

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CÁTIA MENEGUZZI

MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA QUALIDADE E PANIFICAÇÃO EM  
TRIGO COM PEQUENO VOLUME DE AMOSTRA

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2017

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

**CÁTIA MENEGUZZI**

**MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA QUALIDADE E PANIFICAÇÃO EM  
TRIGO COM PEQUENO VOLUME DE AMOSTRA**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2017**

CÁTIA MENEGUZZI

**MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA QUALIDADE E PANIFICAÇÃO EM  
TRIGO COM PEQUENO VOLUME DE AMOSTRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia – Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2017

M541m Meneguzzi, Cátia.  
Métodos de seleção para qualidade e panificação em trigo com  
pequeno volume de amostra / Cátia Meneguzzi. – 2017.  
79 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2017.  
Bibliografia: f. 63 – 70.

1. Triticum aestivum. 2. Melhoramento genético. 3. Valor de cultivo e  
uso. 4. Métodos alternativos. 5. Qualidade de trigo. I. Benin, Giovani,  
orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 22. ed. 630

Ficha Catalográfica elaborada por  
Maria Juçara Silveira CRB9/1359  
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



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



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Dissertação n.º 142**

**Métodos de Seleção Para Qualidade e Panificação Em Trigo Com Pequeno  
Volume de Amostra**

Por

**Cátia Meneguzzi**

Dissertação apresentada às oito horas e vinte minutos do dia quinze de fevereiro de dois mil e dezessete, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRA EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho.....

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. Giovani Benin**  
Orientador

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Betania Brum de Bortolli**  
UTFPR/Pato Branco

---

**Prof. Dr. Volmir Sérgio Marchioro**  
UFSM/Frederico Westphalen

---

**Prof. Dr. Moeses Andriago Danner**  
Coordenador PPGAG/UTFPR

\* “O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGAG”.

À toda minha família, principalmente aos meus pais, Gilberto Meneguzzi e Valderéz Marafon Meneguzzi, dedico.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me ajudado em todos os momentos da vida inclusive na realização do meu mestrado.

Agradeço a toda Instituição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela estrutura de ensino. Ao meu orientador Giovani Benin que não mediu esforços para me auxiliar e sempre esteve presente em todos os momentos. Também agradeço profundamente aos professores que colaboraram para a minha formação.

Agradeço a Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola – Coodetec pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho, tanto pela disponibilização dos dados da rede de ensaios, como pelo conhecimento compartilhado.

Agradeço aos meus colegas e amigos de pós graduação Diego M. Trevizan, Anderson S. Milioli, Leomar G. Woyann, Matheus H. Todeschini, Samuel C. Dalló e Monique M.Moura, os quais foram fundamentais para a realização deste trabalho. Aos amigos bolsistas e estagiários do grupo de pesquisa em melhoramento genético, os quais cito: Ana C. Rosa, Josiane Conte, Alana Madureira, Thiago Duarte, Matheus G. Stoco, Antonio Bozi, Matheus Tonatto, Ricardo Lucion, Wendel Boggio, Andrei D. Zdziarski que muito contribuíram durante a realização do mestrado.

Às amigadas que conquistei em Pato Branco, que sempre estiveram comigo nos momentos bons e ruins: Roberta M. Baggio, Ariane Dourado, Marielle Marcondes, Jayaris Busanello, Douglas Bareta, Pedro Zanini, André Varago, Rafael L. Munaretto e Simone Zanchettin.

Finalmente, e mais importante gostaria de agradecer à minha família, meus pais Gilberto Meneguzzi e Valderez Marafon Meneguzzi, meu irmão Alex Meneguzzi, minha avó Josefina Rizzotto Meneguzzi por sempre me apoiarem e confiarem em minhas decisões.

A todos que me auxiliaram de alguma forma, muito obrigada.

*Tudo o que pedirdes na oração crede que o tendes recebido, e vos será dado.*

**(Marcos 11, 24)**

*O segredo da genialidade é carregar o espírito da infância na maturidade.*

**Thomas Huxley**



## RESUMO

MENEGUZZI, Cátia. Métodos de seleção para qualidade e panificação em trigo com pequeno volume de amostra. 79 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Os parâmetros mais utilizados na avaliação da qualidade industrial da farinha de trigo são obtidos por análises viscoelásticas de farinografia, alveografia, mixografia, e número de queda (NQ). Estes métodos tradicionais apresentam boa correlação com a qualidade industrial. Contudo, são caros, difíceis de serem implementados e demandam grande quantidade de sementes. Por este motivo, a seleção para qualidade de trigo geralmente é realizada em fases mais avançadas dos programas de melhoramento genético, nas quais a quantidade de sementes é suficiente para realização dos testes. Por isso, é altamente desejável a utilização de métodos preditivos da qualidade da farinha de trigo, de baixo custo, simples de serem implementados e que demandem pequena quantidade de amostra. Isso possibilitaria maior efetividade de seleção em fases iniciais dos programas de melhoramento, onde se concentra a maior variabilidade genética. Assim, o primeiro estudo desta dissertação objetivou determinar a eficácia do método alternativo da CRS (Capacidade de retenção de solventes) em diferentes genótipos brasileiros de trigo e verificar a associação entre CRS e os diversos parâmetros de qualidade industrial do trigo. Foram utilizadas sementes providas de ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) de 22 genótipos de trigo (10 cultivares e 12 linhagens) cultivados no ano de 2014 em duas épocas de semeadura em 4 locais da região sul do Brasil (Abelardo Luz – SC, Cascavel – PR; Guarapuava – PR e Não Me Toque – RS). Foram realizados testes convencionais de qualidade de trigo: alveografia, número de queda, análise de cor e analisados os materiais através da CRS. Os resultados demonstraram que a CRS e os parâmetros de qualidade de trigo possuem significativa interação genótipo x ambiente (GxA). Observou-se associações significativas, de média magnitude, entre a CRS e as análises viscoelásticas, demonstrando que a CRS pode ser utilizada na seleção de genótipos para qualidade de trigo brasileiro. O segundo estudo objetivou determinar a sedimentação em SDS em diferentes genótipos brasileiros de trigo e observar a correlação entre SDS e o parâmetro de força de glúten, buscando aferir a eficiência desta metodologia. Este estudo foi conduzido utilizando sementes de trigo provenientes de experimentos executados em quatro locais (Abelardo Luz – SC, Cascavel – PR; Guarapuava – PR e Não Me Toque – RS) no ano de 2014 durante duas épocas de semeadura. Foram avaliados 25 genótipos, incluindo linhagens e cultivares comerciais, em ensaios de VCU. Foram realizados o teste convencional de alveografia para obtenção do parâmetro de força de glúten ( $W$ ) e o método alternativo de SDS. O parâmetro SDS foi positivamente associado ( $r= 0,65^{**}$ ) com a força de glúten ( $W$ ), podendo ser utilizado como preditor na seleção de genótipos de trigo para qualidade de panificação.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L. Melhoramento genético. Valor de cultivo e uso. Métodos alternativos. Qualidade de trigo.

## ABSTRACT

MENEGUZZI, Cátia. Methods of selection to quality and baking wheat with small sample volume. 79 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2017.

The parameters most used in evaluating the industrial quality of wheat flour are obtained by viscoelastic analyzes of farinograph, alveograph, and falling number (FN). These traditional methods have a good correlation with industrial quality. However, they are expensive, difficult to implement and require lots of seed. For this reason, selection for baking quality is usually carried out in more advanced stages of breeding programs, where the amount of seeds is sufficient to carry out the tests. Therefore, it is highly desirable to use batch quality predictive tests that are inexpensive, simple to implement and require a small amount of sample. This would allow greater selection effectiveness in the early stages of breeding programs, where the greatest genetic variability is concentrated. Thus, the first study of this dissertation aimed to determine the efficacy of the alternative method of CRS (Solvent retention capacity) in different Brazilian wheat genotypes and to verify the association between CRS and the various industrial quality parameters of wheat. Seeds from VCU of 22 wheat genotypes were cultivated in 2014 at two sowing dates in four sites in southern Brazil (Abelardo Luz - SC, Cascavel - PR, Guarapuava - PR and Não Me Toque - RS). Conventional wheat quality tests were performed: alveograph, falling number, color analysis and analyzed the materials through CRS. The results demonstrate that the CRS and wheat quality parameters have a significant G x E. There was a significant mean correlation between CRS and viscoelastic analysis demonstrating that CRS can be used as a predictor of wheat quality in Brazilian wheat genotypes. The second study aimed to determine the sedimentation in SDS in different Brazilian wheat genotypes and to observe the correlation between SDS and the gluten strength parameter, assessing the efficiency of the methodology. This study was conducted using wheat seeds from experiments conducted at four sites (Abelardo Luz - SC, Cascavel - PR, Guarapuava - PR and Não Me Toque - RS) in the year 2014 during two sowing seasons. Twenty-five genotypes, including commercial strains and cultivars, were evaluated in cultivation and use value (VCU) assays. The conventional alveograph test was performed to obtain the gluten strength parameter (W) and the alternative method of SDS. The SDS parameter shows an association ( $r = 0.65^{**}$ ) with gluten strength (W) and can be used as a predictor in the selection of wheat genotypes for wheat protein quality.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L. Genetic improvement. Value of cultivation and use. Alternative methods. Quality wheat.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Figura 1** - Posição geográfica dos três estados e quatro municípios onde foram executados os ensaios de VCU (Valor de Cultivo e Uso) de trigo no Brasil, no ano de 2014 pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec). UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017. PR – Paraná, SC – Santa Catarina, RS – Rio Grande do Sul, CSC – Cascavel, GUA, Guarapuava, ABL – Abelardo Luz, NMT- Não-Me-Toque. ...26

**Figura 2** - Coeficientes de correlação de Pearson entre Capacidade de retenção de solvente ao ácido láctico(AL) e os parâmetros de qualidade P (tenacidade), L(extensibilidade) P/L (relação tenacidade/extensibilidade), W (força de glúten) e L\* (luminosidade). \* significativo pelo teste t à 5% de probabilidade e \*\* significativo pelo teste t à 1% de probabilidade. UTFPR. Campus Pato Branco – PR, 2017. ....42

**Figura 3** - Coeficientes de correlação de Pearson entre Capacidade de retenção de solvente ao ácido láctico (AL) x (coordenadas de cromaticidade a\* e b\*) e Capacidade de Retenção de Solvente à sacarose (SAC) x [Capacidade de retenção ao carbonato de sódio (CAR); Capacidade de retenção de solvente à água (ÁGUA) e Número de queda (FN). \* significativo pelo teste t à 5% de probabilidade e \*\* significativo pelo teste t à 1% de probabilidade .UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017. ....43

**Figura 4** - Coeficientes de correlação de Pearson entre Capacidade de retenção de solvente à sacarose (SAC) x L(extensibilidade); Capacidade de retenção de solventes ao Carbonato de sódio x [Capacidade de retenção de solvente à água (AGUA) e Número de queda (FN)] e Capacidade de Retenção de solventes à água x [Tenacidade (P) e Força de glúten (W)]. \* significativo pelo teste t à 5% de probabilidade e \*\* significativo pelo teste t à 1% de probabilidade. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.....44

**Figura 5** – Plotagem da análise GGE Biplot de média e estabilidade de 22 genótipos de trigo cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação a CRS\_AL (A), CRS\_SAC (B), CRS\_CAR (C) e CRS\_AGUA (D). UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.....46

**Figura 6** - Posição geográfica dos três estados e quatro municípios onde foram executados os ensaios de VCU (valor de cultivo e uso) de trigo no Brasil, no ano de 2014, pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec). UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.....52

**Figura 7** - Coeficientes de correlação de Pearson(r) entre Sedimentação em Dodecil Sulfato de Sódio (SDS) e Força de glúten (W). UTFPR. \* significativo pelo teste t à 5% de probabilidade e \*\* significativo pelo teste t à 1% de probabilidade.Campus Pato Branco – PR, 2017. ....59

**Figura 8** – Plotagem da análise GGE Biplot de média e estabilidade (A) e genótipo ideal (B) de 25 genótipos de trigo cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação a Sedimentação em Dodecil Sulfato de Sódio (SDS). UTFPR. Campus de Pato Branco – PR, 2017. ....60

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Genótipos com sua respectiva genealogia, obtentor e classe comercial utilizados no experimento. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017. ....26
- Tabela 2** - Data de semeadura (DS), temperatura média mensal (TM) e precipitação total (PT) nos locais de estudo. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017 .....27
- Tabela 3** - Comparação de médias para os parâmetros da avaliação da qualidade industrial de trigo em diferentes ambientes. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017. ....31
- Tabela 4** - Análise da variância para a capacidade de retenção de solventes (CRS) de diferentes genótipos de trigo, cultivados em quatro ambientes e duas épocas de semeadura. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.....32
- Tabela 5** - Comparação de médias de 22 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à Capacidade de Retenção de Solvente ao ácido láctico (CRS\_AL). UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.....34
- Tabela 6** - Comparação de médias de 22 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à Capacidade de Retenção de Solvente à sacarose. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017. ....36
- Tabela 7** - Comparação de médias de 22 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à Capacidade de Retenção de Solvente ao carbonato de sódio. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017. ....37
- Tabela 8** - Comparação de médias de 22 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à Capacidade de Retenção de Solvente água, UTFPR. Campus Pato Branco – PR, 2017 .....39
- Tabela 9** - Data de semeadura, Temperatura média durante o ciclo de desenvolvimento do trigo (Tm), Precipitação total (PT) e coordenadas geográficas dos locais de cultivo de trigo, no ano de 2014. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017 .....52
- Tabela 10** - Análise da variância para sedimentação em SDS de diferentes genótipos de trigo, cultivados em quatro ambientes e duas épocas de semeadura. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017. ....55
- Tabela 11** - Comparação de médias de 25 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à sedimentação em SDS. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.....57

## LISTA DE SIGLAS

AACC	American Association of Cereal Chemists
PR	Unidade da Federação – Paraná
RS	Unidade da Federação – Rio Grande do Sul
SC	Unidade da Federação – Santa Catarina
SVD	Singular Value Decomposition
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VCU	Valor de Cultivo e Uso

## LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância
a*	Índice de cromaticidade a
ABL	Abelardo Luz
b*	Índice de cromaticidade b
CRS	Capacidade de retenção de solventes
CRS_AGUA	Capacidade de retenção de solventes à água
CRS_AL	Capacidade de retenção de solventes ao ácido láctico
CRS_CAR	Capacidade de retenção de solventes ao carbonato de sódio
CRS_SAC	Capacidade de retenção de solventes à sacarose
CSC	Cascavel
FN	Falling Number
g	Gramas
G x A	Interação genótipo versus ambiente
GGE	Genotype and genotype-by-environment
GUA	Guarapuava
kg	Quilograma
L	Extensibilidade
L*	Luminosidade da farinha
MI	Mililitros
NMT	Não Me Toque
NQ	Número de Queda
P	Tenacidade
P/L	Relação tenacidade/extensibilidade
PCA	Componente principal
QM	Quadrado médio
s	Segundo
SQ	Soma de quadrados
w	Força de glúten

## LISTA DE ACRÔNIMOS

ABIMAPI	Associação brasileira das indústrias de biscoitos, massas alimentícias
ABITRIGO	Associação brasileira da indústria do trigo
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Coodetec	Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\%$	Porcentagem
$\leq$	Menor ou igual
$\geq$	Maior ou igual
$\approx$	Aproximadamente



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	19
2 TESTE DE CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE SOLVENTES EM GENÓTIPOS BRASILEIROS DE TRIGO EM ENSAIOS MULTIAMBIENTES.....	21
2.1 RESUMO .....	21
2.2 ABSTRACT .....	21
<b>2.3 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
2.4.1 Genótipos e locais de teste .....	25
2.4.2 Unidades experimentais e delineamento .....	25
2.4.3 Determinação da capacidade de retenção de solventes (CRS).....	27
2.4.4 Análises viscoelásticas .....	27
2.4.5 Análise da cor da farinha .....	28
2.4.6 Análises estatísticas.....	28
<b>2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
2.5.1 Parâmetros de qualidade tecnológica dos genótipos de trigo.....	29
2.5.2 Análise da Capacidade de Retenção de Solventes .....	31
2.5.2.1 Componentes da variância.....	31
2.5.2.2 CRS_AL em trigo cultivado em diferentes ambientes e épocas de semeadura .....	32
2.5.2.3 CRS_SAC em trigo cultivado em diferentes ambientes e épocas de semeadura .....	34
2.5.2.4 CRS_CAR em trigo cultivado em diferentes ambientes e épocas de semeadura .....	36
2.5.2.5 CRS_AGUA em trigo cultivado em diferentes ambientes e épocas de semeadura .....	38
2.5.2.6 Classificação dos genótipos brasileiros quanto à CRS.....	38
2.5.4 Média e estabilidade dos genótipos em relação a Capacidade de Retenção de Solventes .....	44
<b>2.6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>46</b>
3 EFICÁCIA DO MÉTODO DE SELEÇÃO BASEADO NA SEDIMENTAÇÃO EM SDS EM GENÓTIPOS BRASILEIROS DE TRIGO.....	48
3.1 RESUMO .....	48
3.2 ABSTRACT .....	48
<b>3.3 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>3.4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>51</b>

3.4.1 Genótipos e locais de teste .....	51
3.4.2 Delineamento experimental e manejo .....	51
3.4.3 Caracteres avaliados .....	53
3.4.4 Análises estatísticas.....	53
<b>3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
3.5.1 Análise da variância para variável SDS .....	54
3.5.2 Médias da sedimentação na presença de SDS em genótipos de trigo .....	55
3.5.3 Correlação entre SDS e W.....	58
3.5.4 Análise de média e estabilidade e “genótipo ideal” em relação ao teste de SDS.....	59
<b>3.6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>60</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O trigo (*Triticum aestivum* L.) possui significativa importância na economia agrícola, sendo o segundo cereal mais produzido do mundo. Na safra de 2016, a produção mundial foi de 726,9 milhões de toneladas, com destaque para a União Européia, China, Índia e Rússia. A produção brasileira de trigo concentra-se principalmente na região Centro-Sul do Brasil. Na safra de 2016, a produção nacional de trigo foi de 6,16 milhões de toneladas, sendo, os estados do Paraná e Rio Grande do Sul os maiores produtores, com 53,61% e 34,02% da produção brasileira, respectivamente (CONAB, 2017).

