2.984	d D	2.297	c F	3.509	f C	3.437	
BRS 220	2.410	c F	2.628	c F	4.556	c C	3.750	c E	6.538	a A	2.029	b G	5.923	b B	2.556	f F	2.497	c F	4.036	d D	3.692	
Topázio	2.202	d G	2.821	c F	3.848	e D	4.257	b C	6.497	a A	1.798	c H	5.673	c B	3.211	d E	2.655	b F	4.458	c C	3.742	
Ametista	2.319	c H	3.064	b F	3.631	f E	5.008	a C	5.594	c B	1.651	c I	5.954	b A	4.863	a C	2.708	b G	4.309	c D	3.910	
MÉDIA	2.601		2.680		4.110		4.275		6.020		1.956		5.437		3.149		2.674		4.061		3.696	
CV (%)	5,56		7,00		3,16		4,46		3,32		6,23		3,89		6,66		5,84		4,20			

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott

Knott (p<0,05).

### 5.2.1. Método de Annicchiarico (1992)

Utilizou-se a metodologia de Annicchiarico (1992), buscando-se encontrar os genótipos com comportamento estável nos dez ambientes de avaliações. O método estima os índices de confiabilidades ( $\omega_i$ ) geral, para ambientes favoráveis e desfavoráveis, o que permite estimar o risco de adoção de determinado genótipo em relação os demais genótipos avaliados (OLIVEIRA et al., 2007).

Na Tabela 11 os ambientes estão classificados segundo o método de Annicchiarico (1992), em que constam a média e o índice ambiental. Cruzália, Taquarivaí e Arapongas em 2011 apresentaram índice ambiental negativo, típico de ambiente desfavorável. Palotina em 2012 apresentou índice negativo, provavelmente devido a geadas ocorridas no ambiente. O maior índice ambiental foi observado em Nova Fátima no ano de 2011 (Tabela 11).

Os índices de confiabilidade ( $\omega_i$ ) dados em porcentagens (Tabela 12) são gerados a partir dos valores médios de produtividade dos genótipos em relação à média dos ambientes. Assim, quanto maior o valor de  $\omega_i$ , maior é a chance de sucesso da escolha de um genótipo e maior é a confiabilidade dessa escolha (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

**Tabela 11.** Média de produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), índice ambiental e classificação dos ambientes segundo o Método de Annicchiarico (1992). Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

Ambientes	Ano	Média	Índice	Classe
Cruzália	2011	2.601,16	-1.095,60	Desfavorável
Taquarivaí	2011	2.680,38	-1.016,37	Desfavorável
Palotina	2011	4.110,48	413,71	Favorável
Astorga	2011	4.275,34	578,58	Favorável
Nova fátima	2011	6.020,28	2.323,51	Favorável
Arapongas	2011	1.956,34	-1.740,41	Desfavorável
Nova fátima	2012	5.437,54	1.740,78	Favorável
Cruzália	2012	3.149,72	-547,04	Desfavorável
Palotina	2012	2.674,44	-1.022,31	Desfavorável
Apucarana	2012	4.061,90	365,14	Favorável

Apenas 28% dos genótipos estudados ficaram acima do índice de confiança geral de Annicchiarico ( $\omega_i$ ) para produtividade geral, contudo pouco acima de 100% (Tabela 12). As linhagens L2, L5, L9, L12, L19 e as testemunhas Ametista e Quartzo, evidenciaram a maior estabilidade com índices de  $\omega_i$  de 3,80, 2,16, 1,63, 0,72, 0,86, 0,14 e 3,20%, acima da média



dos ambientes, mantendo produtividade superior à das médias mesmo em diferentes condições ambientais (Tabela 12 e Figura 1).

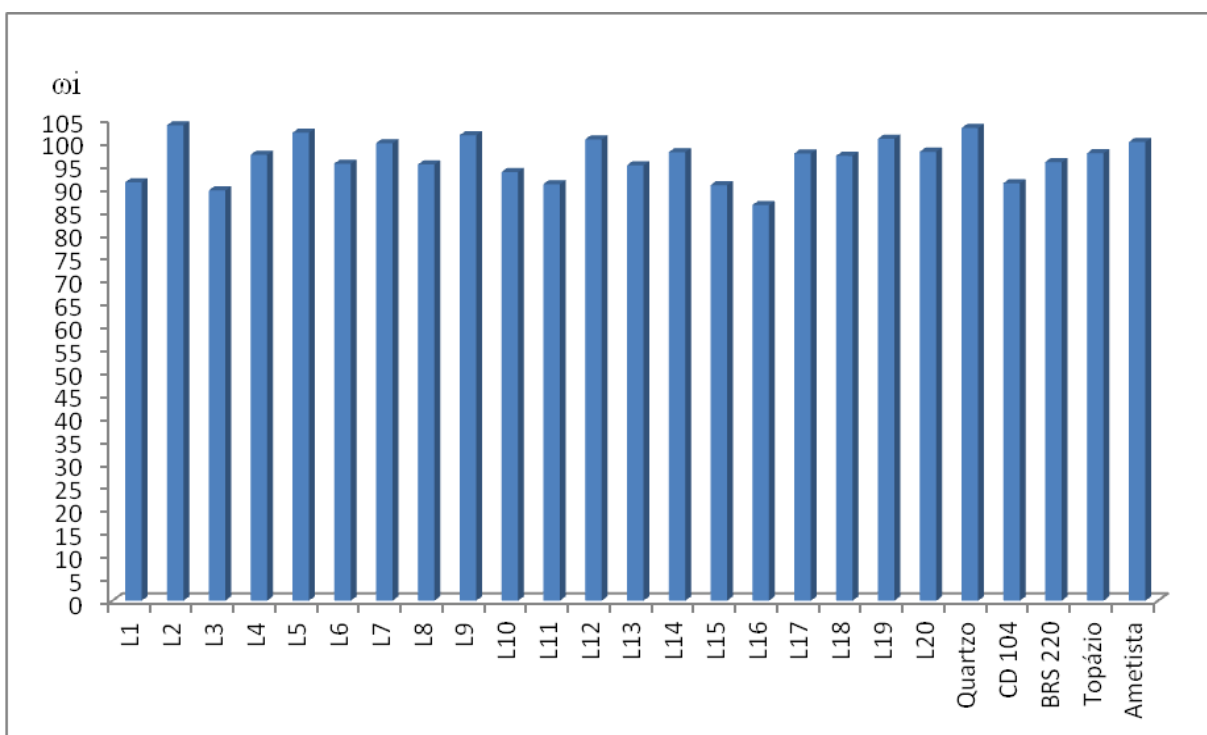
**Tabela 12.** Estimativa do índice de confiança de Annicchiarico ( $\omega_i$ ), em porcentagem, de 25 genótipos de trigo, em 10 ambientes, para produtividade de grãos (PG), em todos os ambientes (geral), ambientes favoráveis e ambientes desfavoráveis. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

Genótipos	PG (kg ha <sup>-1</sup> )	$\omega_i$ (%)		
		Geral	Favorável	Desfavorável
L 1	3.446,90	91,34	87,23	95,70
L 2	3.905,64	103,80	101,07	106,40
L 3	3.419,04	89,57	87,95	90,93
L 4	3.725,55	97,34	93,99	100,85
L 5	3.822,06	102,16	92,91	114,12
L 6	3.679,78	95,42	101,97	89,61
L 7	3.784,48	99,90	98,53	100,95
L 8	3.647,01	95,23	97,46	92,83
L 9	3.798,16	101,63	98,94	105,08
L 10	3.571,13	93,58	91,14	95,96
L 11	3.538,67	90,94	93,48	88,12
L 12	3.775,47	100,72	96,67	105,19
L 13	3.687,19	95,06	95,22	94,43
L 14	3.700,22	97,93	95,14	100,53
L 15	3.497,08	90,74	89,25	91,78
L 16	3.508,17	86,36	98,54	75,78
L 17	3.802,34	97,64	105,27	91,01
L 18	3.794,30	97,11	104,15	91,19
L 19	3.852,02	100,86	102,39	99,74
L 20	3.752,29	98,02	102,42	93,83
Quartzo	3.928,48	103,20	105,32	101,19
CD 104	3.437,41	91,14	84,30	99,59
BRS 220	3.692,68	95,76	100,45	91,52
Topázio	3.742,51	97,70	101,26	94,36
Ametista	3.910,48	100,14	99,55	101,04