O trigo possui papel fundamental na alimentação humana, pois participa como fonte de nutrientes e fibras (SCHEUER et al., 2011). No Brasil, 56% da demanda da farinha de trigo é para a produção de pães, 15% para massas, 10% para biscoito, 10% para uso doméstico e 9% para outros segmentos. Portanto, a farinha de trigo é o ingrediente principal de uma gama de produtos e a determinação da sua qualidade possui enorme importância, uma vez que se relaciona com a qualidade do produto final desejado (SCHEUER et al. 2011; DUYVEJONCK et al., 2012; SILVA et al., 2013).

A qualidade dos produtos derivados da farinha de trigo está relacionada diretamente com as características dos grãos que são influenciadas por fatores genéticos e ambientais (CARSON & EDWARDS, 2009; TAGHOUTI et al., 2010; ABUGALIEVA & PEÑA, 2010; VÁZQUEZ et al., 2012; LI et al., 2013). Temperaturas muito elevadas no enchimento de grãos, excesso de chuva no período de colheita, características de solo, aplicação de fertilizantes nitrogenados, ataque de pragas e doenças influenciam na qualidade dos grãos de trigo (MANDARINO, 1993; KONG et al., 2013; BISCHOFF et al., 2015) e conseqüentemente na qualidade da farinha.

Nas últimas décadas, a exigência do mercado consumidor por trigos com qualidade de panificação superior aumentaram e, ocorreram modificações importantes nos parâmetros de qualidade, no Brasil (BRASIL, 1994; BRASIL, 2010). Desta maneira, nos últimos anos, o desafio dos melhoristas de trigo consiste em disponibilizar constantemente cultivares com alto rendimento de grãos, características agrônômicas adequadas e elevada qualidade tecnológica. Porém, a determinação da qualidade industrial de trigo não é algo simples. Pois, não existe um único parâmetro para sua avaliação, sendo necessárias várias análises relacionadas às propriedades

dos componentes do grão como proteínas, amido e pentosanas que são responsáveis pelas características da farinha de trigo (SILVA, et.al., 2013).

Os parâmetros mais utilizados na avaliação da qualidade industrial da farinha de trigo são obtidos por análises viscoelásticas de farinografia, alveografia, mixografia, e número de queda (NQ) ou *Falling number* (FN) (RAM, et.al., 2005; DUYVEJONCK et.al., 2012; LI, et.al., 2014). As avaliações das características viscoelásticas apresentam boa correlação com a qualidade industrial. Contudo, são caras e demandam grande quantidade de sementes (2 a 5 kg). Por isso, a seleção para qualidade do trigo geralmente é realizada em fases mais avançadas dos programas de melhoramento genético, aonde a quantidade de sementes é suficiente para realização dos testes. Portanto, é desejável a utilização de métodos preditivos da qualidade do trigo, de baixo custo, simples de serem implementados e que demandem pequena quantidade de amostra. Isso permitiria maior efetividade de seleção em fases iniciais dos programas de melhoramento, onde se concentra a maior variabilidade genética (BETTGE et al., 2002; PASHA et al.,2009; MOIRAGHI et al.,2011; GUZMÁN et al., 2016).

Este estudo tem por objetivo testar métodos alternativos, preditivos da qualidade de trigo, para serem utilizados em fases iniciais dos programas de melhoramento genético, quando há baixa disponibilidade de sementes. A avaliação da eficácia das metodologias é analisada pela correlação entre os dados obtidos pelos métodos tradicionais e as metodologias alternativas.

## 2 TESTE DE CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE SOLVENTES EM GENÓTIPOS BRASILEIROS DE TRIGO EM ENSAIOS MULTIAMBIENTES

### 2.1 RESUMO

O método de capacidade de retenção de solventes (CRS) tem sido relacionado aos parâmetros qualitativos para análise da farinha de trigo destinada principalmente, à produção de biscoitos. A CRS\_AL (capacidade de retenção ao ácido láctico) possui relação com as gluteninas da amostra, a capacidade de retenção à sacarose (CRS\_SAC) é associada com a quantidade de pentosanas, a capacidade de retenção ao carbonato de sódio (CRS\_CAR) é conhecida por fornecer parâmetros sobre o amido danificado da farinha e a capacidade de retenção à água (CRS\_AGUA) é relacionada com capacidade de absorção de água pelos polímeros funcionais da farinha de trigo (glúten, amido danificado e pentosanas). Existem poucos relatos sobre a validação da CRS na avaliação da qualidade de genótipos brasileiros de trigo. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a CRS em diferentes genótipos brasileiros de trigo e verificar a associação entre a CRS e os parâmetros indicativos da qualidade industrial do trigo e identificar genótipos estáveis quanto a CRS em ensaios multiambientais. As sementes utilizadas neste estudo foram obtidas de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) conduzidos pela Coodetec no ano de 2014, em duas épocas de semeadura. Foram avaliados 22 genótipos cultivados em 4 locais (Abelardo Luz - SC, Cascavel - PR, Guarapuava - PR e Não Me Toque - RS). Foram realizados testes convencionais de qualidade de trigo: alveografia, número de queda e análise de cor e o teste alternativo de CRS. Os resultados demonstraram que a CRS e os parâmetros de qualidade de trigo possuem uma interação G x A significativa. As cultivares CD 105 e C119 e a linhagem CD 12356 destacaram-se com valores de CRS adequados à produção de biscoito em todos os locais de estudo e as cultivares BRS Guamirim, CD 1104 e as linhagens CD 12240 e CD 12666 apresentaram valores adequados de CRS\_AL para panificação em todos os ambientes avaliados. Para as variáveis CRS\_AL e CRS\_SAC a variedade CD 105 mostrou uma elevada estabilidade fenotípica. Os materiais CD 1805 e CD 12240 apresentaram baixa instabilidade fenotípica para CRS\_CAR e CRS\_AGUA. Observou-se associação significativa, de moderada magnitude, entre a CRS e as análises viscoelásticas, demonstrando que a CRS pode ser utilizada na seleção para qualidade tecnológica da farinha em genótipos brasileiros de trigo.

**Palavras chave:** *Triticum aestivum* L. Qualidade de trigo. Testes propostos. Análises viscoelásticas.

### 2.2 ABSTRACT

The method SRC (Solvent retention capacity) is associated with qualitative parameters for the analysis of wheat flour for the production of biscuits. The SRC\_AL (lactic acid SRC) is related to the glutenins of the sample, SRC\_SAC (sucrose SRC) is associated with the amount of pentosanas, SRC\_CAR (sodium carbonate SRC) is known to

provide parameters on the damaged starch and SRC\_AGUA (water SRC) is related to water absorption capacity by the functional polymers of wheat flour (gluten, damaged starch and pentosans). There are few reports on the validation of the method in the evaluation of Brazilian wheat genotypes. The objective of this work was to determine SRC in different Brazilian wheat genotypes and to verify the association between SRC and the various parameters of industrial quality of wheat, assessing the effectiveness of the SRC methodology. In addition, the objective is to evaluate the genotypes of SRC by analyzing their performance and phenotypic stability in different environments. The seeds used in this study were obtained from cultivation and use value (VCU) tests conducted by Coodetec in the year 2014, in two sowing seasons. Twenty - two genotypes were evaluated in four sites (Abelardo Luz - SC, Cascavel - PR, Guarapuava - PR and Não Me Toque - RS). We performed conventional tests of wheat quality alveografia, falling number, color analysis and analyzed the materials through the CRS. The SRC and wheat quality parameters have a significant G x E. The cultivars CD 105 and C119 and the line CD 12356 stood out with values of CRS suitable for the production of biscuit. Cultivars BRS Guamirim, CD 1104 and lines CD 12240 and CD 12666 presented favorable values of SRC\_AL for bread making. For the variables CRS\_AL and SRC\_SAC the CD 105 variety showed a high phenotypic stability. The CD 1805 and CD 12240 materials showed low phenotypic instability for SRC\_CAR and SRC\_AGUA. There was a significant mean correlation between SRC and viscoelastic analysis demonstrating that SRC can be used as a predictor of wheat quality in Brazilian wheat genotypes.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L. Quality wheat. Proposed tests. Viscoelastic analyzes.

### 2.3 INTRODUÇÃO

A qualidade do trigo é dependente de propriedades funcionais específicas de componentes bioquímicos e suas interações, as quais, determinam sua aptidão para determinado produto final. A qualidade deste cereal varia consideravelmente como resultado da interação genótipo x ambiente (G x A) (CARSON & EDWARDS, 2009; TAGHOUTI et al., 2010). Os fatores intrínsecos de cada cultivar influenciam na qualidade tecnológica do trigo porém, o ambiente afeta o desenvolvimento dos grãos que podem ter implicações nas características dos produtos finais da farinha.

A seleção de genótipos com qualidade industrial superior é uma prioridade do melhoramento genético de trigo (GRAYBOSCH et al., 1999; GUZMÁN et al., 2015). Porém, o custo, o tempo e a pequena quantidade de sementes limitam a utilização de testes convencionais de qualidade nas etapas iniciais dos programas de melhoramento. A ausência de seleção para qualidade nas fases iniciais pode resultar no desenvolvimento de linhas avançadas com baixa qualidade para processamento da indústria (GUZMÁN et al., 2016). Portanto, são necessários testes rápidos que

demandem pequena quantidade de sementes para estimação da qualidade da farinha.

Dentre os vários testes rápidos disponíveis, o método de capacidade de retenção de solventes (CRS) é relativamente novo e é reconhecido por fornecer parâmetros qualitativos para análise da farinha de trigo, destinadas à produção de biscoito, principalmente. Vários estudos tem demonstrado a eficácia deste método como um bom preditor para a avaliação da farinha denominada “*soft*” utilizada para a fabricação de biscoitos/bolachas (GUTTIERI et al., 2008; COLOMBO et al., 2008; RAM & SINGH, 2004; ZHANG et al., 2008; DUYVEJONCK, et.al, 2011). No Brasil, a demanda por farinhas para fabricação de biscoitos é, atualmente, 10% da demanda total. Porém, durante muito tempo o trigo brando (denominado *soft* no mercado internacional ou doméstico e básico, no Brasil) foi considerado com qualidade inferior e recebia pouca atenção da indústria brasileira (ABITRIGO, 2016). Com o crescimento da indústria de biscoito, a partir de 2003 este cenário mudou. Segundo a ABIMAPI (2016), esta indústria cresceu 73% nos últimos cinco anos atingindo, em 2015, 3,37 milhões de toneladas em volume de venda. Desta maneira, percebe-se a importância da avaliação da qualidade de trigo *soft* para o desenvolvimento de cultivares que atendam a indústria de biscoito.

A CRS é baseada no inchaço seletivo dos polímeros da farinha em certas soluções de solventes: 5% de ácido láctico, 5% de carbonato de sódio, 50% sacarose e 5% em água (GAINES, 2000; KWEON et al., 2011). A capacidade de retenção ao ácido láctico (CRS\_AL) está associada com a formação de rede de gluteninas e a força de glúten da farinha; isto ocorre pois o pH inferior a 7,0 favorece o inchaço e a formação de polímeros de glúten em relação aos polissacarídeos (SLADE & LEVINE, 1994; GAINES, 2000). Os valores de CRS\_AL têm sido positivamente associados com a absorção de água da farinha (KWEON, et.al. 2011). Katyal et al. (2016), avaliaram 28 cultivares de trigo provindos da Índia, e observaram que a CRS\_AL é positivamente associada com conteúdo de proteína do trigo. Esta associação também foi encontrada por Xião et al. (2006) em estudo com 116 amostras de farinha de trigo americana. Pasha et.al. (2009) obtiveram relação entre a CRS com as características do produto final como diâmetro e espessura de biscoitos.

A capacidade de retenção à sacarose (SRC\_SAC) está relacionada com a característica das pentosanas existentes na farinha. Estas, são os principais polissacarídeos não provenientes do amido e desempenham um papel importante nas

características reológicas da massa, sendo altamente hidrofílicas, capazes de absorver cerca de dez vezes o seu peso em água (FIGUEROA–ESPINOZA et al., 1999). Avaliando os efeitos da farinha de trigo americana em biscoitos do tipo cracker, Li et.al. (2014) obtiveram correlação significativa entre os valores de CRS\_SAC e o volume e a altura dos biscoitos. Hruskova et al. (2012), avaliando trigos da República Tcheca, observaram associação entre CRS\_SAC e número de queda (NQ). Pasha, et al. (2009), avaliando os valores de capacidade de retenção de solvente e as características de qualidade de biscoitos, observaram que a CRS\_SAC apresentou relação direta com o diâmetro do biscoito. Moiraghi et al. (2011) concluíram que a CRS\_SAC é um bom preditor de todas as características (altura, diâmetro e volume) envolvendo a produção de biscoito.

A capacidade de retenção ao carbonato de sódio (CRS\_CAR) é relacionada às características do amido danificado da farinha. Quando a farinha é utilizada em uma solução de 5% de carbonato de sódio, o pH é elevado acima de 11 e nessas condições, os grupos hidroxila do amido danificado ionizam, retendo o solvente (GAINES, 2000; DUYVEJONCK, et.al., 2011). Os resultados de CRS\_CAR apresentaram elevada associação com o percentual de amido danificado de cultivares de farinha de trigo da Europa (DUYVEJONCK, et.al. 2011). Hruskova, et al. (2012) observaram que os valores de CRS\_CAR foram positivamente associados ao tamanho da partícula, rendimento de moagem e ao número de queda (NQ) da farinha de trigo.

A capacidade de retenção à água (CRS\_AGUA) é uma característica funcional relacionada tanto ao processamento quanto à qualidade do produto final. É associada com a capacidade de absorção de água pelos polímeros funcionais da farinha de trigo (glúten, amido danificado e pentosanas). Farinhas de trigo para a fabricação de pães geralmente requerem alta absorção de água, enquanto farinhas para biscoito exigem baixo valor de CRS\_AGUA. Gaines (2000), avaliando farinha de trigo para a produção de biscoitos, determinou valores de CRS\_AGUA menores que 51% como ideais para a qualidade do produto final. Duyvejonck et al. (2012) também observaram que a CRS\_AGUA foi mais eficiente em predizer o diâmetro de biscoitos, em comparação as técnicas convencionais.

A CRS tem sido objeto de estudo em trigo norte-americano, (GAINES, 2000; GUTTIERI et al., 2001; GUTTIERI & SOUZA, 2003; GUTTIERI, SOUZA, & SNELLER, 2008), argentino (COLOMBO et al., 2008), indiano (RAM E SINGH, 2004) e chinês



(ZHANG et al., 2008), com resultados promissores quanto a predição da qualidade de uso. Entretanto, existem poucos relatos sobre a validação deste método na avaliação de genótipos brasileiros de trigo.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a CRS em diferentes genótipos brasileiros de trigo e verificar a associação entre CRS e os diversos parâmetros de qualidade industrial do trigo, aferindo a eficácia da metodologia CRS em prever a finalidade de uso da farinha. Além disso, busca-se identificar genótipos estáveis quanto a CRS em ensaios multiambientais.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.4.1 Genótipos e locais de teste

Foram avaliados 22 genótipos, sendo 10 cultivares comerciais e 12 linhagens (Tabela 1). Estes foram cultivadas em 4 locais na região sul do Brasil (Figura 1). Os dados de temperatura e precipitação dos locais estudados na época de condução do experimento constam na Tabela 2.

### 2.4.2 Unidades experimentais e delineamento

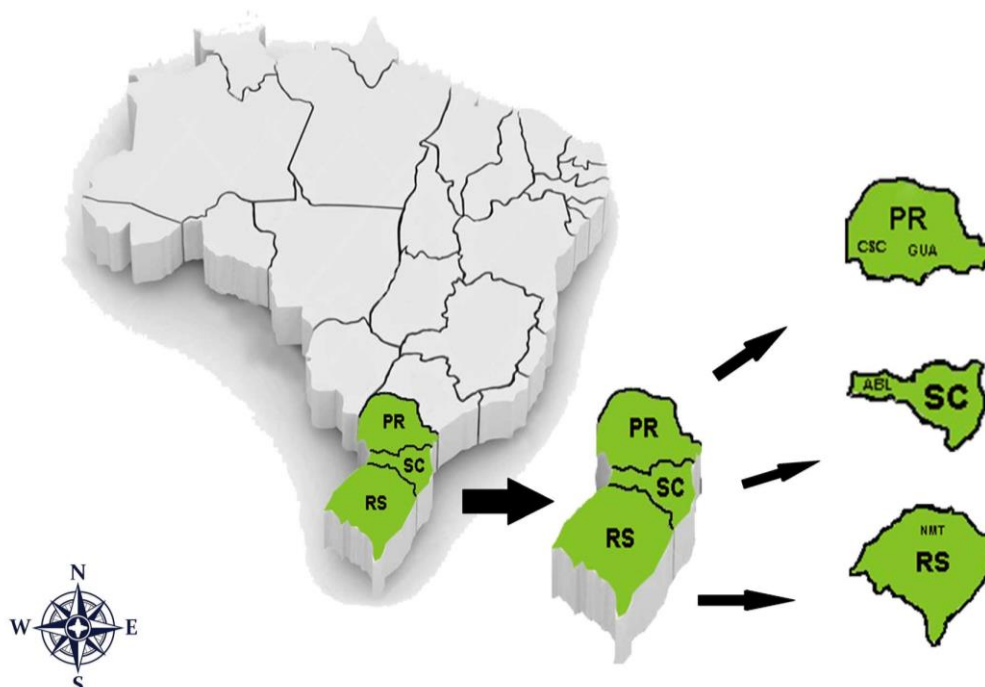
As sementes utilizadas neste estudo foram obtidas de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) conduzidos pela Coodetec (Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola) no ano de 2014, em duas épocas de semeadura (Tabela 2). Os ensaios foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela foi constituída de seis linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20 m, perfazendo área de 6 m<sup>2</sup>. Para a realização das análises foram retiradas 3 subamostras das repetições do campo. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as informações técnicas para a cultura (RCBPT, 2012).

**Tabela 1** - Genótipos com sua respectiva genealogia, obtentor e classe comercial utilizados no experimento. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

CULTIVARES	GENEALOGIA	OBTENTOR	CLASSE COMERCIAL
CD 105	PFAU "S"/2*OCEPAR 14//IAPAR 41	Coodetec	Brando
CD 119	BRS 49/CDI 0303	Coodetec	Brando
CD 1550	ÔNIX/CDFAPA 2001129	Coodetec	Pão
CD 1104	CD 108/BRS 220	Coodetec	Melhorador
CD 1805	CDF 2040/Rubi	Coodetec	Básico
ESPORÃO	Ônix/CD 2017	Coodetec	Pão
CD 1440	ONIX/CDFAPA 2001129	Coodetec	Pão
Brs Guamirim	EMB 27/BUCK NANDU//PF 93159	EMBRAPA	Pão
Tbio Sinuelo	Quartzo/3/Fundacep30/Ônix//Pampeano/4/Quartzo	Biotrigo	Pão
Quartzo	ÔNIX/AVANTE	OR/Biotrigo	Pão

LINHAGENS			
CD 12300	CD 12400	CD 12880	CD 12223
CD 12356	CD 12430	CD 1166	CD 12240
CD 12361	CD 12666	CD 12203	CD 12282



**Figura 1** - Posição geográfica dos três estados e quatro municípios onde foram executados os ensaios de VCU (Valor de Cultivo e Uso) de trigo no Brasil, no ano de 2014 pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec). UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017. PR – Paraná, SC – Santa Catarina, RS – Rio Grande do Sul, CSC – Cascavel, GUA, Guarapuava, ABL – Abelardo Luz, NMT- Não-Me-Toque.

**Tabela 2** - Data de semeadura (DS), temperatura média mensal (TM) e precipitação total (PT) nos locais de estudo. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017

LOCAIS	DS	T° MÉDIA MENSAL								TM	PT
		ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		
CSC_1	24/abr	17,3	17,6	18,0	17,0	18,1	22,0	25,5	23,6	17,60	599,8
CSC_2	08/mai	17,5	17,0	18,0	17,0	18,1	19,1	25,5	23,6	17,84	584,6
ABL_1	04/jul	15,2	14,6	13,9	14,2	15,2	17,9	21,1	21,3	17,93	738,9
ABL_2	11/jul	15,2	14,6	13,9	13,5	15,2	17,9	21,1	22,5	18,04	722,6
NMT_1	04/jun	15,1	14,7	13,4	13,2	15,9	16,9	19,6	20,2	15,63	795,0
NMT_2	12/jun	15,1	14,7	13,5	13,2	15,0	16,9	19,7	20,2	15,65	794,4
GUA_1	23/jun	13,8	13,8	13,5	12,1	14,4	16,1	17,5	18,2	14,73	402,6
GUA_2	07/jul	13,8	13,8	13,1	11,4	14,4	16,1	18,1	18,6	15,71	462,4

Precipitação (mm); Temperatura (°C); CSC\_1- Cascavel, 1° época de semeadura; CSC\_2 – Cascavel, 2° época de semeadura; ABL\_1 – Abelardo Luz, 1° época de semeadura; ABL\_2 – Abelardo Luz, 2° época de semeadura; NMT\_1 – Não Me Toque, 1° época de semeadura; NMT\_2 Não Me Toque, 2° época de semeadura; GUA\_1 – Guarapuava, 1° época de semeadura; GUA\_2 – Guarapuava, 2° época de semeadura. Fonte: INMET.

#### 2.4.3 Determinação da capacidade de retenção de solventes (CRS)

O teste da capacidade de retenção de solventes foi conduzido de acordo com o método 56-11 (AACC, 2000) com modificação, utilizado por Deyong et al. (2012). As amostras de grãos (aproximadamente 80 gramas) foram trituradas com moinho analítico modelo IKA A11 BS32 e padronizadas em peneira de malha 250µm, no Laboratório de Sementes da UTFPR. Quatro soluções [carbonato de sódio (5%), ácido láctico (5%), sacarose (50%) e água destilada (5%)] foram utilizados para a realização deste teste. 1 g de farinha foi adicionada em tubos para centrífuga de fundo cônico de 15 mL e, posteriormente, 5,0 mL do apropriado solvente em solução foi acrescentado. A mistura foi agitada por 5 s em seguida, as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 1000 g. Após, foi mantida à temperatura ambiente por 20 minutos. Subsequentemente, o sobrenadante foi removido dos tubos e o precipitado obtido foi drenado por 15 minutos e, então pesado.

#### 2.4.4 Análises viscoelásticas

As características viscoelásticas foram mensuradas em alveógrafo Chopin, conforme o método número 54-30 (AACC, 2010). Desta análise, são obtidos os seguintes parâmetros: 1) Força de glúten -  $W$  ( $\times 10^{-4}$  Joules), o qual representa o trabalho mecânico para expandir a massa até a sua ruptura, 2) Tenacidade -  $P$  (mm), a qual mede a pressão máxima exercida na expansão da massa, sendo associada a

capacidade que a farinha apresenta de absorver água e, 3) Extensibilidade -  $L$  (mm), que mede o comprimento da curva do alveógrafo, demonstrando a capacidade de a massa esticar e é um indicativo do volume do pão. Também, foi avaliado o número de queda - NQ (segundos), por meio de análise enzimática, método 56-81.03 (AACC, 2010). Nesta análise, é avaliada a capacidade da enzima alfa-amilase em liquefazer um gel de amido. Esta estimativa está associada a ocorrência de germinação na pré-colheita dos grãos.

#### 2.4.5 Análise da cor da farinha

A medição da cor foi realizada conforme o método 14-22, AACC (2000), determinada em colorímetro Minolta CHROMA METER CR 400s, padronizado com fonte de luz D65 (luz do dia incluindo a radiação UV). A área de mensuração do aparelho foi de 50 mm de diâmetro e o ângulo de medição de  $0^\circ$  C com especular incluída. Foi utilizado o sistema de cor CIELab onde  $L^*$  (luminosidade – branco/preto), cromaticidade  $a^*$  (eixo verde/vermelho) e cromaticidade  $b^*$  (eixo azul/amarelo).

#### 2.4.6 Análises estatísticas

Para os testes de alveografia, NQ e parâmetros de cor realizou-se a análise da variância (ANOVA) dos dados através de esquema fatorial triplo. Quando detectada diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste F, foi aplicado o teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ), para a comparação das médias entre os locais. Para a variável CRS foi realizada a análise da variância dos dados através de esquema fatorial triplo, quando detectada diferenças significativas pelo teste F, as médias foram agrupadas utilizando o teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Posteriormente, foi realizada a análise de correlação simples de Pearson entre os testes convencionais ( $W$ ,  $P$ ,  $L$ ,  $P/L$ ,  $NQ$ ,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) e os testes de CRS (CRS\_AL, CRS\_SAC, CRS\_CAR, CRS\_AGUA). As análises foram realizadas utilizando o software GENES (CRUZ, 2013) e os gráficos de correlação foram construídos através do software Sigmaplot 11.0.

A análise gráfica de média e estabilidade foi realizada com auxílio do software GGEbiplot (YAN 2001), que considera a estabilidade dos genótipos associada à sua

média de desempenho. Para isto foram utilizados os seguintes parâmetros: Transformação de dados (Transform = 0, sem transformação), escala de dados (Scaling = 0, sem escala), centralização de dados (Data centering = 2, genótipo mais interação genótipo x ambiente e partição de valores singulares (SVP = 1, foco no genótipo).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.5.1 Parâmetros de qualidade tecnológica dos genótipos de trigo

Na Tabela 3 podem ser observados os valores médios de NQ nos diferentes ambientes. Os locais ABL e NMT apresentaram médias inferiores nas duas épocas de semeadura. Nestes ambientes, os valores situaram-se entre 250 s a 350 s, intervalo onde a atividade amilásica é adequada para o processamento industrial. Os demais locais apresentaram farinha com elevados valores de NQ, o que inviabiliza sua utilização pela indústria. Altos teores da enzima alfa-amilase (NQ baixos) tem sido relacionadas a três fatores principais: germinação antecipada do grão de trigo imaturo, síntese de alfa-amilase durante a maturação retardada do grão e germinação do grão após a superação de dormência devido ao excesso de precipitação pluvial na pre-colheita (XU et al., 2007). Na média dos locais avaliados não foi encontrada elevada atividade amilásica. De modo geral, os valores de NQ foram elevados na média dos ambientes e acima do valor requisitado para a classificação quanto ao trigo melhorador (250 s) (BRASIL, 2010). O ambiente de GUA apresentou os maiores valores de NQ, este resultado corrobora com SCHIDLOWSKI, (2014), que na avaliação de 20 cultivares de trigo em seis locais de cultivo, também identificou o local de GUA com maior NQ.

Na Tabela 3 estão representados os parâmetros de alveografia. Dentre as análises reológicas, a alveografia informa sobre as características viscoelásticas da massa, que incluem os parâmetros de tenacidade (P), extensibilidade (L) e força de glúten (W). A tenacidade está relacionada com a elasticidade da massa, propriedade atribuída as gluteninas, que é positivamente correlacionada com a capacidade de absorção de água da farinha (KTENIOUDAKI, et al., 2010; MUTLU, et al., 2011). Este parâmetro apresentou variação de 157,52, no ambiente de ABL\_2, à 66,62 em

NMT\_2. A característica de extensibilidade (L) indica a capacidade máxima de extensão da massa, que é atribuída as propriedades das gliadinas. Esta característica variou de 123,54 em NMT\_2 a 75,55 em GUA\_1.

Os parâmetros isolados de P e L são importantes, porém, a relação entre P/L (tenacidade/extensibilidade) expressa o equilíbrio da massa. Para a fabricação de pães, o ideal são farinhas balanceadas com uma relação P/L entre 0,50 e 1,20. Relação P/L > 0,49 proporciona massas excessivamente extensíveis, propícias para a fabricação de biscoitos (MODENES, et al., 2009). De modo geral, na médias dos locais avaliados, as farinhas encontram-se balanceadas, apenas no local de ABL\_2 a relação P/L mostrou-se elevada (2,99) característica de uma farinha tenaz.

O ambiente de ABL\_2 foi o que apresentou o maior valor de força de glúten (W) (358,74) e o menor foi observado em GUA\_2 (170,37) (Tabela 3). O W está associado à maior ou menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras do glúten, que associadas com a capacidade de retenção de gás carbônico, resulta em pães com adequado volume, textura sedosa e granulometria aberta (GUTKOSKI et al., 2007). Estudo realizado por Diacono et al. (2012) relataram que temperaturas moderadamente elevadas estimulam a síntese de proteínas nos grãos e a translocação de proteínas dos órgãos vegetais para os grãos, aumentando a quantidade de proteínas e geralmente aumento do W. Nos locais avaliados, o ambiente de ABL\_2 apresentou o maior teor de W e foi o local onde ocorreu a maior temperatura média de 18,04°C durante o desenvolvimento do trigo (Tabela 2). Por outro lado, temperaturas muito elevadas (acima de 32°C) alteram a composição da proteína diminuindo sua qualidade (CHEN, et al., 2005).

A farinha de trigo pode apresentar diferentes colorações dependendo do tamanho das partículas e conteúdo de pigmentos, principalmente os carotenoides (GUTKOSKI et al., 2008). A farinha branca é preferida pelos consumidores, porém a cor não influencia diretamente na qualidade industrial. A característica de L\*, se refere a luminosidade da farinha, que varia de 0 a 100, sendo que, quanto mais perto de 100 mais branca a farinha (GUTKOSKI, 2009; ORTOLAN et al., 2010). Este caractere não variou estatisticamente entre os ambientes. As variáveis a\* e b\* fazem referência ao índice de cromaticidade da farinha (GUTKOSKI, 2003; 2009; ORTOLAN et al., 2010). O a\* especifica a quantidade de vermelho da amostra e também não variou estatisticamente entre os locais estudados. O b\* corresponde a tonalidade de amarelo da farinha. O ambiente de GUA\_1 apresentou o menor valor, porém não diferenciou-

se estatisticamente de ABL\_1, NMT\_1 e ABL\_2. Segundo Ortolan et al. (2010), a farinha branca é a que possui valor de L\* superior a 93, a\* próximo à zero (inferior a 0,5 ou negativo) e b\* inferior a 8. Nessas condições, na média dos ambientes, apenas GUA\_1 possui parâmetros de farinha considerada branca.