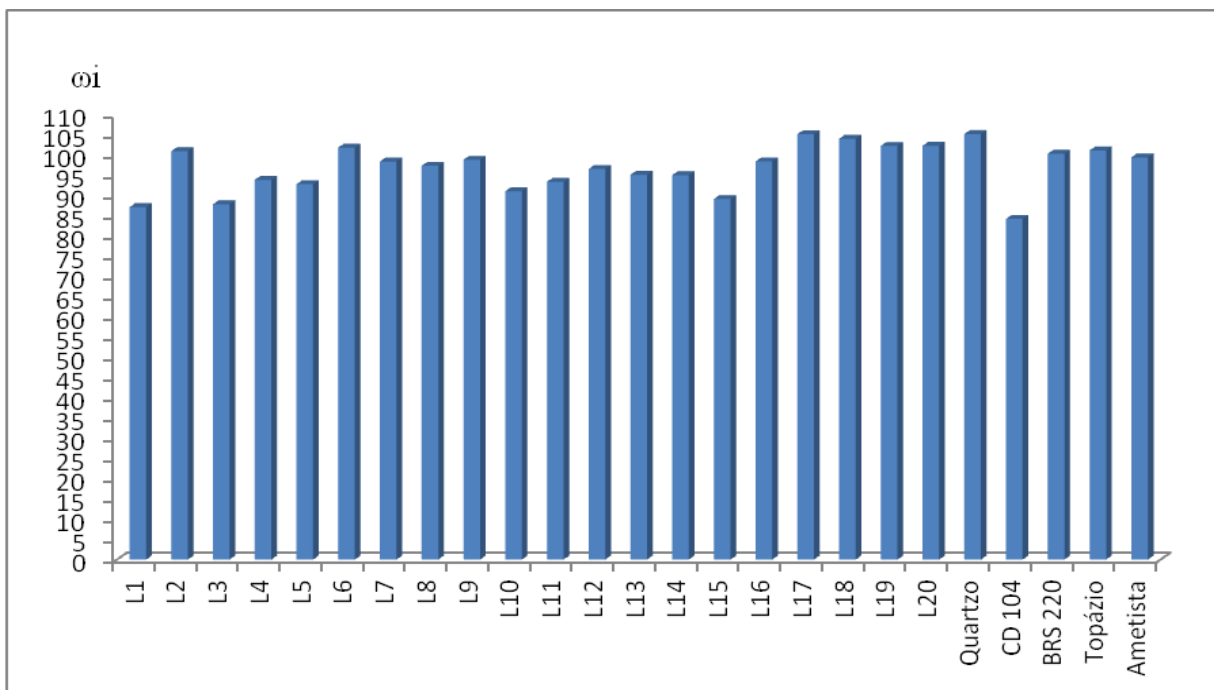
Para os ambientes considerados favoráveis, as linhagens L2, L6, L17, L18, L19 e L20 e as testemunhas Topázio, Quartzo e BRS 220, foram os genótipos mais estáveis com os respectivos valores de  $\omega_i$  de 1,07, 1,97, 2,42, 5,27, 4,15, 2,39, 1,26, 5,32 e 0,45%, acima da média (Tabela 12 e Figura 2). Condé et al. (2010) ao avaliarem genótipos de trigo em

ambientes divergentes, irrigado e sequeiro, encontraram genótipo responsivo a ambientes favoráveis, e com  $\omega_i$  baixos, semelhantes ao encontrado nesse trabalho.

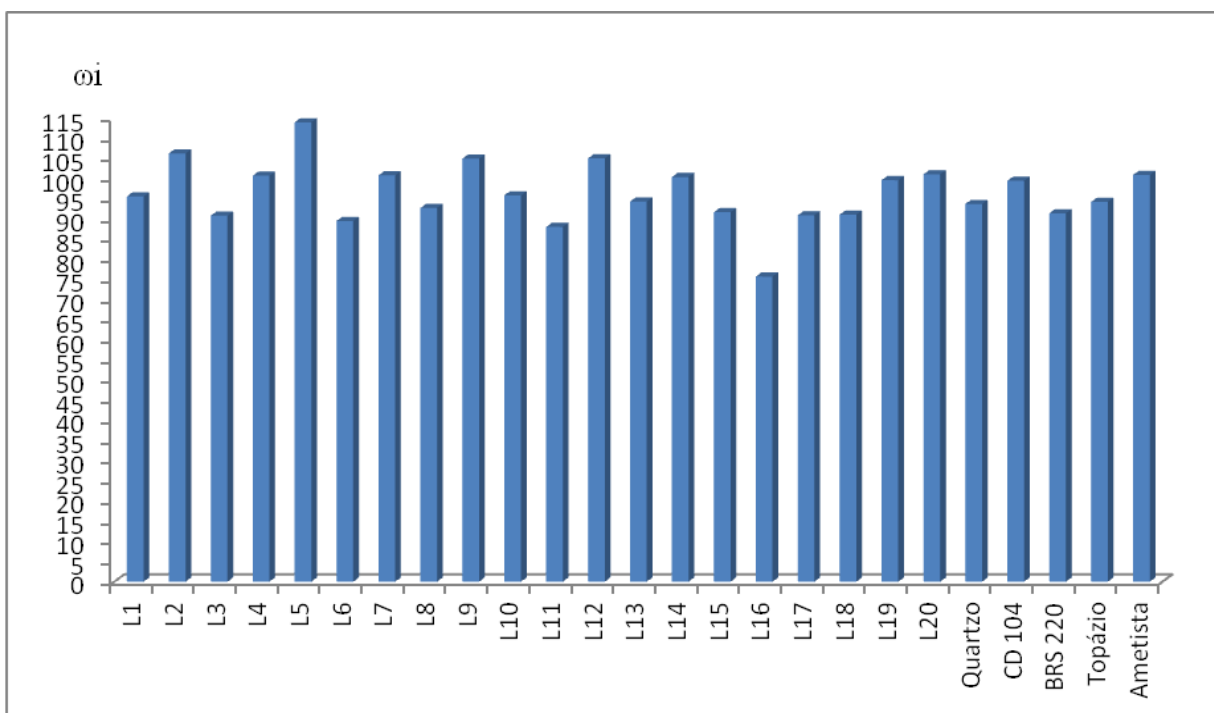
As linhagens L2, L4, L5, L7, L9, L12, L14 e as testemunhas Ametista e Quartzo, apresentaram os melhores índices de confiança em ambientes desfavoráveis com valores respectivos de 6,40, 0,85, 14,12, 0,95, 5,08, 5,19, 0,53, 1,04 e 1,19% acima de 100% (Tabela 12 e Figura 3). Esses dados demonstram que esses genótipos mantiveram bons níveis de produtividade de grãos mesmo em ambientes que não propiciaram condições favoráveis ao cultivo.



**Figura 1.** Representação gráfica dos índices de confiança geral de Annicchiarico para produtividade de grãos de trigo. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.



**Figura 2.** Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para produtividade de grãos de trigo nos ambientes favoráveis. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.



**Figura 3.** Representação gráfica dos índices de confiança de Annicchiarico para produtividade de grãos de trigo nos ambientes desfavoráveis. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

A linhagem L2 e a testemunha Quartzo foram os únicos genótipos que apresentaram índice de confiança acima de 100% nos ambientes favoráveis, desfavoráveis e geral, como também apresentaram as maiores médias de produtividade 3.905 kg ha<sup>-1</sup> e 3.928 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Assim pode-se inferir que esses genótipos são os mais estáveis nos ambientes estudados, considerando esse grupo de genótipos (Tabela 12).