**Tabela 3** - Comparação de médias para os parâmetros da avaliação da qualidade industrial de trigo em diferentes ambientes. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

LOCAL_ÉPOCA	CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE INDUSTRIAL							
	NQ	Parâmetros de Alveografia				Parâmetros de cor		
		P	L	P/L	W	L*	a*	b*
ABL_1	298,59 c	95,97 c	121,63 a	0,78 c	255,23 b	92,27 a	-0,23 a	8,71ab
CSC_1	360,57 ab	92,36 d	80,56 e	1,15 b	233,03 c	93,59 a	-0,07 a	9,19a
GUA_1	395,56 a	87,90 e	75,55 f	1,17 c	206,78 f	94,87 a	-0,63 a	7,35b
NMT_1	323,61 c	101,55 b	95,16 b	1,06 b	213,41 e	92,51 a	-0,12 a	8,56ab
ABL_2	327,73 c	157,52 a	78,90 e	2,99 a	358,74 a	92,99 a	-0,10 a	8,73ab
CSC_2	358,42 b	87,93 e	84,22 d	1,04 b	217,65 d	93,45 a	-0,13 a	9,23a
GUA_2	387,67 a	69,25 f	89,86 c	0,88 c	170,37 h	93,40 a	-0,17 a	9,56a
NMT_2	326,82 c	66,62 g	123,54 a	0,53 c	191,50 g	92,79 a	-0,21 a	9,37a

NQ- Número de queda, P- tenacidade, L- extensibilidade, P/L- Tenacidade/extensibilidade, W- força de glúten, L\*-luminosidade, a\* e b\* índices de cromaticidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade erro. CSC\_1- Cascavel, 1º época de semeadura; CSC\_2 – Cascavel, 2º época de semeadura; ABL\_1 – Abelardo Luz, 1º época de semeadura; ABL\_2 – Abelardo Luz, 2º época de semeadura; NMT\_1 – Não Me Toque, 1º época de semeadura; NMT\_2 Não Me Toque, 2º época de semeadura; GUA\_1 – Guarapuava, 1º época de semeadura; GUA\_2 – Guarapuava, 2º época de semeadura.

## 2.5.2 Análise da Capacidade de Retenção de Solventes

### 2.5.2.1 Componentes da variância

As características de qualidade de trigo são avaliadas através de observações fenotípicas, que são dependentes do genótipo, ambiente e da interação genótipo (G) x ambiente (A) (ABUGALIEVA & PEÑA, 2010). O efeito de interação G x A sobre as características de qualidade do trigo tem sido amplamente estudado (YONG et al., 2004; VÁZQUEZ et al., 2012). Vários trabalhos envolvendo a CRS relataram uma inexistente ou limitada interação G x A (GUTTIERI et al., 2001; GUTTIERI & SOUZA, 2003; PASHA et al., 2009). Contudo, outros autores encontraram uma significativa interação G x A (WALKER et al., 2008; MA & STUTZEL, 2014; GUZMÁN et al., 2016).

Todas as características estudadas apresentaram interação tripla G x A x E ( $p < 0,01$ ) e interação G x A ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). O efeito simples de época e ambiente não foram significativos para os caracteres estudados. O efeito de genótipo foi significativo para todas as variáveis ( $p < 0,01$ ) respondendo por 46,7%, 76,6%, 59,4%

e 66,8% da variação fenotípica para CRS\_AL, CRS\_SAC, CRS\_CAR e CRS\_AGUA, respectivamente. O efeito da interação representou uma menor porção da soma de quadrados total com 5,9%, 3,8%, 3,9%, 3,1% para CRS\_AL, CRS\_SAC, CRS\_CAR e CRS\_AGUA, respectivamente. O genótipo foi a fonte de variação mais importante, provavelmente devido a elevada variabilidade encontrada nos materiais avaliados em relação a CRS, corroborando com outros estudos (GUTTIERI et al., 2001; PASHA et al., 2009; GUZMAN et al., 2016). O CV apresentou variação de 5,8% (CRS\_AGUA) à 7,1% (CRS\_CAR), valores estes, considerados baixos, demonstrando uma boa precisão experimental.

**Tabela 4** - Análise da variância para a capacidade de retenção de solventes (CRS) de diferentes genótipos de trigo, cultivados em quatro ambientes e duas épocas de semeadura. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017

FATORES DE VARIAÇÃO	QM's				
	GL	AL	SAC	CAR	ÁGUA
(Bloco/ambiente) /época	16	41,6194	115,5092	61,2641	48,5922
Épocas	1	89,6354 <sup>ns</sup>	0,1483 <sup>ns</sup>	192,4668 <sup>ns</sup>	31,9871 <sup>ns</sup>
Ambientes	3	1109,4950 <sup>ns</sup>	382,3696 <sup>ns</sup>	858,0569 <sup>ns</sup>	522,4940 <sup>ns</sup>
Genótipos	21	1772,3089 <sup>**</sup>	3149,5822 <sup>**</sup>	2841,1904 <sup>**</sup>	1990,8129 <sup>**</sup>
Época x Ambientes	3	286,1658 <sup>**</sup>	48,9702 <sup>ns</sup>	295,3569 <sup>**</sup>	153,4586 <sup>**</sup>
Época x Genótipos	21	110,8995 <sup>**</sup>	114,6222 <sup>**</sup>	163,5464 <sup>**</sup>	60,9010 <sup>**</sup>
Genótipos x Ambientes	63	224,4719 <sup>*</sup>	157,9852 <sup>*</sup>	190,6048 <sup>*</sup>	95,2431 <sup>*</sup>
Épocas x Ambientes x Genótipos	63	122,2589 <sup>**</sup>	104,9158 <sup>**</sup>	132,0953 <sup>**</sup>	55,4056 <sup>**</sup>
Resíduo	420	33,4597	36,9229	43,6970	19,9737
Média		89,43	95,95	93,64	77,68
CV (%)		6,5	6,3	7,1	5,8

QM's- quadrados médios; GL- grau de liberdade; AL- Capacidade de Retenção de Solventes ao ácido láctico; SAC- Capacidade de Retenção de solventes à sacarose; CAR- Capacidade de Retenção de solventes ao carbonato de sódio; ÁGUA- Capacidade de Retenção de solventes à água. CV – coeficiente de variação; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ns- não significativo pelo teste F.

#### 2.5.2.2 CRS\_AL em trigo cultivado em diferentes ambientes e épocas de semeadura

A CRS\_AL está relacionada com a qualidade da proteína de trigo (KAUR et al., 2014), associada às características das gluteninas e, conseqüentemente com a força de glúten (GAINES, 2000). A Tabela 5 demonstra o agrupamento de médias da interação tripla entre G x A x E da variável CRS\_AL. Os valores da CSR\_AL variaram de 72,62 g/100g (CD 12300 em ABL\_1) à 123,34 g/100g (Esporão em NMT\_1). Esses resultados corroboram com o estudo realizado por Pelegrin (2016), com cultivares brasileiras de trigo. Em estudos com genótipos europeus de trigo os valores de



CRS\_AL variaram de 106,0 g/100g a 147,0 g/100g (DUYVEJONCK et al., 2012). Katyal et al. (2016) observaram em trigo provindo da Índia resultados de CRS\_AL variando de 84,27g/100g à 131,71g/100g; em trigo argentino, este mesmo parâmetro variou de 74,35g/100g à 139,73g/100g (MOIRAGHI et al., 2011). Desta maneira, a CRS\_AL, nos genótipos, ambientes e épocas estudadas, apresentaram menores valores mínimos e máximos em relação aos dados internacionais.

Ocorreram diferenças nas médias de CRS\_AL entre os genótipos, quando avaliados em diferentes locais e épocas de semeadura. Para a característica de CRS\_AL, as cultivares BRS Guamirim, CD 1104 e as linhagens CD 12666 e CD 12240 apresentaram as maiores médias dentre as combinações avaliadas. Apenas na combinação de GUA\_1 as cultivares Esporão e Quartzo também destacaram-se com médias superiores. Segundo Gaines (2000), a farinha de trigo com valores de CRS\_AL  $\geq 87$  e  $\leq 100$ g/100g é adequada para a fabricação de biscoitos, pois valores intermediários de CRS\_AL ( $\geq 87$  e  $\leq 100$ g/100g) correspondem a uma força de glúten mais fraca ideal para fabricação deste produto final (GUTTIERI et al., 2001). As cultivares CD 105 e CD 119 e a linhagem CD 12356 apresentaram, em todas as combinações, valores de CRS\_AL  $\geq 87$ g e  $\leq 100$ /100g, possuindo, portanto, farinha adequada para a produção de biscoitos em todas as combinações estudadas.

A CRS foi desenvolvida para avaliação de trigo *soft* porém, estudo realizado por Pike e Macritchie (2004) demonstraram que farinhas com valores com CRS\_AL maiores que 100g/100g podem ser adequadas para a fabricação de pães. Neste sentido, as cultivares CD 1104 e BRS Guamirim, e as linhagens CD 12240 e CD 12666 apresentaram valores acima de 100g/100g em todos os ambientes e épocas, indicativo que possuem aptidão adequada para panificação.

O estresse hídrico no desenvolvimento da cultura determina comportamento diferencial para CRS\_AL. Isto ocorre devido à elevação do conteúdo de proteína nos grãos, o que influencia os valores da força de glúten e conseqüentemente da CRS\_AL. Dos ambientes estudados, GUA\_1 apresentou a maior quantidade de genótipos com elevados valores (maiores que 100g/100g) de CRS\_AL e neste local ocorreu a menor precipitação durante o ciclo da cultura do trigo (Tabela 2). Este resultado corrobora com estudos realizados por Guzmán et al. (2014).

**Tabela 5** - Comparação de médias de 22 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à Capacidade de Retenção de Solvente ao ácido láctico (CRS\_AL). UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	88,06d	88,37d	89,90c	86,30d	89,35c	88,73d	92,96b	93,81b
CD 119	95,47b	91,10c	92,05b	91,01c	99,64b	96,27c	98,85b	93,52b
CD 1550	75,18d	85,27d	93,29b	82,96d	86,18c	89,27c	93,86b	78,07c
CD 1104	103,64a	110,93a	105,81a	100,63a	107,58a	103,37a	103,02a	104,23a
CD 1805	94,54b	98,73b	95,02b	96,12b	97,57b	85,17d	101,10b	79,06c
Esporão	91,54b	91,17c	105,34a	123,34a	85,00c	84,73d	89,57c	83,92c
CD 1166	78,09c	93,55c	85,59c	77,80d	84,16c	81,06d	81,88d	74,95c
CD 12203	76,14d	88,84c	81,26c	84,04d	88,39c	92,14c	89,86c	73,41c
CD 12223	73,24d	90,73c	89,81c	99,22b	85,86c	88,85c	87,84c	93,86b
CD 12240	102,44a	101,93a	105,15a	108,60a	100,74a	101,05a	104,26a	107,89a
CD 12282	87,00b	84,46d	84,07c	85,41d	76,46c	86,92c	77,76d	88,19b
CD 1440	85,37b	81,53d	83,69c	82,90d	76,79c	78,60d	90,63c	81,01c
Brs Guamirim	106,87a	100,71a	108,15a	100,67a	100,44a	100,17a	109,33a	108,48a
Tbio Sinuelo	93,00b	85,83d	76,53c	82,70d	84,95c	79,37d	87,83c	89,76b
Quartzo	86,97b	81,97d	104,31a	85,35d	83,92c	82,63d	90,58c	88,08b
CD 12300	72,62d	95,81b	84,82c	86,42d	89,37c	89,36c	94,24b	81,58c
CD 12356	87,89c	87,43c	88,69c	90,25c	88,90c	87,42c	90,43c	91,04b
CD 12361	88,47b	78,63d	85,84c	88,34c	77,51c	75,57d	94,98b	84,07c
CD 12400	82,42c	88,24c	79,3c	76,71d	86,30c	83,56d	85,01c	82,65c
CD 12430	81,45c	102,87b	94,51b	91,96c	96,41b	88,74c	92,04c	94,55b
CD 12666	100,93a	111,14a	107,72a	100,75a	100,41a	106,10a	100,18a	102,80a
CD 12880	81,81b	89,49b	81,91b	91,21c	82,08c	80,98c	90,08b	81,91c

CSC\_1- Cascavel, 1º época de semeadura; CSC\_2 – Cascavel, 2º época de semeadura; ABL\_1 – Abelardo Luz, 1º época de semeadura; ABL\_2 – Abelardo Luz, 2º época de semeadura; NMT\_1 – Não Me Toque, 1º época de semeadura; NMT\_2 Não Me Toque, 2º época de semeadura; GUA\_1 – Guarapuava, 1º época de semeadura; GUA\_2 – Guarapuava, 2º época de semeadura, Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade erro.

### 2.5.2.3 CRS\_SAC em trigo cultivado em diferentes ambientes e épocas de semeadura

A CRS\_SAC está relacionada com a característica das pentosanas da farinha (GAINES, 2000; BETTGE et al., 2002; PASHA et al., 2009) que influenciam a formação da rede de glúten (JAEKEL, et al., 2012). Na Tabela 6 constam as médias da interação tripla entre G x A x E da variável CRS\_SAC, cujos valores variaram de 58,24 g/100g (CD 119 em NMT\_2) à 127,94g/100g (CD 12240 em CSC\_2). Duyvejonck et al. (2012) observaram médias de CRS\_SAC variando de 90,0g/100g à 132,0g/100g em genótipos europeus de trigo. Kaur et al. (2014) observaram variação de 111,0g/100g a 168,0g/100g na CRS\_SAC, em genótipos de trigo provindos da Índia. Em genótipos argentinos, Moiraghi et al. (2011) encontraram valores deste

parâmetro variando de 82,0g/100g à 142,0g/100g. Portanto, nos ambientes, épocas e genótipos avaliados, a CRS\_SAC demonstrou menores valores máximos e mínimos em relação aos estudos internacionais.

De modo geral, os genótipos CD 12240, BRS Guamirim e CD 12666 apresentaram as maiores médias de CRS\_SAC, em todas as combinações avaliadas. De acordo com Gaines (2000), genótipos de trigo com valores de CRS\_SAC menores ou iguais a 89,0 g/100g podem ser adequados à fabricação de biscoitos. Dentre os genótipos avaliados, as cultivares CD 119, CD 105 e CD 1805 e a linhagem CD 12356 apresentaram valores de CRS\_SAC  $\leq$  89,0g /100g em todos os ambientes avaliados, indicativo de farinha apropriada para a produção de biscoitos.

Elevados valores de CRS\_SAC estão relacionados com o ambiente de cultivo do trigo. Altos níveis de CRS\_SAC tem sido associados a ambientes com presença de estresse hídrico (GUZMÁN et al., 2016). A combinação GUA\_2 apresentou o maior conjunto de genótipos com médias elevadas (maiores que 100g/100g) sendo que, dos 22 materiais, 12 apresentaram elevados valores de CRS\_SAC. Este local apresentou uma das menores precipitações durante o ciclo da cultura (Tabela 2) o que pode explicar a quantidade de genótipos com médias superiores de CRS\_SAC. Este resultado corrobora com estudo realizado por Guzmán et al. (2014).

**Tabela 6** - Comparação de médias de 22 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à Capacidade de Retenção de Solvente à sacarose. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

GENÓTIPOS	AMBIENTES/ÉPOCAS							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	72,92d	84,40d	85,05d	86,81c	82,00d	85,47d	79,61c	86,79c
CD 119	82,55c	80,80d	85,18d	88,20c	80,28d	79,83d	80,10c	58,24d
CD 1550	95,63b	91,27c	91,59c	105,34b	105,200a	96,70c	95,40a	101,64b
CD 1104	102,05b	101,67a	108,79a	104,19b	105,26a	102,83c	107,21a	103,49b
CD 1805	82,82c	78,20d	82,81d	80,66d	78,78d	83,27d	87,04b	88,28c
Esporão	100,62b	98,20b	114,06a	83,03d	100,35b	91,50d	97,22a	83,63c
CD 1166	75,88d	103,66a	92,48c	94,24c	89,37c	97,35c	101,83a	94,83c
CD 12203	106,09a	111,06a	100,21b	90,83c	100,58b	102,57c	95,75a	104,39b
CD 12223	98,87b	94,71c	101,85b	113,09b	97,10b	106,69c	101,51a	102,07b
CD 12240	112,50a	111,19a	111,70a	123,93a	112,61a	127,94a	110,26a	118,80a
CD 12282	104,43a	102,96a	96,77c	119,15a	94,97b	105,75c	103,35a	110,22a
CD 1440	106,17a	99,87b	90,74c	107,48b	89,69c	92,93d	101,81a	100,4b
Brs Guamirim	106,66a	101,73a	108,05a	111,60a	105,98a	100,47b	105,00a	107,65a
Tbio Sinuelo	97,91b	77,8d	85,09d	97,70c	96,04b	99,10c	101,87a	101,97b
Quartzo	106,5a	92,17c	94,27c	105,61b	97,43b	98,37c	105,59a	103,24b
CD 12300	73,37d	87,85c	81,22d	92,33c	85,09c	91,21d	86,16b	85,77c
CD 12356	78,34d	87,36c	87,25c	85,51d	85,16c	84,58d	85,08b	85,13c
CD 12361	85,51c	93,25c	94,16c	87,13d	102,85a	86,20d	84,55b	98,23b
CD 12400	80,77c	86,89c	80,71d	91,60c	86,79c	91,37d	89,30b	90,20c
CD 12430	87,55c	109,13a	89,95c	104,91b	87,34c	97,76c	91,87b	100,98b
CD 12666	107,32a	114,77a	116,19a	109,63a	107,43a	116,38b	100,24a	119,30a
CD 12880	81,05c	91,93c	98,39b	83,92d	78,38d	86,72d	73,92c	85,99c

CSC\_1- Cascavel, 1º época de semeadura; CSC\_2 – Cascavel, 2º época de semeadura; ABL\_1 – Abelardo Luz, 1º época de semeadura; ABL\_2 – Abelardo Luz, 2º época de semeadura; NMT\_1 – Não Me Toque, 1º época de semeadura; NMT\_2 Não Me Toque, 2º época de semeadura; GUA\_1 – Guarapuava, 1º época de semeadura; GUA\_2 – Guarapuava, 2º época de semeadura, Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade erro,

#### 2.5.2.4 CRS\_CAR em trigo cultivado em diferentes ambientes e épocas de semeadura

A CRS\_CAR está relacionada com o amido danificado da amostra de farinha. Os danos nos grânulos de amido aumentam a capacidade da farinha em reter água influenciando nas variáveis de absorção de água, velocidade de fermentação e volume do produto final (QUEJI, et al., 2006). Na Tabela 7 consta o agrupamento de médias da interação tripla entre G x A x E da variável CRS\_CAR. Os valores da CSR\_CAR variaram de 54,15 g/100g (CD 105 em ABL\_1) à 129,26 g/100g (CD 12240 em NMT\_1). Katyal et al. (2015) relataram valores de CRS\_CAR variando de 88,72 g/100g à 135,82g/100g em genótipos de trigo provindos da Índia. Em cultivares europeias, os valores de CRS\_CAR variaram de 74,0 g/100g à 88,0 g/100g

(DUYVEJONCK et al., 2012). Moiraghi et al. (2011), avaliando genótipos argentinos, relataram uma variação na CRS\_CAR de 62,23/100g à 91,35g/100. Os genótipos e os ambientes brasileiros deste estudo apresentaram menores valores mínimos em relação à CRS\_CAR, porém, apresentaram valores máximos superiores quando comparados aos genótipos argentinos e europeus de trigo.

Os genótipos BRS Guamirim, CD 12240, CD 12282 e CD 1104 apresentaram elevadas médias em todas as combinações para o parâmetro CRS\_CAR. De acordo com Gaines (2000), a farinha adequada para a produção de biscoitos deve possuir uma CRS\_CAR  $\leq$  64g/100g. Desta maneira, destacaram-se as cultivares CD 119 e CD 105 e a linhagem CD 12356 com valores adequados de CRS\_CAR para a produção de biscoitos em todas as combinações estudadas

**Tabela 7** - Comparação de médias de 22 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à Capacidade de Retenção de Solvente ao carbonato de sódio. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

GENÓTIPOS	AMBIENTES/ÉPOCAS							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	54,15d	63,90d	63,81d	61,59d	52,90d	61,27c	59,24d	59,10d
CD 119	56,59d	63,30d	63,20d	61,25d	60,73d	58,13c	63,75d	63,13d
CD 1550	98,88b	96,17b	101,74b	108,92b	97,04b	94,27b	94,49c	96,54c
CD 1104	102,17a	106,67a	120,40a	105,02b	102,88a	104,27b	102,14b	103,56b
CD 1805	76,46c	71,73d	78,22d	78,10d	76,74d	82,37c	84,16d	85,96c
Esporão	89,70b	86,90c	102,51b	79,45d	105,35a	84,90c	93,94c	76,09d
CD 1166	84,77c	98,36b	95,36c	92,98c	97,31b	91,90b	93,13c	90,26c
CD 12203	88,06b	92,22c	93,89c	114,24b	105,29a	108,32a	90,91c	107,46b
CD 12223	91,42b	92,28c	103,28b	104,49b	93,99b	93,32b	110,33a	102,22b
CD 12240	110,15a	108,77a	94,36c	129,26a	113,60a	115,88a	102,22b	116,58a
CD 12282	95,05b	118,15a	107,66b	122,51a	102,57a	122,43a	105,57b	108,68b
CD 1440	93,22b	91,27c	100,83b	104,32b	86,34c	86,40c	87,02d	103,91b
Brs Guamirim	107,95a	107,37b	100,24b	102,84b	104,93a	100,27b	110,60a	111,85a
Tbio Sinuelo	95,52b	98,80b	100,87b	102,28b	93,63b	86,70c	83,39d	95,10c
Quartzo	90,31b	86,83c	94,01c	97,19c	99,70b	90,03b	96,03c	92,99c
CD 12300	77,12c	91,88c	83,33d	94,90c	84,35c	90,25b	112,62a	87,78c
CD 12356	56,16d	64,00d	62,72d	59,58d	60,33d	59,41c	63,50d	61,70d
CD 12361	73,58c	81,12d	80,67d	77,82d	100,38b	85,64c	81,02d	88,63c
CD 12400	78,12c	92,13c	86,4d	90,05c	88,28c	86,30c	97,27c	86,83c
CD 12430	83,46c	80,63d	88,58c	102,21b	88,15c	95,59b	114,85a	89,63c
CD 12666	105,90a	114,83a	119,17a	103,53b	100,01b	117,27a	103,46b	120,70a
CD 12880	74,79c	79,02d	89,86c	78,52d	73,48d	78,92c	85,67d	78,06d

CSC\_1- Cascavel, 1º época de semeadura; CSC\_2 – Cascavel, 2º época de semeadura; ABL\_1 – Abelardo Luz, 1º época de semeadura; ABL\_2 – Abelardo Luz, 2º época de semeadura; NMT\_1 – Não Me Toque, 1º época de semeadura; NMT\_2 Não Me Toque, 2º época de semeadura; GUA\_1 – Guarapuava, 1º época de semeadura; GUA\_2 – Guarapuava, 2º época de semeadura, Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade erro,

#### 2.5.2.5 CRS\_AGUA em trigo cultivado em diferentes ambientes e épocas de semeadura

A CRS\_AGUA está associada à capacidade de absorção de água pelos polímeros funcionais da farinha de trigo (glúten, amido danificado e pentosanas). Na Tabela 8 constam as médias da interação tripla entre G x A x E da variável CRS\_AGUA. Os valores da CSR\_AGUA variaram de 46,21 g/100g (CD 105 em ABL\_1) à 101,90 g/100g (CD 12240 em CSC\_2). Estudo realizado por Katyal et al. (2015) constataram valores de CRS\_AGUA em genótipos de trigo provindos da Índia variando de 71,77 g/100g à 90,03g/100g. Em genótipos europeus de trigo, Duyvejonck et al.(2012) relataram médias variando de 56g/100g à 66,0 g/100g. Os genótipos avaliados nos ambientes brasileiros apresentaram valor mínimo menor aos estudos mencionados, porém, o valor máximo apresentou-se superior.

A CRS\_AGUA está relacionada capacidade de hidratação da massa. Desta maneira, genótipos com baixos valores de CRS\_AGUA podem ser utilizados para fabricação de biscoitos. Segundo Gaines (2000), os genótipos com CRS\_AGUA  $\leq$  51g/100g são ideais para a produção deste produto final. Dentre os genótipos avaliados, as cultivares CD 105 e CD 119 e a linhagem CD 12356 apresentaram valores considerados adequados à fabricação de biscoitos, em todas as combinações estudadas.

#### 2.5.2.6 Classificação dos genótipos brasileiros quanto à CRS

Os genótipos CD 105, CD 119 e a linhagem CD 12356 apresentaram valores de CRS adequados para a fabricação de biscoitos, segundo a classificação proposta por Gaines (2000). A cultivar CD 1805 também apresentou características para fabricação de biscoitos quando analisada a variável CRS\_SAC. Os genótipos CD 105 e CD 119 são considerados trigos brandos (IN 1 de 1999), e a cultivar CD 1805 pertence à classe comercial de trigo básico (IN 38 de 2011), estas classificações denotam que os grãos são aptos para a produção de bolachas/biscoitos. Desta forma, a CRS foi eficaz na avaliação de genótipos indicados para a produção deste produto final. Além disto, segundo os testes de CRS a linhagem CD 12356 poderá ser uma cultivar com farinha branca, adequada para fabricação de bolachas/biscoito.

A CRS foi desenvolvida para análise de farinhas brandas. Porém, de acordo com Pike e Macritchie (2004), os genótipos que apresentarem valores de CRS\_AL maiores que 100g/100g podem ser considerados adequados para o processo de panificação. Em todas as combinações avaliadas, os genótipos CD 1104, CD 12240, CD 12666 e BRS Guamirim apresentaram valores acima de 100g/100g de CRS\_AL considerados aptos ao processo de fabricação de pães, segundo resultados da CRS\_AL.

**Tabela 8** - Comparação de médias de 22 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à Capacidade de Retenção de Solvente água, UTFPR. Campus Pato Branco – PR, 2017

GENÓTIPOS	AMBIENTES/ÉPOCAS							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	46,21g	50,97e	50,79d	49,44e	46,23d	50,27d	47,81d	47,66d
CD 119	50,67f	49,73e	46,65d	50,29e	50,05d	49,03d	50,42d	51,44d
CD 1550	73,20d	74,07d	82,11b	87,58b	83,11b	81,83c	79,99b	82,26b
CD 1104	100,35a	91,83b	89,89a	101,16a	89,42a	101,50a	90,02a	92,76a
CD 1805	55,28f	53,27e	56,65d	57,31e	53,29e	52,27d	54,98d	53,42c
Esporão	67,44e	71,07d	85,63a	61,91e	79,03c	77,60c	83,48b	63,13d
CD 1166	74,45d	86,69c	78,86b	79,35c	73,11c	77,98c	73,75c	76,39c
CD 12203	75,93d	84,24c	82,27b	82,99c	79,66c	83,45c	87,69a	83,64b
CD 12223	84,47b	82,97c	86,96a	86,00b	81,24c	84,60b	80,22b	79,22b
CD 12240	97,64a	89,55b	91,40a	96,54a	91,45a	101,90a	91,69a	97,73a
CD 12282	70,82e	81,10c	88,71a	87,75b	80,22c	88,04b	83,75b	89,50a
CD 1440	80,56c	82,60c	79,84b	81,49c	76,27c	85,60b	87,58a	80,23b
Brs Guamirim	78,36c	85,03c	85,70a	87,32b	81,14c	77,83c	80,05b	86,14b
Tbio Sinuelo	80,82c	78,23d	81,31b	81,88c	78,22c	75,83c	80,05b	82,04b
Quartzo	86,61b	74,73d	75,95c	83,08c	83,48b	76,83c	88,12a	83,75b
CD 12300	53,05f	68,59e	62,65d	69,68d	79,12c	64,78d	63,46d	74,53c
CD 12356	50,52f	49,16e	48,23d	47,97e	50,56d	49,07d	50,20d	47,60d
CD 12361	57,77f	72,33d	72,88c	70,92d	82,88b	69,76d	74,76c	66,13d
CD 12400	63,74f	70,38d	66,61d	66,23e	67,75d	81,95c	67,32d	69,80d
CD 12430	72,52d	90,22b	82,34b	77,37c	77,91c	75,52c	75,18c	76,99c
CD 12666	84,55b	98,49a	89,73a	86,56b	84,28b	87,33b	82,71b	91,99a
CD 12880	62,97f	76,05d	73,41c	75,52d	61,72d	71,50d	67,95c	69,47d

CSC\_1- Cascavel, 1º época de semeadura; CSC\_2 – Cascavel, 2º época de semeadura; ABL\_1 – Abelardo Luz, 1º época de semeadura; ABL\_2 – Abelardo Luz, 2º época de semeadura; NMT\_1 – Não Me Toque, 1º época de semeadura; NMT\_2 Não Me Toque, 2º época de semeadura; GUA\_1 – Guarapuava, 1º época de semeadura; GUA\_2 – Guarapuava, 2º época de semeadura, Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade erro.

### 2.5.3 Correlação entre CRS e os parâmetros de qualidade

A existência da associação de caracteres é dependente de variações entre épocas e principalmente entre locais, justificando a necessidade de seleção de genótipos em diferentes ambientes. O efeito de ambiente caracterizado por distintas épocas de semeadura e locais de cultivo resultou em variações na magnitude das associações estudadas (Figuras 2, 3 e 4).

Na Figura 2 consta a associação entre CRS\_AL e os caracteres de alveografia (P, L, P/L e W). Associação significativas entre os valores de CRS\_AL e os parâmetros obtidos pelo método convencional de alveografia é reportada por diferentes autores (RAM et al., 2005; GAINES, et al., 2006; XIAO et al., 2006; COLOMBO et al., 2008).

A CRS\_AL x P apresentou r variando de 0,03<sup>ns</sup> (ABL\_1) à 0,69\*\* (NMT\_1). Na média dos ambientes, a correlação foi significativa e positiva, com r de fraca magnitude (0,22\*). A CRS\_AL é relacionada com a rede de gluteninas e com a força de glúten da massa (MARIOTTI et al., 2016), isso explica a associação média positiva entre CRS\_AL x P, uma vez que, as gluteninas são responsáveis pela tenacidade (P) da massa. A correlação entre CRS\_AL x L variou de -0,76\*(ABL\_1) à -0,01<sup>ns</sup> (GUA\_1). Na média dos ambientes avaliados, a associação foi significativa, negativa e de baixa magnitude (-0,25\*). A associação entre CRS\_AL x W foi positiva e significativa, em todos os ambientes, variando de 0,23\* (GUA\_1) a 0,62\* (CSC\_2), com correlação média de 0,45\*. A associação positiva entre CRS\_AL e W é explicada, pois, ambas possuem relação com a força de glúten da farinha.

Nas Figuras 2 e 3 constam a associação entre a CRS\_AL e os parâmetros de cor (L\*, a\* e b\*). A correlação entre CRS\_AL x L\*, em média, foi positiva e significativa. Em alguns estudos a L\* foi negativamente correlacionada com a quantidade de proteínas formadoras de glúten (KAUR et al., 2014; SCHIDLOWSKI, 2014) porém, na média dos ambientes avaliados, a CRS\_AL foi positivamente correlacionada com a luminosidade da farinha. Para as coordenadas de cromaticidade a\* e b\* não foram observadas associações significativas.

Nas Figuras 3 e 4 constam a associação entre CRS\_SAC x FN e CRS\_CAR x FN, respectivamente. Para CRS\_SAC x FN (Figura 3) a correlação variou de 0,06 (NMT\_1) à 0,89\*\* (CSC\_2), com média de 0,42\*\*. A correlação entre CRS\_CAR x FN (Figura 4), variou de 0,06 (NMT\_1) à 0,79\*\*(CSC\_2), com média de 0,26\*\*. Estes resultados corroboram com os encontrados por Hruskova, et al. (2012), que relataram

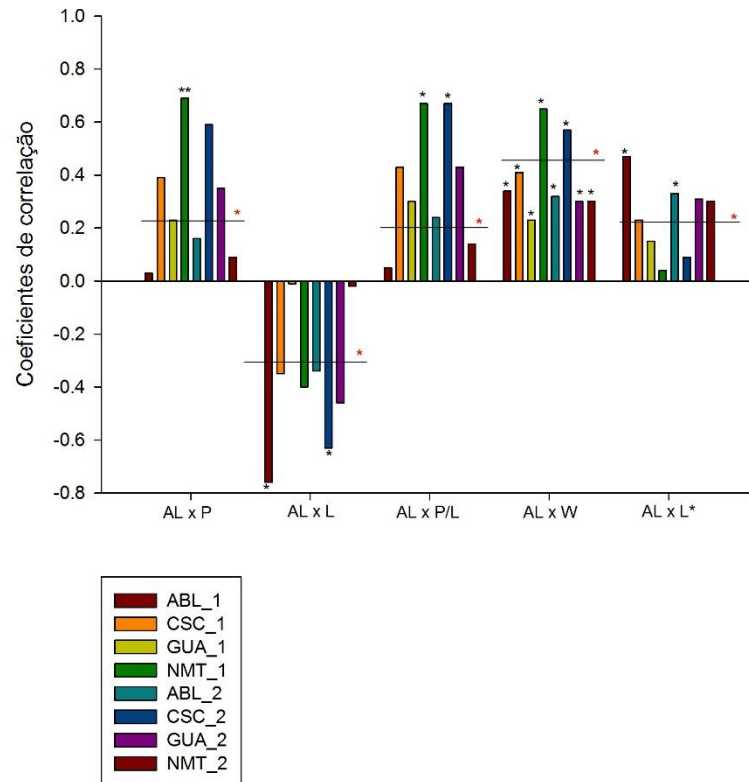


correlações positivas significativas entre CRS\_SAC x FN (0,50\*\*) e CRS\_CAR x FN (0,47\*\*), em cultivares de trigo da República Checa.