As linhagens L6, L17, L18, L20 e as testemunhas Topázio e BRS 220 foram responsivos apenas a ambientes favoráveis, e nessas condições os genótipos expressaram melhor o seu potencial genético (Tabela 12).

O genótipo com o menor  $\omega_i$  geral e em ambiente desfavorável foi a linhagem L16 com 86,36% e 75,78% respectivamente; já para ambientes favoráveis a testemunha CD 104 apresentou o menor  $\omega_i$ , 84,30% (Tabela 12). Esse resultados corroboram com os de Condé et al. (2011), que avaliando estabilidade de genótipos de trigo em Minas Gerais, verificaram que os genótipos mantiveram-se próximos ao índice de confiança  $\omega_i$ .

A avaliação de estabilidade pelo método de Annicchiarico é utilizada por muitos autores e em várias espécies, tais como soja (Barros et al., 2012), arroz (Ramos et al., 2011), milho (Schmildt et al., 2011). Schmildt e Cruz (2005), ao avaliarem diferentes métodos de estabilidade concluíram que o método Annicchiarico foi mais confiável do que Eberhart e Russell, em virtude da facilidade de interpretação, da precisão na indicação das cultivares para cada tipo de ambiente e que o método apresenta apenas um parâmetro de interpretação enquanto que Eberhart e Russell usa quatro parâmetros. Pereira et al. (2009b) recomendam o uso do método Annicchiarico para a seleção de cultivares de feijão.

### 5.2.2. Método AMMI

A análise conjunta da produtividade de grãos, considerando os 10 ambientes, indicou diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os genótipos, ambientes e a interação genótipos x ambientes foi significativa (Tabela 13), evidenciando inversão no ranqueamento dos genótipos em função de variações ambientais.

**Tabela 13.** Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de 25 genótipos de trigo em 10 ambientes e a decomposição da interação G x A, com porcentagem de explicação da variância e o valor acumulado. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

F V	GL	SQ	QM	Explicado	Acumulado
Genótipos (G)	24	16.786.867,61	699.452,81**		
Ambientes (A)	9	1.175.632.937,79	130.625.881,97**		
GxA	216	141.147.262,93	653.459,55**		
IPCA 1	32	32.399.885,52	1.012.496,42*	22,95	22,95
IPCA 2	30	27.980.324,31	932.677,48*	19,82	42,77
IPCA 3	28	20.610.878,9	736.102,82*	14,6	57,37
Desvios	126	60.159.378,99	477.455,39*		
Resíduo	480	14.698.499,39	30.621,87		
Total	749	1.350.083.614,52			

\*,\*\* significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; IPCA – Análise de componentes principais da interação.

O modelo AMMI separa a  $SQ_{G \times A}$  em uma porção chamada padrão e outra ruído. A porção padrão mostra a real diferença proporcionada pelos efeitos dos genótipos e ambientes, ou seja, da interação GxA. Já o ruído é de respostas imprevisíveis e não interpretáveis geradas pelo resíduo adicional (LAVORANTI et al., 2004). Na escolha do modelo AMMI considera-se o n-ésimo IPCA que for significativo. Alguns modelos podem ser escolhidos: AMMI0, quando não há interação e não inclui nenhum eixo; AMMI1, que inclui apenas um eixo de interação; AMMI2, que inclui dois eixos; AMMI3, que inclui três eixos, etc. (CORNELIUS et al., 1992). Na análise observa-se que os três primeiros componentes principais foram significativos pelo teste de F, para produtividade de trigo (Tabela 13).

A explicação acumulada dos três primeiros eixos somaram 57,37%, e para isso foram usados 41,66% dos graus de liberdades que compõem a  $SQ_{G \times A}$  (Tabela 13). Quanto maior a explicação dos primeiros eixos, maior é a concentração do padrão, e menor é a concentração de ruídos na análise de AMMI (OLIVEIRA et al., 2003).

Foi utilizado o método AMMI3, para observar os genótipos e ambientes mais estáveis, como também os de adaptação específica. As médias preditas para produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 14) foram calculadas pelo terceiro componente principal IPCA3.

**Tabela 14.** Médias previstas pelo modelo AMMI3 da produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), de 25 genótipos de trigo, avaliados em 10 ambientes em 2011 e 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

Genót.	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )									
	2011						2012			
	Cruzália	Taquarivaí	Palotina	Astorga	Nova fátima	Arapongas	Nova Fátima	Cruzália	Palotina	Apucarana
L1	3.058	2.370	4.155	4.036	5.442	1.955	4.586	3.365	2.457	3.037
L 2	3.043	2.908	3.921	5.059	6.102	2.235	5.199	3.497	2.906	4.179
L 3	2.482	2.512	3.948	3.357	5.742	1.801	5.295	2.856	2.398	3.795
L 4	2.814	2.553	5.181	3.479	5.964	2.039	5.674	3.389	2.690	3.469
L 5	3.368	3.062	4.094	3.600	5.989	2.441	5.350	3.419	2.829	4.061
L 6	2.254	2.504	4.118	4.869	6.064	1.737	5.444	3.087	2.644	4.075
L 7	2.597	2.987	3.658	4.153	6.227	2.089	5.681	2.998	2.764	4.687
L 8	2.376	2.815	3.450	4.257	6.102	1.898	5.512	2.846	2.625	4.583
L 9	2.869	2.575	4.637	4.721	5.965	2.040	5.259	3.528	2.780	3.603
L 10	2.913	2.505	4.433	3.806	5.707	1.995	5.092	3.311	2.562	3.383
L 11	2.305	2.579	3.244	4.899	5.898	1.731	5.056	2.887	2.526	4.259
L 12	2.914	2.638	4.255	4.866	5.931	2.063	5.102	3.480	2.768	3.731
L 13	2.553	2.371	4.551	4.945	5.896	1.807	5.182	3.382	2.660	3.519
L 14	2.835	2.781	3.438	4.918	5.919	2.052	4.964	3.228	2.705	4.156
L 15	2.436	2.748	3.792	3.029	5.946	1.900	5.646	2.719	2.470	4.281
L 16	1.909	2.067	4.974	4.303	5.905	1.430	5.603	3.017	2.444	3.425
L 17	2.097	2.636	4.706	4.158	6.355	1.791	6.162	3.011	2.737	4.363
L 18	2.112	2.798	4.212	4.119	6.392	1.848	6.139	2.877	2.738	4.702
L 19	2.617	2.877	4.170	4.345	6.253	2.075	5.744	3.185	2.822	4.424
L 20	2.515	2.721	3.852	4.837	6.105	1.932	5.395	3.148	2.731	4.282
Quartzo	2.468	3.007	4.167	4.236	6.455	2.091	6.089	3.080	2.887	4.800
CD 104	3.155	2.725	3.275	3.703	5.519	2.117	4.608	3.111	2.465	3.692
BRS 220	2.274	2.647	4.524	3.681	6.179	1.844	5.962	2.960	2.641	4.209
Topázio	2.313	2.778	3.933	4.335	6.226	1.891	5.756	2.957	2.706	4.526
Ametista	2.740	2.830	4.063	5.160	6.210	2.093	5.427	3.391	2.893	4.293

Na Figura 4 está representado o modelo biplot AMMI1. No eixo x estão representadas as produtividades de grãos e no eixo y o primeiro eixo de interação (IPCA 1). Os genótipos que se encontram próximos de zero para IPCA, são os mais estáveis, os mais distantes são mais adaptados a ambientes específicos.

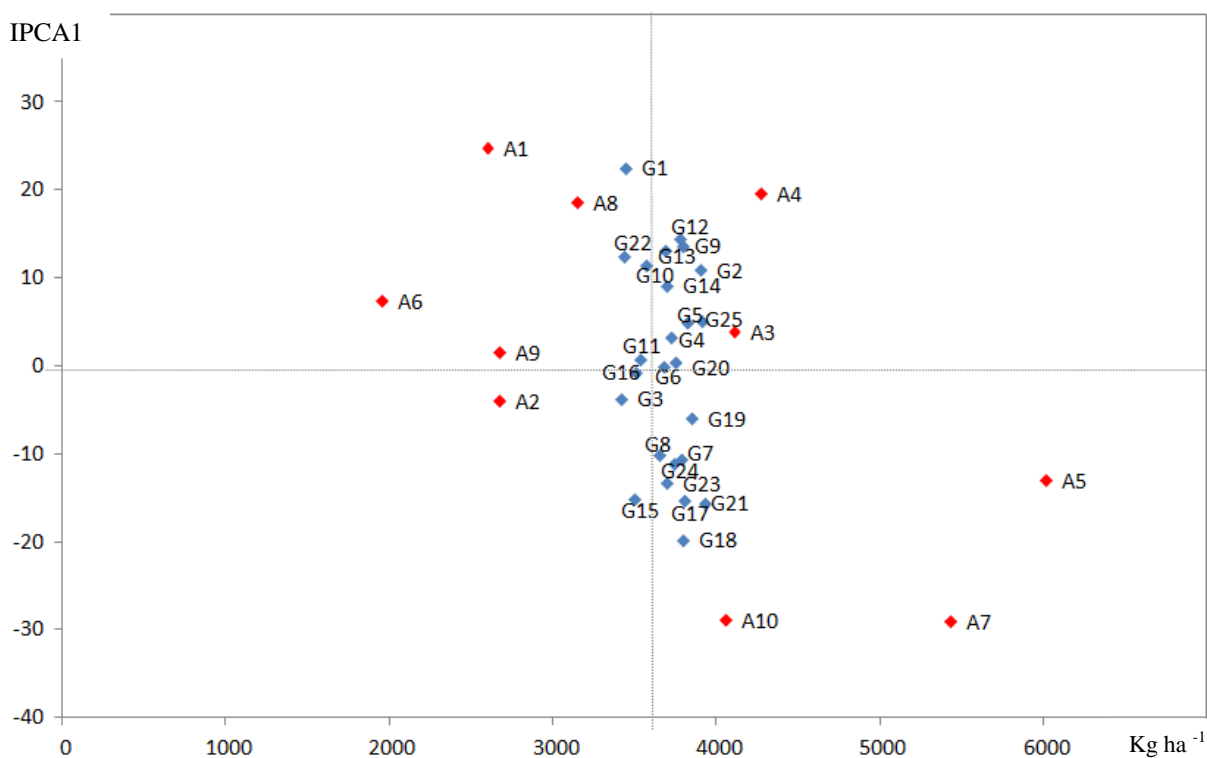
As linhagens G6 (L6), G11 (L11), G16 (L16) e G20 (L20) foram os mais estáveis, mas apenas G6 (L6) e G20 (L20) ficaram acima da média. As linhagens G4 (L4), G5 (L5), G19 (L19) e a testemunha G25 (Ametista) apresentaram boa estabilidade e produtividade acima da média, G3 (L3) demonstrou boa estabilidade, mas a produtividade foi menor que a média (Figura 4).

As linhagens que contribuíram mais para a interação, ou seja, menos estáveis, foram G1 (L1) e G18 (L18), pois apresentaram as maiores coordenadas de IPCA1, ficando mais distantes de zero, mas com produtividade próxima à média geral.

Os ambientes A2 (Taquarivaí<sup>1</sup>) e A9 (Palotina<sup>2</sup>) mostraram-se estáveis, mas desfavoráveis, pois com produtividades nesses ambientes foram mais baixas. Já o A3 (Palotina<sup>1</sup>) apresentou boa estabilidade e produtividade acima da média, o que demonstra que esse ambiente é bom para a seleção de genótipos nas fases iniciais do programa de melhoramento, pois, por ser estável, não serão selecionados genótipos específicos à região, como é o caso dos ambientes A1 (Cruzália<sup>1</sup>), A7 (Nova Fátima<sup>2</sup>) e A10 (Apucarana<sup>2</sup>), que são específicos. O ambiente A5 (Nova fátima<sup>1</sup>) mostrou-se o mais produtivo e com estabilidade mediana.

Ao analisar a Figura 4, verifica-se a grande divergência entre os ambientes, os que estão à esquerda apresentam menor produtividade de grãos e os que estão à direita do gráfico são os ambientes com maior produtividade de grãos. Genótipos e ambientes mais próximos ao ponto zero do eixo y (IPCA1) apresentam produtividade de grãos estável, já quanto maior a distância, menor é a estabilidade de produtividade de grãos e maior a contribuição para a interação genótipos x ambientes.

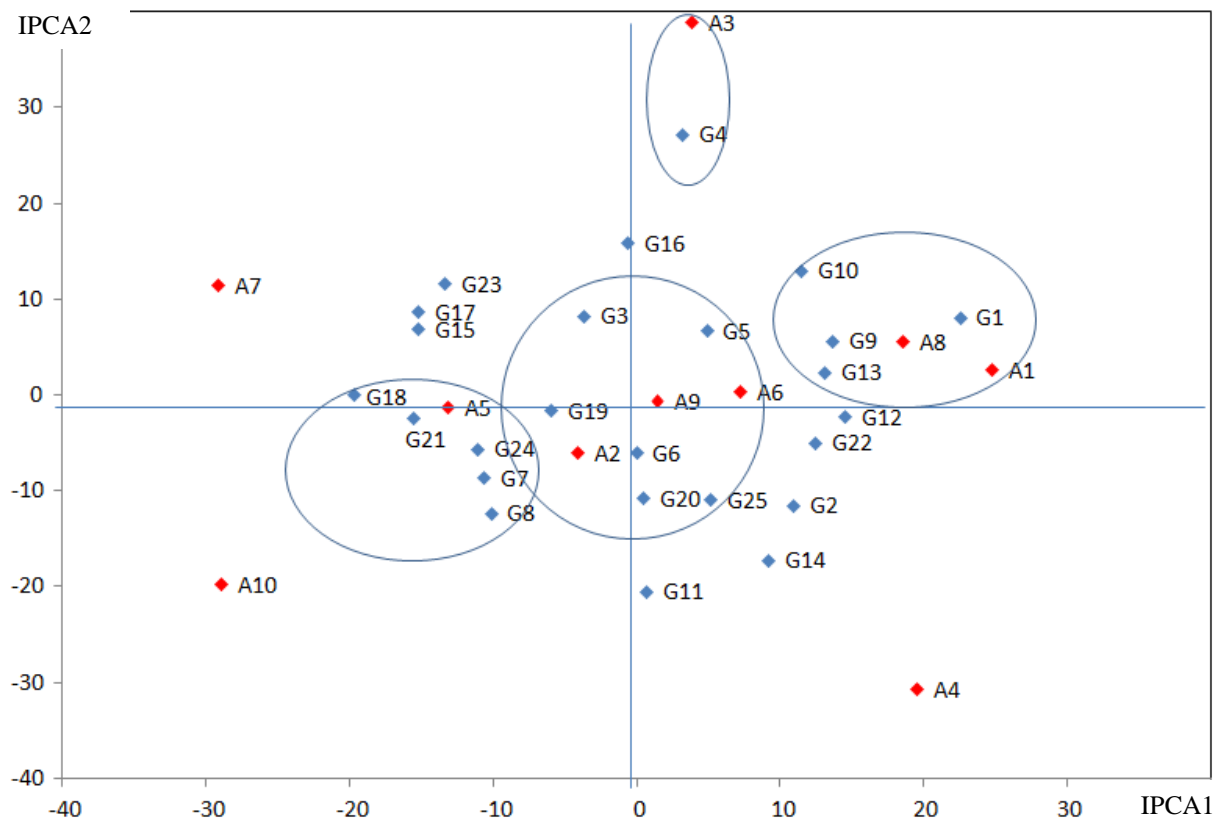
O ambiente que apresentou a menor produtividade foi A6 (Arapongas), com valor bem abaixo da média geral dos experimentos, em virtude de geadas na região. Em contrapartida, Nova Fátima (A5 e A7), nos dois anos de cultivo, destacou-se em produtividade de grãos, superando bastante a média (Figura 4). Esse ambiente demonstrou ser favorável ao cultivo do trigo, sendo que devem ser recomendadas a essa região, cultivares com alto potencial genético e que sejam adaptadas.