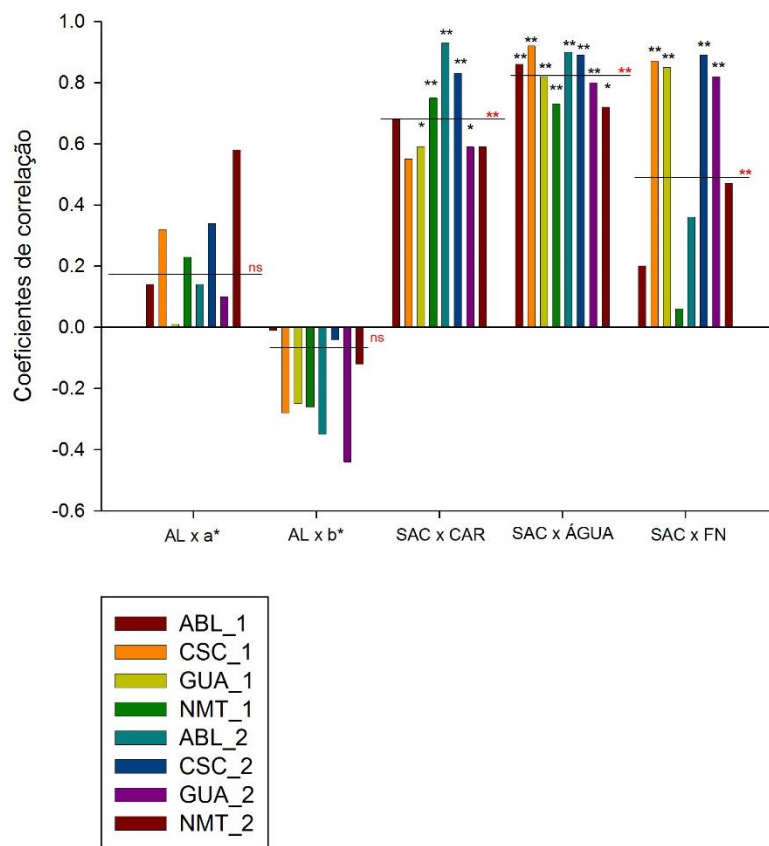
A correlação entre CRS\_SAC x L (Figura 4) variou de 0,28<sup>ns</sup> (ABL\_1) à 0,80\*\*(CSC\_2), com valor médio de 0,42\*. A CRS\_SAC, além de estar relacionada com o conteúdo de pentosanas, também é associada com as características das gliadinas (GAINES, 2000). A correlação positiva entre CRS\_SAC e L ocorreu é esperada, pois as gliadinas são responsáveis pela extensibilidade da farinha de trigo.

Na Figura 4 consta a associação de CRS\_AGUA e os parâmetros de alveografia (P e W). A CRS\_AGUA x P apresentou variação de 0,02<sup>ns</sup> (ABL\_1) à 0,86\*\* (GUA\_1), com associação média de 0,21\*\*. A correlação entre CRS\_AGUA x W variou de 0,02<sup>ns</sup> (ABL\_1) à 0,81\*\*(GUA\_1), com r médio de 0,3\*\*. A CRS\_AGUA está associada à capacidade de absorção de água pelos polímeros funcionais da farinha de trigo (glúten, amido danificado e pentosanas) (KWEON et al., 2011). O W e o P estão relacionados diretamente com a qualidade do proteína, principalmente as gluteninas. Desta maneira, quanto maior os valores de CRS\_AGUA, maior é a absorção de água pela farinha.

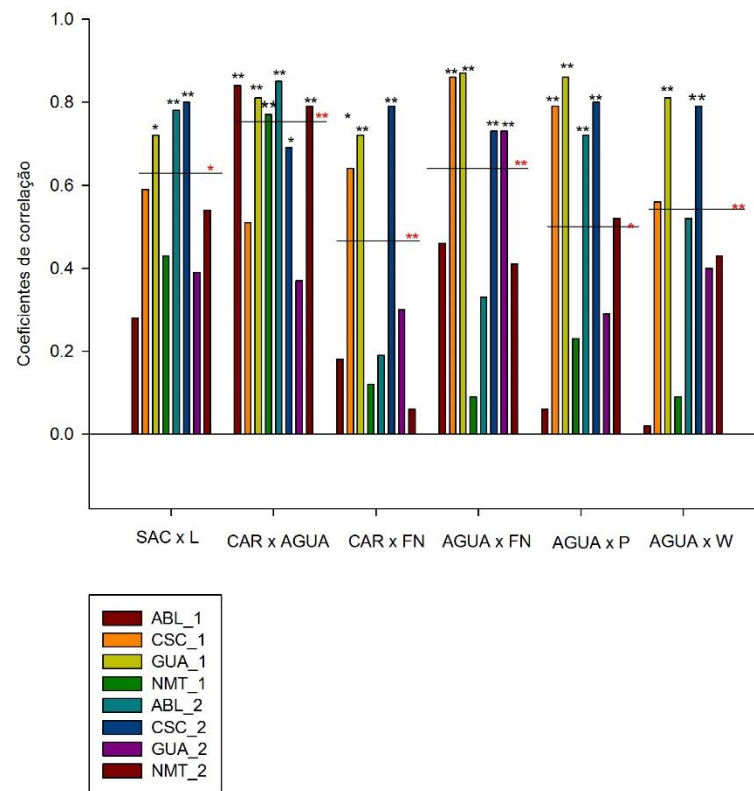
Associações positivas e de forte magnitude foram observadas entre os diferentes testes entre os diferentes testes de CRS. A associação entre CRS\_SAC x CRS\_CAR (Figura 3) variou de 0,55 (CSC\_1) à 0,93\*\* (ABL\_2), com associação média de 0,69\*\*. A associação entre CRS\_SAC x CRS\_AGUA (Figura 3) variou de 0,72\*(NMT\_1) à 0,92\*\* (CSC\_1), com associação média de 0,81\*\*. A associação entre CRS\_CAR x CRS\_AGUA (Figura 4) variaram de 0,37<sup>ns</sup> (GUA\_2) à 0,85\*\* (ABL\_2), com média de 0,68\*\*, nos ambientes testados. Estas associações corroboram com o trabalho realizado por Pelegrin et al. (2016), que encontraram correlações médias de 0,76\*, 0,63\* e 0,69\* para CRS\_CAR x CRS\_AGUA, CRS\_SAC x CRS\_AGUA e CRS\_SAC x CRS\_CAR, respectivamente. Estudos conduzidos por Mariotti et al. (2016) também reportam correlações positivas entre CRS\_CAR x CRS\_AGUA (0,98\*\*), CRS\_SAC x CRS\_AGUA (0,97\*\*) e CRS\_SAC x CRS\_CAR (0,96\*\*). Katyal et al. (2016) relataram associação positiva de 0,79\* entre CRS\_CAR x CRS x AGUA e 0,34\* entre CRS\_CAR x CRS\_SAC.



**Figura 2** - Coeficientes de correlação de Pearson entre Capacidade de retenção de solvente ao ácido láctico(AL) e os parâmetros de qualidade P (tenacidade), L(extensibilidade) P/L (relação tenacidade/extensibilidade), W (força de glúten) e L\* (luminosidade). \* significativo pelo teste t à 5% de probabilidade e \*\* significativo pelo teste t à 1% de probabilidade. UTFPR. Campus Pato Branco – PR, 2017.



**Figura 3** - Coeficientes de correlação de Pearson entre Capacidade de retenção de solvente ao ácido láctico (AL) x (coordenadas de cromaticidade a\* e b\*) e Capacidade de Retenção de Solvente à sacarose (SAC) x [Capacidade de retenção ao carbonato de sódio (CAR); Capacidade de retenção de solvente à água (ÁGUA) e Número de queda (FN)]. \* significativo pelo teste t à 5% de probabilidade e \*\* significativo pelo teste t à 1% de probabilidade. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.



**Figura 4** - Coeficientes de correlação de Pearson entre Capacidade de retenção de solvente à sacarose (SAC) x L(extensibilidade); Capacidade de retenção de solventes ao Carbonato de sódio x [Capacidade de retenção de solvente à água (AGUA) e Número de queda (FN)] e Capacidade de Retenção de solventes à água x [Tenacidade (P) e Força de glúten (W)]. \* significativo pelo teste t à 5% de probabilidade e \*\* significativo pelo teste t à 1% de probabilidade. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

#### 2.5.4 Média e estabilidade dos genótipos em relação a Capacidade de Retenção de Solventes

A interação G x A é a expressão genotípica diferencial que ocorre através de múltiplos ambientes. Conceitualmente, o termo estabilidade se refere a capacidade de genótipos desempenharem um comportamento previsível em função do estímulo do ambiente (CRUZ & REGAZZI, 2004).

A média e estabilidade da CRS dos diferentes solventes pode ser observada na Figura 5. As análises foram feitas com o software GGE Biplot (YAN et al., 2007; SHARMA et al., 2016). A interpretação da análise gráfica e dos parâmetros utilizados são descritas por Kaya et al. (2006) e Yan et al. (2007).

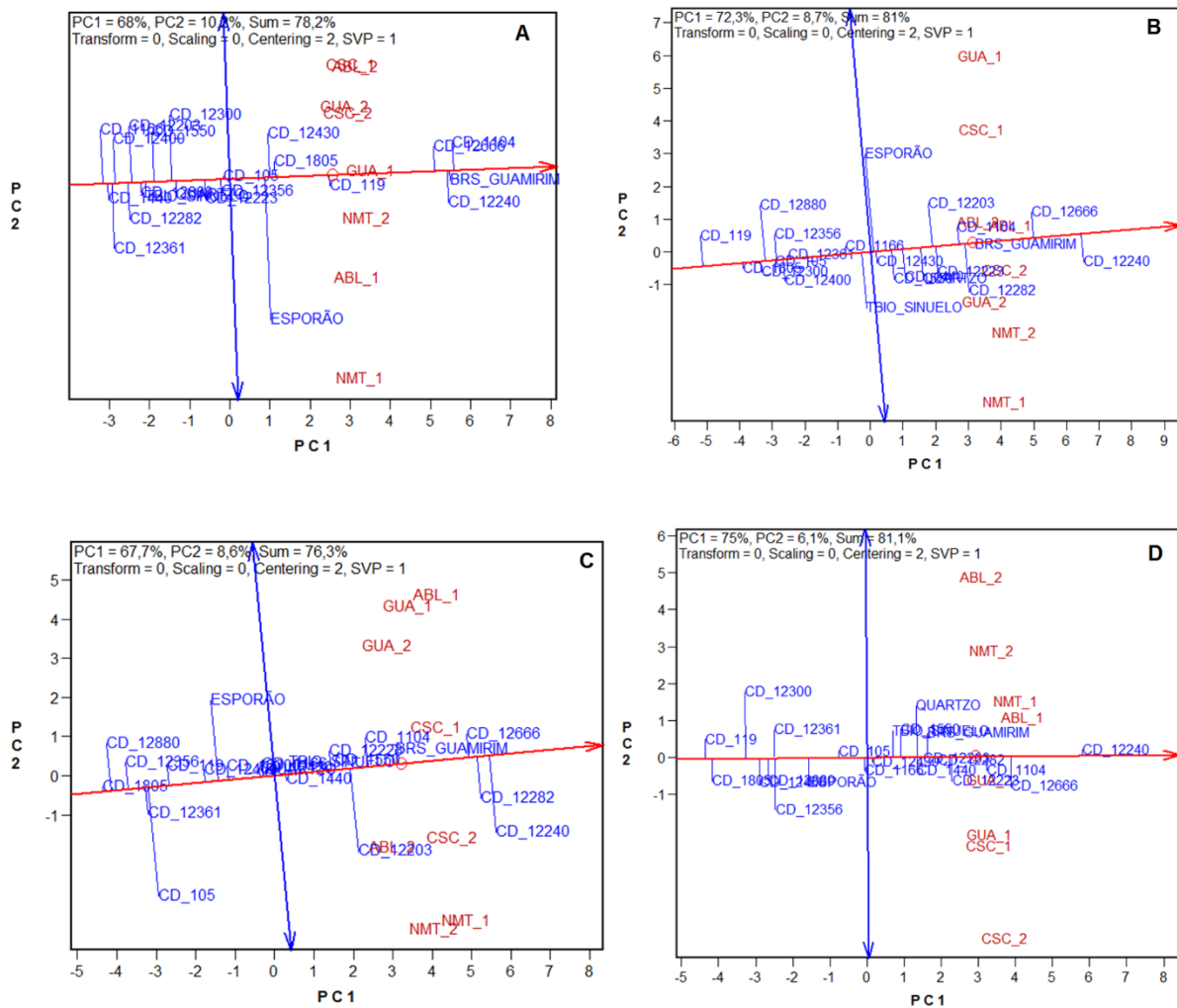
Foi possível identificar genótipos mais adaptados e estáveis (Figura 5). Na Figura 5A consta a análise de média e estabilidade em relação para CRS\_AL. Os dois

componentes principais (PC) representam 78,2% do total da variação. Os genótipos CD 1104, BRS Guamirim e a linhagem CD 12240 obtiveram as maiores médias de CRS\_AL, porém apresentam-se instáveis (maior distância em relação ao eixo y). O genótipo CD 105 foi o mais estável dentre o grupo de genótipos avaliados.

Para CRS\_SAC (Figura 5B), os dois primeiros componentes principais contribuem com 81% do total da variação. Os genótipo 12240, CD 12666 e CD BRS Guamirim apresentaram maior performance em relação a CRS\_SAC, porém com estabilidade fenotípica mediana. A variedade CD 105 apresentou uma elevada estabilidade fenotípica para esta característica.

A CRS\_CAR está representada graficamente na figura 5C. Os dois primeiros componentes principais representam 76,3% do total da variação. Os genótipos CD 12240, CD 12282, CD 12666 e BRS Guamirim apresentaram o melhor desempenho em relação a CRS\_CAR porém, possuem uma elevada instabilidade fenotípica. A cultivar CD 1805 foi a mais estável para a variável CRS\_CAR.

A CRS\_AGUA pode ser observada na figura 5D. Os genótipos CD 12240, CD 12666 e CD 1104 apresentaram os melhores desempenhos para CRS\_AGUA. A linhagem CD 12240 apresentou elevada estabilidade fenotípica juntamente com o maior desempenho produtivo dentre os genótipos avaliados.



**Figura 5** – Plotagem da análise GGE Biplot de média e estabilidade de 22 genótipos de trigo cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação a CRS\_AL (A), CRS\_SAC (B), CRS\_CAR (C) e CRS\_AGUA (D). UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

## 2.6 CONCLUSÕES

A avaliação da Capacidade de retenção de solventes (CRS) em ensaios multiambientais é justificada pela presença de interação genótipo x ambiente (G x A) significativa.

As associações, de magnitude moderada em sua maioria, indicam que a CRS pode ser utilizada como preditora das características viscoelásticas da massa. A utilização destes testes pode maximizar a eficiência de seleção e aumentar a capacidade de teste em fases iniciais dos programas de melhoramento, onde a

quantidade de sementes é reduzida e há um grande número de genótipos a serem avaliados

As variedades CD 105, CD 119 e CD 1805 apresentam características de CRS adequadas para a produção de biscoitos, bem como a linhagem CD 12356. A farinha das cultivares BRS Guamirim, CD 1104 e a linhagem CD 12240 foram classificadas como adequadas para panificação pelo teste de CRS\_AL, em todas as combinações.

Para as variáveis CRS\_AL e CRA\_SAC a variedade CD 105 mostrou uma elevada estabilidade fenotípica. Os materiais CD 1805 e CD 12240 apresentaram baixa instabilidade fenotípica para CRS\_CAR e CRS\_AGUA.

### 3 EFICÁCIA DO MÉTODO DE SELEÇÃO BASEADO NA SEDIMENTAÇÃO EM SDS EM GENÓTIPOS BRASILEIROS DE TRIGO

#### 3.1 RESUMO

O trigo possui proteínas formadoras de glúten (gliadinas e gluteninas) que dentre os cereais são as únicas capazes de apresentar capacidade de formação de massa. O método tradicional de alveografia possui boa correlação com a qualidade da proteína do trigo, fornecendo um dos principais parâmetros utilizados na classificação da farinha: a força de glúten (W). Porém, a necessidade de um elevado tamanho de amostra para realização desse teste é um dos principais fatores que limitam sua utilização, na seleção de genótipos de trigo, em estágios iniciais de um programa de melhoramento. O teste de sedimentação na presença de SDS (Dodecil sulfato de sódio) é rápido, fácil de ser implementado e demanda pequena quantidade de sementes. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram: determinar a sedimentação em SDS em diferentes genótipos brasileiros de trigo; observar a correlação entre SDS e o parâmetro de força de glúten; e avaliar o desempenho e estabilidade fenotípica de genótipos quanto à sedimentação em SDS, em diferentes ambientes de cultivo da região Sul do Brasil. Este estudo foi realizado utilizando sementes de trigo provenientes de experimentos conduzidos em quatro locais (Abelardo Luz – SC, Cascavel – PR; Guarapuava – PR e Não Me Toque – RS) no ano de 2014, em duas épocas de semeadura. Foram avaliados 25 genótipos, incluindo linhagens e cultivares comerciais, em ensaios de valor de cultivo e uso (VCU). Foram realizados o teste convencional de alveografia para obtenção do parâmetro de força de glúten e o método alternativo de SDS. Os resultados demonstraram que o método de SDS possui uma interação genótipo x ambiente significativa, necessitando de avaliação das cultivares e linhagens em diferentes locais de interesse para o programa de melhoramento. O parâmetro SDS foi positivamente associado ( $r= 0,65^{**}$ ) com a força de glúten (W), podendo ser utilizado como preditor na seleção de genótipos de trigo para qualidade da proteína. As linhagens CD 12666 e CD 12240 e as cultivares BRS Guamirim e CD 1104 destacaram-se com os maiores valores de sedimentação em SDS. A cultivar BRS Guamirim comportou-se como a mais estável quanto à variável SDS, nos ambientes avaliados.

**Palavras chave:** *Triticum aestivum* L. Método alternativo. Proteína do trigo. Força de glúten.

#### 3.2 ABSTRACT

Wheat has gluten forming proteins (gliadins and glutenins) that are the only ones capable of mass formation ability. The traditional method of alveograph has a good correlation with the quality of the wheat protein provides one of the main parameters used in the classification of wheat flour: strength of gluten (W). However, a high sample size for this test is one of the main factors limiting its use in the selection of wheat genotypes in the initial stages of an improvement program. The SDS test is fast, easy to implement and requires small amounts of seeds, uses only one gram of flour and



provides an estimate of the strength of gluten. Thus, the objectives of this work were: to determine SDS sedimentation in different Brazilian wheat genotypes; To observe the correlation between SDS and the gluten strength parameter, assessing the efficiency of the methodology and evaluating the phenotypic performance and stability of genotypes regarding SDS sedimentation in different growing environments in the southern region of Brazil. This study was conducted using wheat seeds from experiments performed at four sites (Abelardo Luz - SC, Cascavel - PR, Guarapuava - PR and Não Me Toque - RS) in the year 2014 during two sowing seasons. Twenty-five genotypes, including commercial cultivars and lines, were evaluated in cultivation and use value (VCU) assays. The conventional alveograph test was performed to obtain the gluten strength parameter (W) and was performed the alternative method of SDS. The results demonstrate that the SDS method has a genotype x environment interaction, requiring evaluation of the cultivars and strains in different places of interest for the breeding program. The SDS parameter shows an association ( $r = 0.65^{**}$ ) with gluten strength (W) and can be used as a predictor in the selection of wheat genotypes for protein quality. The CD 12240 and CD 12666 lines and CD 1104 and BRS Guamirim varieties stood out with the highest sedimentation values in SDS. The cultivar BRS Guamirim also has high phenotypic stability.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L. Alternative method. Wheat protein. Strength of gluten.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A qualidade dos produtos finais derivados do trigo estão relacionados diretamente com as características dos grãos (STEFEN et al., 2014; PELEGRIN et al., 2016). Essas, são influenciadas por condições genéticas e sua interação com os fatores bióticos e abióticos (SOUZA et al., 2004; TOSCANO 2015). O conteúdo de proteína é um caráter quantitativo, expresso por um grande número de genes, os quais, são decisivamente influenciados pelo ambiente. A temperatura pode influenciar fortemente no conteúdo de proteína dos grãos. Altas temperaturas no desenvolvimento do trigo podem aumentar a quantidade de proteína, pois estimulam sua síntese e translocação dos órgãos vegetais para os grãos (SPIERTZ et al., 2006; DIACONO et al., 2012). Porém, temperaturas muito elevadas (acima de 32°C), reduzem a fase de enchimento de grãos e alteram a composição da proteína, diminuindo a qualidade do trigo (CHEN et al., 2005).

As características reológicas da massa avaliadas por métodos como a alveografia, predizem o desempenho de panificação da farinha de trigo (CHEN et al., 2015). Este teste possui boa correlação com a qualidade da proteína fornecendo um dos principais parâmetros utilizados na classificação da farinha: a força de glúten (W),

que é utilizada para avaliar a capacidade da farinha em suportar um tratamento mecânico, quando misturada com a água no processo de panificação (MUTLU, et.al., 2011; POJIC, et.al., 2013). Porém, possui limitação em termos de tamanho de amostra, tempo para realização do teste, custo, preparação da massa e precisão dos dados (NASH et al 2006; CHEN et al.,2009). Um elevado tamanho de amostra para realização desse teste (250 g de farinha) é um dos principais fatores que limitam sua utilização, na seleção de genótipos de trigo, em estágios iniciais de um programa de melhoramento. Desta maneira, é desejável a utilização de testes preditivos da qualidade de panificação para a avaliação da proteína do trigo, de baixo custo, simples de serem implementados e que demandem pequena quantidade de sementes.

Dentre as metodologias fáceis de serem implementadas e que demandam pequena quantidade de amostra, destaca-se a determinação do volume de sedimentação na presença de dodecil sulfato de sódio (SDS), conforme descrito por Peña & Amaya (1985). Esse teste utiliza apenas uma grama de farinha, e está baseado na insolubilidade em meio ácido das proteínas que formam o glúten, proporcionando uma estimativa da força de glúten através do volume de sedimento medido.

Alguns autores têm encontrado correlação positiva entre o volume de sedimentação do teste SDS e parâmetros de análises viscoelásticas, além de associações com a qualidade do produto final. Clarke et al. (2010) obtiveram valores de correlação de 0,96 entre o SDS e força de glúten. Silva et al. (2015) encontraram valores de associação entre SDS e W de  $r = 0,74$  em genótipos brasileiros de trigo. Li et al. (2013) obtiveram correlação entre W e SDS de 0,65 em genótipos de trigo derivados do México. Li et al. (2015), Wahg & Kovacs (2002) e Bonfin & Posner (2012) relataram que a sedimentação em SDS foi o melhor preditor para o volume do pão. Além disso, Quick e Donnelly (1980) concluíram que a seleção para força de glúten com base no teste SDS pode ser mais eficaz que às análises tradicionais de qualidade de panificação. Por outro lado, não há consenso quanto a eficácia do método de SDS em predizer a força de glúten, pois a alta quantidade de proteína que precipita no teste pode não ser necessariamente relacionada à sua qualidade. Uma vez que, do total de proteínas que compõe o volume de sedimentação, algumas podem ser proteínas não formadoras de glúten, que não contribuem com a qualidade de panificação (MITTELMANN, et al., 2000).

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram: determinar a sedimentação na presença de SDS em diferentes genótipos brasileiros de trigo; observar a correlação entre SDS e o parâmetro de força de glúten; e avaliar o desempenho e estabilidade fenotípica de genótipos quanto à sedimentação em SDS em diferentes ambientes de cultivo da região Sul do Brasil.

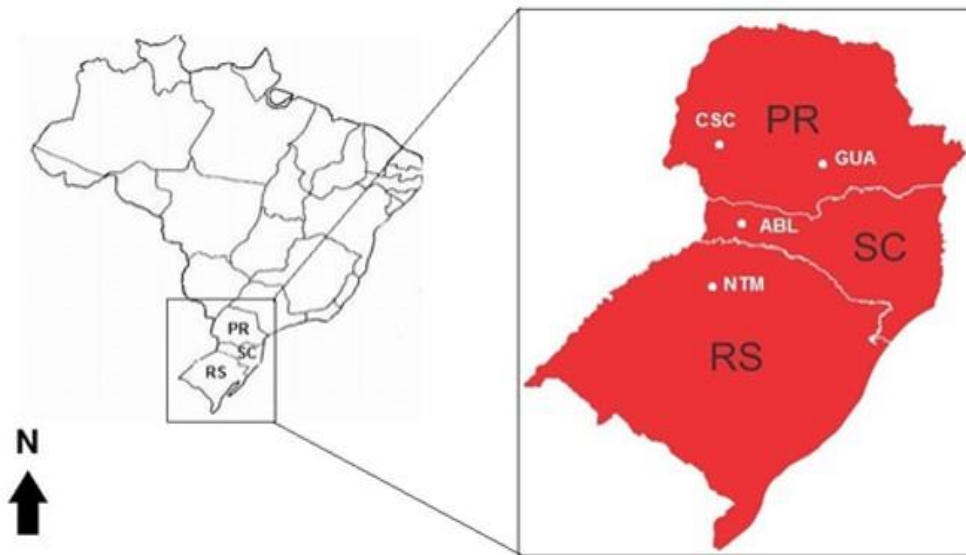
### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.4.1 Genótipos e locais de teste

As sementes utilizadas neste estudo foram obtidas de ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) conduzidos pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola - Coodetec. Foram avaliados 25 genótipos: 11 cultivares comerciais de trigo: Brs Guamirim, CD 105, CD 1104, CD 1166, CD 119, CD 1440, CD 1550, CD 1805, Esporão, Quartzo e TBIO Sinuelo e 14 linhagens: CD 12203, CD 12223, CD 12240, CD 12282, CD 12300, CD 12356, CD 12361, CD 12400, CD 12430, CD 12666, CD 12864, CD 12867, CD 12874 e CD 12880. Os experimentos foram conduzidos em quatro locais (Abelardo Luz – SC, Cascavel – PR; Guarapuava – PR e Não Me Toque – RS) (Figura 6), no ano de 2014, em duas épocas de semeadura (Tabela 9).

#### 3.4.2 Delineamento experimental e manejo

Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela se constituiu de seis linhas de 5m de comprimento, espaçadas a 20 cm. A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo. Os tratos culturais foram aplicados conforme as recomendações técnicas para a cultura do trigo (RCBPTT, 2012).



**Figura 6** - Posição geográfica dos três estados e quatro municípios onde foram executados os ensaios de VCU (valor de cultivo e uso) de trigo no Brasil, no ano de 2014, pela Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (Coodetec). UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

**Tabela 9** - Data de semeadura, Temperatura média durante o ciclo de desenvolvimento do trigo (Tm), Precipitação total (PT) e coordenadas geográficas dos locais de cultivo de trigo, no ano de 2014. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017

AMBIENTES	DATA DE SEMEADURA	Tm	PT	Coordenadas		
				ALTITUDE	LONGITUDE	LATITUDE
CSC_1	24/abr	17,60	599,8	785	25° 57' S	53° 27' O
CSC_2	08/mai	17,70	584,6			
ABL_1	04/jul	17,94	738,9	760	26° 33' S	52° 19' O
ABL_2	11/jul	18,04	722,6			
NMT_1	04/jun	15,63	795,0	514	28° 27' S	52° 49' O
NMT_2	12/jun	15,65	794,4			
GUA_1	23/jun	14,73	402,6	1120	25° 23' S	51° 27' O
GUA_2	07/jul	15,71	462,4			

Precipitação (mm); Temperatura (°C); CSC\_1- Cascavel, 1ª época de semeadura; CSC\_2 – Cascavel, 2ª época de semeadura; ABL\_1 – Abelardo Luz, 1ª época de semeadura; ABL\_2 – Abelardo Luz, 2ª época de semeadura; NMT\_1 – Não Me Toque, 1ª época de semeadura; NMT\_2 Não Me Toque, 2ª época de semeadura; GUA\_1 – Guarapuava, 1ª época de semeadura; GUA\_2 – Guarapuava, 2ª época de semeadura. Fonte: INMET.

### 3.4.3 Caracteres avaliados

As características viscoelásticas da farinha de trigo foram mensuradas através de alveógrafo Chopin, modelo NG, conforme a AACC, (2010) método nº 54-30. Dentre os parâmetros avaliados na alveografia, apenas a força de glúten (W) foi considerada para análise; esse caractere representa o trabalho mecânico necessário para expandir a massa até a ruptura e é expresso em  $10^{-4}$  Joules.

O volume de sedimentação na presença de SDS (dodecil sulfato de sódio) foi determinado de acordo com o método descrito por PEÑA et al. (1985). Para a realização do teste de SDS, demanda-se três soluções (A, B, e C). A solução A com (30 g Dodecil Sulfato de Sódio + 1000 mL de água destilada), a solução B com (50 mL de ácido láctico  $\approx$  85%, + 400 mL de água destilada) e a solução C (10 mg L<sup>-1</sup> de azul de bromofenol + 1000 mL água destilada). A solução de trabalho foi obtida pela mistura de 1000 mL da solução A com 36 mL da solução B. Para a realização do teste, utilizou-se proveta graduada de 25 mL onde foram adicionados 1 g de farinha de trigo moída, 4 mL de solução C com função de colorir a fase líquida e facilitar a leitura do volume de sedimentado e agitados por 4'30 min. Posteriormente, adicionou-se 19 mL da solução de trabalho, agitando por mais 2 min. Após a agitação, manteve-se as provetas em repouso por 14'00 min e mediu-se o volume sedimentado com precisão de 0,5 mL.

### 3.4.4 Análises estatísticas

Para a variável de força de glúten foi realizada a análise da variância (ANOVA) em esquema fatorial triplo, havendo diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste F, foi aplicado o teste de Scott & Knott ( $p \leq 0,05$ ) para a comparação de médias. Para a característica de Sedimentação na presença de SDS a análise da variância (análise conjunta dos dados) foi realizada em esquema fatorial triplo, considerando genótipo e época como fixo e ambiente como aleatório, havendo diferenças significativas pelo teste F ( $p < 0,05$ ) foi aplicado o teste de Scott & Knott ( $p \leq 0,05$ ). Foi realizada a análise de correlação de Pearson entre os caracteres força de glúten (W) e sedimentação em SDS.

A análise GGE biplot (Genotype and Genotype by Environment), que considera os efeitos de G e da interação G x A, foi utilizada para a avaliação da média e estabilidade dos genótipos, e “genótipo ideal”. Essas análises são baseadas em saídas gráficas, facilitando a visualização e o entendimento do desempenho de genótipos e ambientes, principalmente em conjuntos de dados complexos (YAN & TINKER, 2006; SILVA & BENIN, 2012).

As análises foram realizadas utilizando o software GENES (CRUZ, 2013) e GGE Biplot (YAN & TINKER, 2006) e os gráficos com as correlações foram construídos através do software Sigmaplot 11.0.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.5.1 Análise da variância para variável SDS

Na Tabela 10 consta a análise conjunta dos dados para os caracteres de SDS em trigo. O efeito simples de genótipo (G) ( $p < 0,01$ ) e ambiente (A) ( $p < 0,01$ ) foram significativos para esta variável. O ambiente foi responsável pela maior parte da variação total contribuindo com 69,3% da variação, possivelmente, devido às diferenças edafo-climáticas entre os locais avaliados. Foi verificada a ocorrência de interação G x A significativa ( $p < 0,01$ ), indicando comportamento diferencial de genótipos frente as variações de ambiente. Vários trabalhos envolvendo SDS em trigo relataram a presença de interação G x A significativa (RHARRABTI et al., 2003; OELOFSE et al., 2010; TAGHOUTI et al., 2010). O efeito simples de época (E) não foi significativo para a variável SDS e a interação tripla entre G x A x E foi significativa ( $p < 0,01$ ) para esta característica. O coeficiente de variação experimental foi de 8,5%, sendo considerado relativamente baixo e demonstrando boa precisão experimental.

**Tabela 10** - Análise da variância para sedimentação em SDS de diferentes genótipos de trigo, cultivados em quatro ambientes e duas épocas de semeadura. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

FATORES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
(Bloco/ambiente) /época	16	29,96505	1,87282
Época	1	0,64616	0,64616ns
Ambiente	3	1690,71413	563,57137**
Genótipo	24	4162,49106	173,43712**
Época x Ambiente	3	92,61301	30,87100**
Época x Genótipo	24	459,56084	19,14836**
Genótipos x Ambiente	72	915,52075	12,71556**
Época x Ambiente x Genótipo	72	615,25905	8,54526**
Resíduo	384	596,80440	1,55420
Média			14,5
CV (%)			8,5

SQ- soma de quadrados; QM- quadrados médios; GL- grau de liberdade; SDS –Sedimentação em dodecil sulfato de sódio. CV – coeficiente de variação; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ns- não significativo pelo teste F.