**Figura 4.** Biplot AMMI1 com o primeiro eixo principal da interação (IPCA1) x produtividade média em  $\text{kg ha}^{-1}$  de 25 genótipos de trigo, nas safras (2011<sup>1</sup> e 2012<sup>2</sup>). G1 = L1; G2 = L2; G3 = L3; G4 = L8; G5 = L5; G6 = L6; G7 = L7; G8 = L8; G9 = L9; G10 = L10; G11 = L11; G12 = L12; G13 = L13; G14 = L14; G15 = L15; G16 = L16; G17 = L17; G18 = L18; G19 = L19; G20 = L20; G21 = Quartzo; G22 = CD104; G23 = BRS 220; G24 = Topázio; G25 = Ametista. Em 10 ambientes. A1 = Cruzália<sup>1</sup>; A2 = Taquarivaí<sup>1</sup>; A3 = Palotina<sup>1</sup>; A4 = Astorga<sup>1</sup>; A5 = Nova Fátima<sup>1</sup>; A6 = Arapongas<sup>1</sup>; A7 = Nova Fátima<sup>2</sup>; A8 = Cruzália<sup>2</sup>; A9 = Palotina<sup>2</sup>; A10 = Apucarana<sup>2</sup>.

Na Figura 5 está representado o modelo de AMMI2, formado pelos componentes principais IPCA1 e IPCA2. Os ambientes A2 (Taquarivaí), A6 (Arapongas) e A9 (Palotina<sup>2</sup>), demonstraram-se estáveis para produtividade de grãos, pois ficaram próximos ao centro do gráfico. As linhagens G3 (L3), G5 (L5), G6 (L6), G19 (L19), G20 (L20) e a testemunha G25 (Ametista), foram os mais estáveis para produtividade de grãos, segundo o modelo AMMI2.



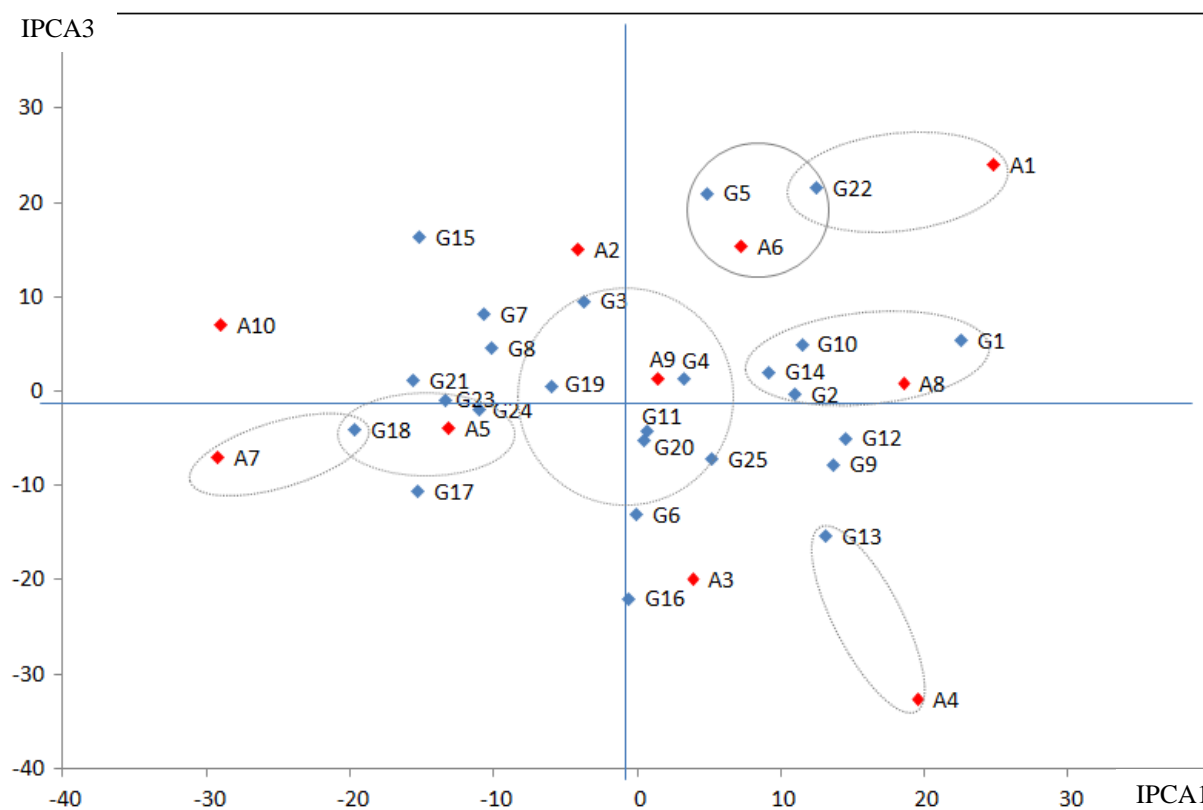


**Figura 5.** Biplot AMMI2 com o primeiro e o segundo eixo da interação (IPCA1) x (IPCA2) de 25 genótipos de trigo, nas safras (2011<sup>1</sup> e 2012<sup>2</sup>). G1 = L1; G2 = L2; G3 = L3; G4 = L8; G5 = L5; G6 = L6; G7 = L7; G8 = L8; G9 = L9; G10 = L10; G11 = L11; G12 = L12; G13 = L13; G14 = L14; G15 = L15; G16 = L16; G17 = L17; G18 = L18; G19 = L19; G20 = L20; G21 = Quartzo; G22 = CD104; G23 = BRS 220; G24 = Topázio; G25 = Ametista. Em 10 ambientes. A1 = Cruzália<sup>1</sup>; A2 = Taquarivaí<sup>1</sup>; A3 = Palotina<sup>1</sup>; A4 = Astorga<sup>1</sup>; A5 = Nova Fátima<sup>1</sup>; A6 = Arapongas<sup>1</sup>; A7 = Nova Fátima<sup>2</sup>; A8 = Cruzália<sup>2</sup>; A9 = Palotina<sup>2</sup>; A10 = Apucarana<sup>2</sup>.

A linhagem G4 (L4) mostrou-se com adaptação específica ao ambiente A3 (Palotina<sup>1</sup>). No mesmo quadrante as linhagens G1 (L1), G9 (L9), G10 (L10) e G13 (L13) demonstraram ter adaptabilidade específica aos ambientes A1 (Cruzália<sup>1</sup>) e A8 (Cruzália<sup>2</sup>), o que demonstra que os genótipos nos dois anos de cultivo em Cruzália adaptaram-se às condições climáticas da região. As linhagens e ambientes também demonstraram estabilidade mediana, pois ficaram medianamente próximos ao centro do gráfico (Figura 5).

Houve um grupo de genótipos com adaptabilidade específica ao ambiente A5 (Nova Fátima<sup>1</sup>) e fazem parte desse grupo as linhagens G7 (L7), G8 (L8), G18 (L18) e as

testemunhas G21 (Quartzo) e G24 (Topázio). A adaptação ao ambiente de Nova Fátima é interessante, pois foi o ambiente mais favorável ao cultivo, evidenciado pelas maiores produtividades.



**Figura 6.** Biplot AMMI3 com o primeiro eixo e o terceiro eixo de interação (IPCA1 E IPCA3) de  $\text{kg ha}^{-1}$  de 25 genótipos de trigo, nas safras (2011<sup>1</sup> e 2012<sup>2</sup>). G1 = L1; G2 = L2; G3 = L3; G4 = L4; G5 = L5; G6 = L6; G7 = L7; G8 = L8; G9 = L9; G10 = L10; G11 = L11; G12 = L12; G13 = L13; G14 = L14; G15 = L15; G16 = L16; G17 = L17; G18 = L18; G19 = L19; G20 = L20; G21 = Quartzo; G22 = CD104; G23 = BRS 220; G24 = Topázio; G25 = Ametista. Em 10 ambientes. A1 = Cruzália<sup>1</sup>; A2 = Taquarivaí<sup>1</sup>; A3 = Palotina<sup>1</sup>; A4 = Astorga<sup>1</sup>; A5 = Nova Fátima<sup>1</sup>; A6 = Arapongas<sup>1</sup>; A7 = Nova Fátima<sup>2</sup>; A8 = Cruzália<sup>2</sup>; A9 = Palotina<sup>2</sup>; A10 = Apucarana<sup>2</sup>.

Na Figura 6, em que está representado o modelo AMMI3, as linhagens G3 (L3), G4 (L4), G11 (L11), G19 (L19) e G20 (L20), demonstraram alta estabilidade, ficando próximos ao centro do gráfico. Adicionalmente, foram as linhagens que menos contribuíram para a interação genótipos x ambientes, com produtividade média de grãos de  $3.419 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $3.725$

kg ha<sup>-1</sup>, 3.538 kg ha<sup>-1</sup>, 3.852 kg ha<sup>-1</sup> e 3.752 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As linhagens G4 (L4), G19 (L19) e G20 (L20), destacaram-se pela produtividade de grãos superior a média geral do experimento (3.696 kg ha<sup>-1</sup>), e por demonstrar alta estabilidade de produtividade de grãos. O ambiente A9 (Palotina<sup>2</sup>) destaca-se como o mais estável, já observado na Figura 6.

A linhagem G18 (L18) mostrou-se pouco estável, mas com adaptabilidade específica ao ambiente A7 (Nova Fátima<sup>2</sup>), com a maior produtividade de grãos (6.278 kg ha<sup>-1</sup>). O ambiente A5 (Nova Fátima<sup>1</sup>), situado no mesmo quadrante, apresentou ser específico a linhagem G18 (L18) e as testemunhas G23 (BRS 220) e G24 (Topázio), ficando muito próximos no gráfico. Outra linhagem que apresentou adaptabilidade específica foi o G13 (L13), ao ambiente A4 (Astorga<sup>1</sup>), apresentando a maior produtividade de grãos 4.945 kg ha<sup>-1</sup>, e ambos apresentaram baixa estabilidade fenotípica (Figura 6).

A testemunha G22 (CD 104) mostrou ser adaptado aos ambientes A1 (Cruzália<sup>1</sup>) e A6 (Arapongas<sup>1</sup>). No mesmo quadrante as linhagens G1 (L1), G10 (L10) e G14 (L14) demonstraram ser adaptados ao ambiente A8 (Cruzália<sup>2</sup>).

É interessante mostrar que os ambientes onde os experimentos foram conduzidos em duas safras, com exceção de Palotina (A3 e A9), onde ocorreram geadas no ano de 2012, mantiveram-se no mesmo quadrante do gráfico, confirmando as características de cada ambiente, Cruzália (A1 e A8) e Nova Fátima (A5 e A7) (Figura 6).

Os genótipos e ambientes que estão situados longe do centro do gráfico são os que mais contribuíram para a interação genótipos x ambientes. Já os que ficaram próximos, contribuíram em menor proporção para a interação e apresentaram maior estabilidade de produtividade de grãos (Figura 6).

Silva e Benin (2012) concluíram que o modelo AMMI1 pode ser utilizado para selecionar, principalmente, os melhores ambientes de cultivo e genótipos que apresentam desempenho médio superior. Silva (2012) utilizou o modelo AMMI1 na avaliação da melhor época de semeadura do trigo com base no quociente fototermal.

Os métodos identificaram genótipos diferentes como os mais estáveis, apresentando divergência nos resultados, sendo que apenas a linhagem L19 e a testemunha Ametista foram identificados pelos dois métodos.

O método de Annicchiarico identificou como mais estáveis as linhagens e testemunhas que apresentaram as maiores produtividades de grãos L2, L5, L9, L12, L19, Quartzo e Ametista. Pereira et al. (2009a) identificaram os genótipos estáveis como mais

produtivos quando utilizaram o método Annicchiarico. Isso ocorre devido ao método avaliar a superioridade dos genótipos, adotando os melhores genótipos em cada ambiente e a média de cada ambiente (SILVA FILHO et al., 2008).

O método AMMI informa a contribuição dos genótipos para a interação genótipos x ambientes e assim, os que menos contribuíram com interação são os mais estáveis (SILVA e DUARTE, 2006). As linhagens G3 (L3), G4 (L4), G11 (L11), G19 (L19) e G20 (L20) e a testemunha G25 (Ametista) demonstraram-se estáveis, o método também identifica genótipos com adaptação específica a ambientes e a estabilidade dos ambientes (SILVA FILHO et al., 2008), informações importantes ao programa de melhoramento, já que são identificados ambientes estáveis que podem ser utilizados nas seleções iniciais e identificar ambientes que representem uma região para os ensaios de valor de cultivo e uso (VCU).

O uso dos métodos Annicchiarico e AMMI em conjunto, levando-se em conta a particularidade de cada método, fornece informações importantes ao melhorista para a tomada de decisão de quais genótipos devem seguir no programa de melhoramento. Pereira et al., (2009a) e Silva Filho et al., (2008), recomendam o uso concomitante de métodos de estabilidade e adaptabilidade fenotípica para auxiliar na tomada de decisão.

## 6. CONCLUSÕES

As linhagens L5, L13 e L15 demonstraram ter aptidão para a produção de trigo para biscoito.

As linhagens L1, L2, L3, L6, L10, L16, L17, L18, L19 e L20, apresentam aptidão para obtenção de farinhas com qualidade de panificação.

O ambiente Palotina em 2012 mostrou-se o mais estável, mas apresentou baixa produtividade de grãos.

Os métodos apresentaram divergência para os genótipos mais estáveis, mas as linhagens L5, L19 e a testemunha Ametista mostraram-se comuns entre eles. Além destes o método AMMI indica as linhagens L3, L4, L6, L11 e L20, e o método Annicchiarico as linhagens L2, L12 e a testemunha Quartzo como os mais estáveis.

O uso dos métodos de Annicchiarico e AMMI em conjunto agrega informações importantes ao estudo de estabilidade e adaptabilidade.

A linhagem L5 mostrou adaptabilidade específica ao ambiente de Arapongas. As linhagens L7, L8, L18, L21 e L24 mostraram-se adaptados ao ambiente de Nova Fátima nos dois anos avaliados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC – American Association of Cereal Chemists. **Official methods of analysis**. 10 ed. Saint Paul: Plenum, 2000. V1.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy, **Journal of Genetics and Breeding**. v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.
- BAGULHO, A.S.R. (2008) - Efeito das proteínas de reserva e das associadas ao amido e aos lípidos nas propriedades reológicas de farinhas de trigo mole. Tese de Doutorado em Engenharia Agro-Industrial, ISA, UTL, 296 p.
- BARNARD, A.D.; LABUSCHAGNE, M.T.; VAN NIEKERK, H.A. Heritability estimates of Bread wheat quality traits in the Western Cape province of South Africa. **Euphytica**, Dordrecht, v. 127, n. 1, p. 115-122, 2002.
- BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; MELO, A.V.; FIDELIS, R.R. CAPONE, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. v. 3, n. 2. p. 49-58, 2012.
- BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; CRUZ, C.D. Análise paramétrica e não-paramétrica para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 299-309, 2008.
- BIUDES, G.B.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; FOLTRAN, D.E.; CASTRO, J.L.; AZEVEDO FILHO, J.A. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens diplóides de trigo. *Bragantia*, v.68, p.63-74, 2009.
- BLACKMAN, J.A.; PAYNE, P.I. Grain quality. In: LUPTON, F.G.H. **Wheat breeding: its scientific basis**. New York : Chapman and Hall, 1987. p.455-485.
- BORGHI, B.; GIORDANI, G.; CORBELLINI, M.; VACCINO, P.; GUERMANDI, M.; TODERI, G. 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.
- BOSCHINI, A.P.M.; SILVA, C.L.; OLIVEIRA, C.A.S.; OLIVEIRA JUNIOR, M.P.; MIRANDA, M.Z.; FAGIOLI, M. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 5, p. 450-457, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n. 8, de 02 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 jun. 2005, Seção 1, p. 91.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 58, de 19 de novembro de 2008. Valor de cultivo e uso de trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 39, DE 30 de Novembro de 2010. Aprova o regulamento técnico de qualidade do trigo. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2010**. COODETEC, 2010.170 p.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira grãos**. Safra 2013/2014 segundo levantamento. Novembro de 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_11\\_11\\_08\\_54\\_13\\_boletim\\_portugues\\_novembro\\_2013\\_-\\_ok.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_11_08_54_13_boletim_portugues_novembro_2013_-_ok.pdf)>. Acesso em: 08 de nov. de 2013.

CONDÉ, A.B.T.; COELHO, M.A.O.; YAMANAKA, C.H.; CORTE, H.R. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo sob cultivo de sequeiro em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n. 1, p.45-52, 2010.

CONDÉ, A.B.T.; MARTINS, F.A.D.; ANDRADE, A.T.; COELHO, M.A.O. Avaliação de genótipos de trigo em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.14, p.280-285, 2011.

COSTA, N.; SOUZA, E.L.; STAMFORD, T.L.M.; ANDRADE, S.A.C. Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importadas. **Ciência Tecnologia Alimentação**, Campinas, v. 28, n.1, p. 220-225, 2008.

CORNELIUS, P.L.; SEYEDSADR, M.; CROSSA, J. Using the shifted multiplicative model to search for “separability” in crop cultivar trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 84, n. 1-2, p. 161-172, 1992.

COULTATE, T.P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. v.2, Viçosa:UFV, 2006, 585p.

CUNHA, G.R.; PIRES, J.L.F.; PASINATO, A.; DALMAGO, G.A. Variabilidade temporal e espacial do quociente fototermal no Rio Grande do Sul e suas implicações para a expressão do potencial de rendimento de grãos de trigo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.1, p.91-101, 2005.

EMBRAPA. **O trigo no Brasil. 2013**. Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/aunidade/trigo\\_brasil.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/aunidade/trigo_brasil.htm)>. Acesso em: 12 ago. 2013.

FELICIO, J.C.; CAMARGO, C.E.O.; CHAVES, M.S.; CASTRO, J.P. Resistência à ferrugem da folha e potencial produtivo em genótipos de trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 855-863, 2008.

FERREIRA, D. F. **Aplicativo Estabilidade**. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Exatas. 2000. Disponível em < <http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm>.> Acessado em 12 de set. 2013.

FRANCO, F.A. Entrevista concedida ao informativo trigo. Cascavel: Informativo Trigo Ed.2, fevereiro de 2011.

FREO, J.D.; MORAES, L.B.D.; COLUSSI, R.; MOSSMANN, J.; ELIAS, M.C.; GUTKOSKI, L.C. Propriedades físicas e tecnológicas de farinha de trigo tratada com terra diatomácea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 1076-1081, 2011.

GARCÍA-PEÑA, M.; DIAS, C.T.S. Análise dos modelos aditivos com interação multiplicativa (AMMI) bivariados. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.27, n.4, p.586-602, 2009.

GERMANI, R. Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades. Rio de Janeiro: Embrapa agroindústria de alimentos, 2008. 103 p.

GRAYBOSCH, R.A.; PETERSON, C.J.; BAENZIGER, P.S.; SHELTON, D.R. Environmental modification of hard red winter wheat flour protein composition. **Journal of Cereal Science**, London, v. 22, n. 1, p. 45- 51, 1995.

GUARIENTI, E.M.; SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B. Efeito de sistemas de rotação de culturas sobre características de qualidade tecnológica de trigo. **Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1-2, p. 31-37, 2005.

GUTKOSKI, L.C. **Controle de Qualidade de Grãos e Farinhas de Cereais**. IV simpósio de nutrição, ciência e tecnologia de alimentos. UPF, Passo Fundo, 2009, p.29.

GUTKOSKI, L.C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; CEZARE, K.; COLLA, L.M. Influência do tipo de farinha de trigo na elaboração de bolo tipo inglês. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 4, p. 275-282, 2011a.

GUTKOSKI, L.C.; KLEIN, B.; COLUSSI, R.; SANTETI, T.A.S. Efeito da adubação nitrogenada nas características tecnológicas de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.116-122, 2011b.

GUTKOSKI, L.C.; KLEIN, B.; PAGNUSSATT, F.A.; PEDÓ, I. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p.786-792, 2007.



HRUŠKOVÁ, M.; MACHOVÁ, D. Changes of wheat flour properties during short term storage. **Journal Food Science**, v. 20, n. 4, p. 125-130, 2002.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Especiais. Disponível em: <<https://www.drs.inpe.br/laf/series/index.php>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

LAVORANTI, O.J.; LINS, A.C.; SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A. **Modelagem AMMI para estudos de interação em modelos estatísticos de efeitos fixos**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2004. 7p. (Comunicado Técnico, 124).

LAWLOR, D.W.; UPRETY, D.C. Effects of water stress on photosynthesis of crops and the biochemical mechanism. In: ABROL Y.P, MOHANTY P., GOVINJEE, E.D.S. **Photosynthesis: photoreactions to plant productivity**. New Dehli: Oxford and IBH Publishing Co. PVT. Ltd v.1, 1993, p.419-449.

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

MANDEL, J. A new analysis of variance model for non-additive data. **Technometrics**, Alexandria, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1971.

MENDES, M.C.; ROSÁRIO, J.G.; FARIA, M.F.; ZOCHE, J.C.; WALTER, A.L.B. Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 3, p. 95-110, 2011.

MIRANDA, M.Z. Qualidade tecnológica de trigo. In: CUNHA, G.R. & BACALTCHUK, B. **Série Culturas: Trigo**. Porto Alegre: Embrapa, 2000. p. 315-330.

MITTELMANN, A.; NETO, J.F.B.; CARVALHO, F.I.F.; LEMOS, M.C.I.; CONCEIÇÃO, L.D.H. Herança de caracteres do trigo relacionados à qualidade de panificação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 975-983, 2000.

MONTEIRO, J.E.B.A. Agrometeorologia dos cultivos – o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 530.

OLIVEIRA, A.B.; DUARTE, J.B.; PINHEIRO, J.B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 357-364, 2003.

OLIVEIRA, J.S.; SOUZA SOBRINHO, F.; REIS, F.A.; SILVA, G.A.; ROSA FILHO, S.N.; SOUZA, J. J. R.; MOREIRA, F.M.; PEREIRA, J.A.; FIRMINO, W.G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 1, p. 45-50, 2007.

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**, Campinas. v. 30, n. 1, p. 55-59, 2010.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; PELOSO, M.J.D.; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DÍAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 374-383, 2009a.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; PELOSO, M.J.; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DIAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 44, n. 1, p.29-37, 2009b.

PRUSKA-KEDZIOR, A.; KEDZIOR, Z.; KLOCKIEWICZ- KAMINSKA, E. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat. **European Food Resourch Technology**. v. 277, n. 1, p. 199-207, 2008.

RAMOS, L.M.; SANCHES, A.; COTES, J.M.; CARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e estabilidade do rendimento de genótipos de arroz, mediante duas metodologias de avaliação na Colômbia. **Acta Agronómica**, v. 60, n. 1, p. 39-49, 2011.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; DEL DUCA, L. de J.; MARCHESE, J. A. **Melhoramento de trigo no sul do Brasil**: avanço no rendimento de grãos e ganho genético. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 12 p. html. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online; 12). Disponível: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_ci12.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_ci12.htm)>. Acesso em: 04/01/2014.

RODRIGUES, O.; LHAMBY, J. C. B.; DIDONET, A. D.; and MARCHESE, J. A. 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.

SCHEUER P.M.; FRANCISCO, A.; MIRANDA, M.Z.; LIMBERGER, V.M. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.

SCHMILDT, E.R.; CRUZ, C.D. Análise da adaptabilidade e estabilidade do milho pelos métodos de Eberhart e Russell e de Annicchiarico. **Revista Ceres**, v. 52, n. 29, p. 45-58, 2005.

SCHMILDT, E.R.; NASCIMENTO, A.L.; CRUZ, C.D.; OLIVEIRA, J.A.R. Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 51-58, 2011.

SCHMIDT, D.A.M.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; 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, A.H.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FELÍCIO, J.C.; RAMOS JÚNIOR, E.U. Desempenho agrônômico de linhagens de trigo em diferentes ambientes no Sudoeste paulista. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 262-270, 2011.

SILVA FILHO, J.L.; MORELLO, C.L.; FARIAS, F.J.C; LAMAS, F.M.; PEDROSA, M.B.; RIBEIRO, J.L. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.349-355, 2008.

SILVA, R.R. **Adaptabilidade, estabilidade e variabilidade do quociente fototermal para a cultura do trigo no estado do Paraná**. Pato Branco, 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, R.R.; BENIN, G. Análises Biplot: conceitos, interpretações e aplicações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 8, p. 1404-1412, 2012.

SILVA, S.A.; CARVALHO, F.I.F.; NEDEL, J.L.; VASCONCELLOS, N.J.S.; CRUZ, P.J.; SIMIONI, D.; SILVA, J.A.G. Composição de subunidades de gluteninas de alto peso molecular (HMW) em trigos portadores do caráter “stay-green”. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 679-683, 2004.

SILVA, W.C.J. e; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.23-30, 2006.

SMANHOTTO, A.; NÓBREGA L.H.P.; OPAZO, M.A.U.; PRIOR, M. Características físicas e fisiológicas na qualidade industrial de cultivares e linhagens de trigo e triticale. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 867-872, 2006.

SOUSA, M. A. DE; LIMA, M. D. B. Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca comum. **Bioscience Journal**, v.26, p.550-557, 2010.

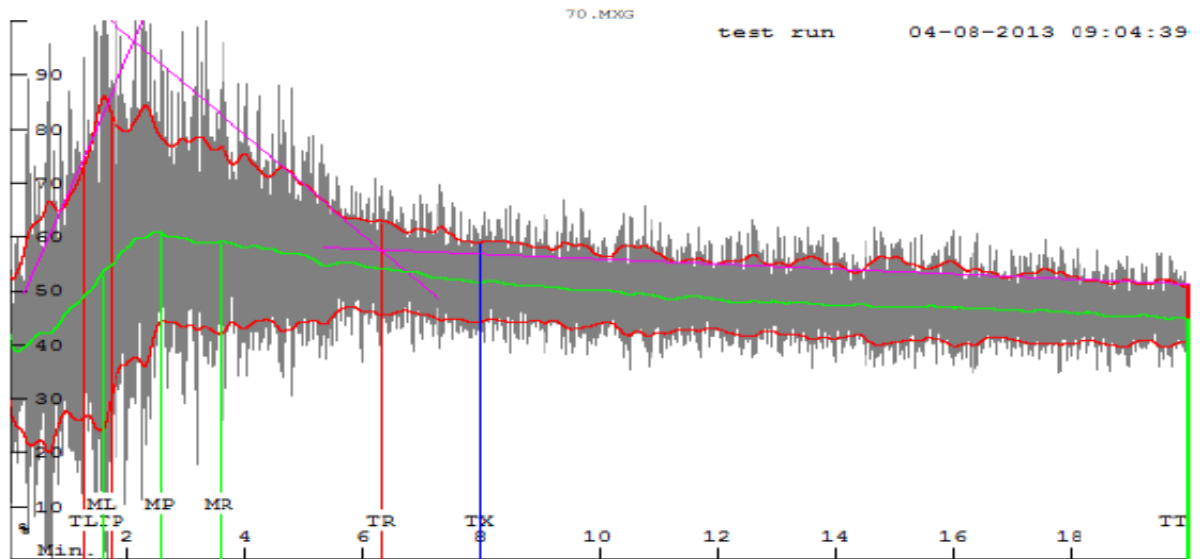
TONON, V.D. **Herança genética e estabilidade de características relacionadas à qualidade dos grãos e da farinha de trigo**. Porto Alegre, 2010. 132 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VÁZQUEZ, D. Aptitud Industrial de Trigo. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología Del INIA. Série Técnica, v. 177, p. 8–32, 2009.

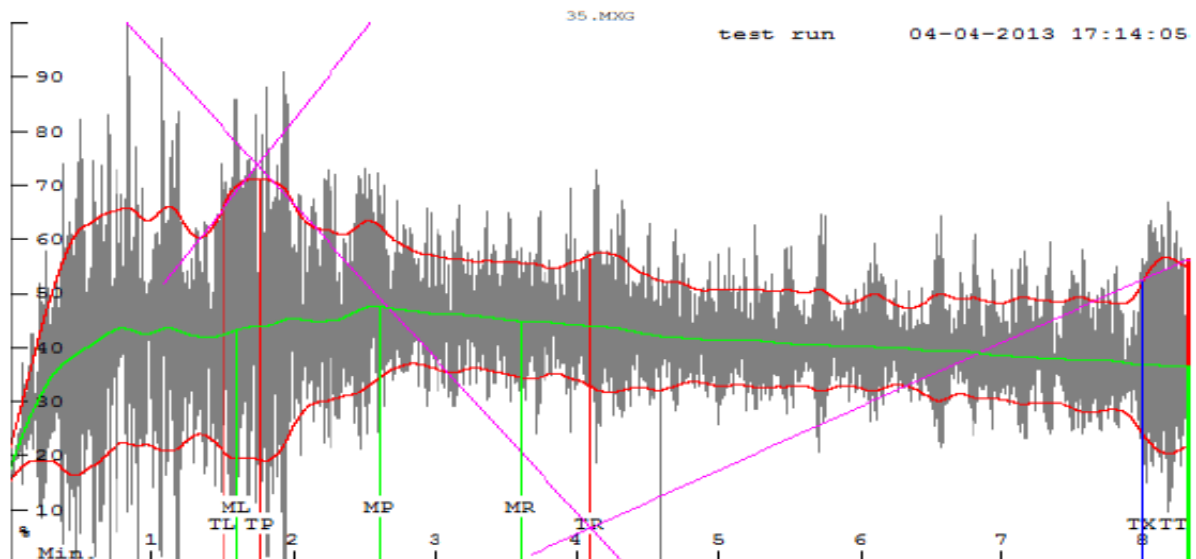
YAN, W.; HOLLAND, J.B. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. **Euphytica**, v.171, n.3, p.355- 369, 2010.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, A. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v. 80, n. 3, p. 388–393, 1988.

## ANEXO



**Figura 1A.** Gráfico de mixografia, mostrando a estabilidade em minutos de farinha de trigo da linhagem L1 em Cruzália-SP em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.



**Figura 2A.** Gráfico de mixografia, mostrando a estabilidade em minutos de farinha de trigo da linhagem L15 em Nova Fátima-PR em 2012. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.