### 3.5.2 Médias da sedimentação na presença de SDS em genótipos de trigo

Segundo Mandarin (1993), através do volume do sedimento no teste de SDS, a força do glúten pode ser classificada como: fraca ( $\leq 12,0$  mL), intermediária (12,5 a 18,5 mL), forte (19,0 a 21,0 mL) e muito forte ( $\geq 21,5$  mL). Tal metodologia tem sido eficientemente utilizada na seleção indireta de linhagens de trigo para qualidade de panificação (CLARKE et al., 2010; ABUHAMMAD et al., 2012; AL-SALEH & BRENNAN, 2012).

Na Tabela 11 consta o agrupamento de médias da interação tripla entre G x A x E, da variável SDS. Os volumes de sedimentação em SDS variaram de 23,0 mL (CD 1104 em ABL\_2), à 7,0 mL (CD 12430 em NMT\_1). Colombo et al.(2008), em genótipos argentinos de trigo, encontraram valores de SDS variando de 11,45mL à 19,25mL. Mittelman et al. (2000) encontraram valores de sedimentação com variação de 11,85 mL à 17,71 mL em genótipos brasileiros de trigo. Em genótipos provindos da Índia Katyal et al. (2016), reportaram valores de SDS variando de 13,5mL à 22,5mL.

Nas combinações (ambiente\_época) de ABL\_1, NMT\_1 e ABL\_2 a força de glúten baseada no volume do sedimento na presença de SDS, variou de muito forte ( $\geq 21,5$  mL) à fraca ( $\leq 12,0$  mL). Nas combinações de CSC\_1, GUA\_1, CSC\_2, GUA\_2 e NMT\_2 a força de glúten apresentou variação de forte (19,0 a 21,0 mL) à fraca ( $\leq$

12,0 mL). As cultivares BRS Guamirim e CD 1104 e a linhages CD 12666 e CD 12240 apresentaram estatisticamente as maiores médias de SDS em todas as combinações com força de glúten variando de forte à muito forte. Farinhas com força de glúten muito forte e forte podem ser destinadas ao processo de panificação (PEÑA, 2000). Desta maneira, segundo o teste de sedimentação na presença de SDS os genótipos (BRS Guamirim, CD 1104, CD 12240 e CD 12666) apresentam características adequadas para a produção de pão. As variedades CD 105, CD 119, CD 1805 e a linhagem CD 12356 apresentaram valores de sedimentação intermediários (12,5 mL a 18,5 mL) em todos os ambientes e a linhagem CD 12880 demonstrou força de glúten fraca ( $\leq 12,0$  mL) em todos as combinações avaliadas.

Para a média das combinações estudadas, em ABL\_2, a força de glúten (W), apresentou o maior valor. Esta combinação também apresentou o maior valor médio de SDS, porém não diferindo de ABL\_1. (Tabela 11). Isto demonstra que genótipos cultivados em ABL\_2, possuem, na média, farinha com elevada absorção de água. No ambiente de ABL\_2 ocorreram as maiores temperaturas médias no desenvolvimento da cultura (Tabela 7). Segundo PETERSON (1998), a elevação da temperatura pode influenciar positivamente na qualidade da proteína e na sedimentação em SDS, entretanto, quando excederem 32°C o conteúdo de proteína ser negativamente afetado. Desta maneira, a temperatura média durante o desenvolvimento do trigo no ambiente de ABL\_2 foi responsável pelo valor superior de W dentre as combinações avaliadas.



**Tabela 11** - Comparação de médias de 25 genótipos cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação à sedimentação em SDS. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2017.

GENÓTIPOS	AMBIENTES/ÉPOCAS							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
Brs Guamirim	22,0a	20,0a	20,0a	20,5a	21,5a	19,0a	19,5a	20,5a
CD 105	17,5c	13,0d	12,5e	14,0c	15,0d	12,5d	13,0c	17,0c
CD 1104	22,5a	19,5a	20,0a	20,0a	23,0a	19,0a	19,5a	20,0a
CD 1166	15,5d	14,0c	11,0d	10,5e	17,0c	11,5d	13,5c	10,0f
CD119	13,0f	13,0d	12,5d	12,5d	18,0c	11,5d	12,0d	12,0e
CD 12203	16,5c	11,5e	8,5e	14,5c	18,0c	13,5c	15,0b	16,0c
CD 12223	16,5c	16,5b	15,5c	16,0b	19,0c	13,0c	14,5b	16,0c
CD 12240	21,5a	19,5a	20,0a	20,5a	20,5a	19,0a	20,0a	20,0a
CD 12282	15,5d	15,8c	16,0c	16,5b	18,5c	15,5b	15,5b	16,5c
CD 12300	9,5f	9,0f	9,5e	9,0f	15,5d	10,0e	14,0c	10,0f
CD 12356	17,0c	14,5c	14,0c	11,5e	15,5d	16,5b	12,0d	13,0e
CD 12361	15,5d	12,5d	12,0d	11,0e	18,0c	9,5e	12,0d	11,5e
CD 12400	13,5e	10,5e	11,0d	10,5e	13,5d	9,0e	11,0d	12,0e
CD 12430	11,5f	13,0d	9,5e	8,0g	11,0e	8,5e	11,0d	10,5f
CD 12666	22,5a	20,0a	20,5a	22,0a	21,5a	19,5a	18,5a	20,0a
CD 12864	14,5d	15,0c	15,5c	15,0c	19,0c	14,0c	15,0b	18,5b
CD 12867	17,5c	14,5c	11,0c	14,0c	18,0c	13,0c	14,5b	13,5d
CD 12874	13,0e	10,0f	10,0e	9,5f	15,5d	9,0e	12,0d	11,5e
CD 12880	10,0f	9,0f	8,5e	7,0g	11,0e	8,0e	11,0d	7,0g
CD 1440	20,0b	16,5b	18,5b	17,5b	19,5c	15,5b	15,0b	15,5c
CD 1550	21,0b	15,0c	15,5c	13,5d	19,5c	14,0c	11,5d	15,5c
CD 1805	17,5c	12,5d	12,5d	12,5e	18,0b	11,5d	14,0c	15,0c
Esporão	20,5b	17,0b	17,5b	17,5b	20,0b	16,0b	15,5b	10,0f
Quartzo	19,0c	13,0d	12,5d	11,0e	19,0c	12,0d	13,5c	12,5e
Tbio sinuelo	19,0c	14,5c	14,5c	15,0c	21,0b	13,5c	14,5b	14,0d
#Média SDS	17,0a	14,1b	13,6b	13,6b	18,0a	13,0b	14,0b	13,3b
#Média W	257,2 b	231,0 c	220,7 f	215,4 e	360,7a	211,6 d	174,3 h	190,5 g

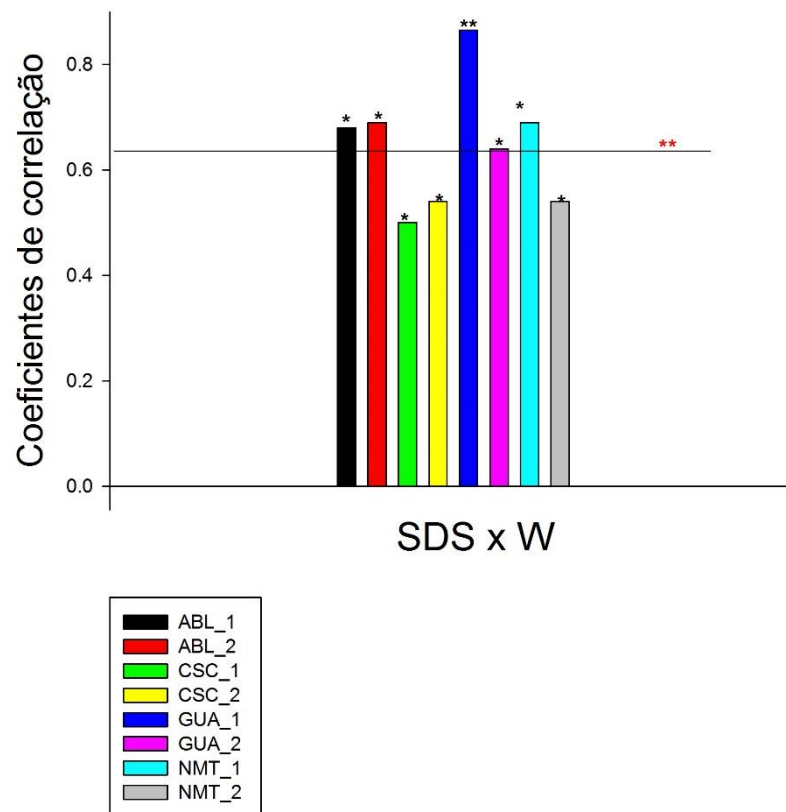
CSC\_1- Cascavel, 1º época de semeadura; CSC\_2 – Cascavel, 2º época de semeadura; ABL\_1 – Abelardo Luz, 1º época de semeadura; ABL\_2 – Abelardo Luz, 2º época de semeadura; NMT\_1 – Não Me Toque, 1º época de semeadura; NMT\_2 Não Me Toque, 2º época de semeadura; GUA\_1 – Guarapuava, 1º época de semeadura; GUA\_2 – Guarapuava, 2º época de semeadura, Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott & Knott a 5% de probabilidade erro. # Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade erro.

### 3.5.3 Correlação entre SDS e W

Na Figura 7 consta a correlação média e individual dos ambiente de avaliação entre o volume de sedimentação em SDS e o valor de W. Correlações positivas e significativas com r de 0,68\* (ABL\_1), 0,69\* (ABL\_2), 0,50\*(CSC\_1), 0,54\*(CSC\_2) 0,86 \*\* (GUA\_1), 0,64\*(GUA\_2), 0,69\*(NMT\_1), e 0,54\*(NMT\_2) foram encontradas para as combinações. Na média dos ambientes, a correlação foi significativa, positiva e de forte magnitude com r de 0,65\*\*. Estes resultados corroboram com Clarke et al (2010); Li et al. (2013); Silva et al. (2015).

A associação positiva entre os valores de sedimentação em SDS e a força de glúten ocorreu, pois o W é associado a maior ou a menor capacidade de absorção de água pelas proteínas formadoras de glúten, que combinadas à capacidade de retenção do gás carbônico resulta em um adequado volume do pão (GUTKOSKI et al., 2007; TORRES et al., 2009). A sedimentação em SDS está relacionada com a quantidade e qualidade das proteínas do glúten. Desta maneira, quanto maior o valor de W, maior o volume de sedimento no teste de SDS que resultará em maior absorção de água pela farinha. Por outro lado, estudo realizado por Ayoub, et.al. (1993) avaliando farinhas com teor proteico acima de 14%, verificaram baixa correlação entre os resultados do teste SDS e os parâmetros viscoelásticos obtidos pela alveografia, não sendo esse teste suficiente para prever a força de glúten (W). Pois, a alta quantidade de proteína que precipitou no teste de SDS não foi relacionada à sua qualidade. Desta maneira, quando os genótipos de trigo possuem elevados teores de proteína, o teste de SDS pode não ser eficaz na predição de qualidade.

Com os resultados da correlação simples de Pearson, este estudo sugere que o teste de sedimentação SDS pode ser utilizado com eficácia na seleção de genótipos de trigo de maior qualidade de panificação, já que possui uma forte correlação com a força de glúten.



**Figura 7** - Coeficientes de correlação de Pearson(r) entre Sedimentação em Dodecil Sulfato de Sódio (SDS) e Força de glúten (W). UTFPR. \* significativo pelo teste t à 5% de probabilidade e \*\* significativo pelo teste t à 1% de probabilidade. Campus Pato Branco – PR, 2017.

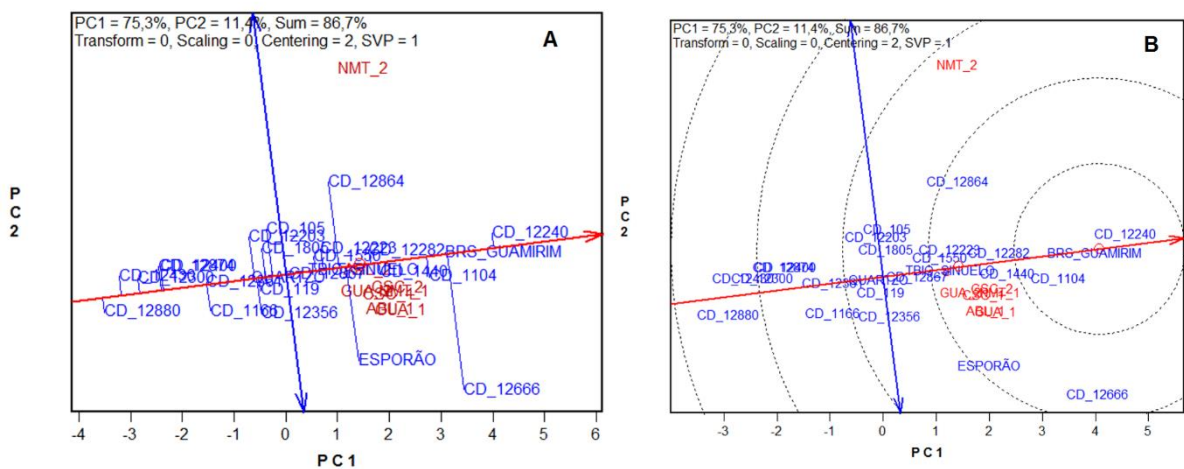
#### 3.5.4 Análise de média e estabilidade e “genótipo ideal” em relação ao teste de SDS.

Uma elevada estabilidade fenotípica é desejável pela constância do desempenho dos genótipos, porém para o melhoramento genético é primordial que além da baixa instabilidade, os genótipos possuam um elevado desempenho para o caractere de interesse, concomitantemente (MILADINOVIĆ et al., 2011). Desta maneira, genótipos com elevada estabilidade e performance são considerados ideais.

O gráfico de média e estabilidade relacionada ao volume de sedimentação em SDS está representada na Figura 10a. Nesta figura, a linha com uma única seta, aponta para um maior desempenho médio dos genótipos. A linha com duas setas indica para a maior variabilidade de desempenho (menor estabilidade) em ambas as direções (KAYA et al., 2006; YAN et al., 2007). Os resultados demonstram que ocorreram diferenciação entre os genótipos avaliados. Os dois PC representam 86,2%

do total da variação. A cultivar BRS Guamirim e a linhagem CD 12240 apresentaram os maiores valores de SDS, na média dos ambientes seguidas da linhagem CD 12666 e da variedade CD 1104. A linhagem CD 12880 apresentou menor volume de sedimentação na média dos ambientes avaliados. As cultivares BRS Guamirim além de elevado desempenho apresenta uma instabilidade fenotípica muito baixa, pois apresentou resultado semelhante em todos os ambientes estudados.

A Figura 10b demonstra a análise de genótipo ideal. O “genótipo ideal” é baseado no elevado desempenho e na estabilidade fenotípica. Este genótipo é definido graficamente pelo vetor de maior comprimento, no PC1, e sem projeções, em PC2, ou seja, deve estar mais próximo do menor círculo concêntrico central. Os dois PC representam 86,2% do total da variação. Para a variável de SDS, a variedade BRS Guamirim foi o que mais se aproximou do “genótipo ideal”, seguido da variedade CD 12240 e CD 1104 indicando que reúnem elevado volume de sedimentação em SDS e boa estabilidade fenotípica.



**Figura 8** – Plotagem da análise GGE Biplot de média e estabilidade (A) e genótipo ideal (B) de 25 genótipos de trigo cultivados em 4 ambientes e duas épocas de semeadura em relação a Sedimentação em Dodecil Sulfato de Sódio (SDS). UTFPR. Campus de Pato Branco – PR, 2017.

### 3.6 CONCLUSÕES

O método de SDS possui interação genótipo x ambiente significativa, necessitando de avaliação dos cultivares e linhagens em diferentes locais de interesse para o programa de melhoramento.

O parâmetro SDS apresenta associação de  $r=0,65^{**}$  com a força de glúten (W) podendo ser utilizado como preditor na seleção de genótipos de trigo para qualidade da proteína de trigo em fases iniciais de um programa de melhoramento genético.

As linhagens CD 12240 e CD 12666 e as cultivares BRS Guamirim e CD 1104 destacaram-se com os maiores valores de sedimentação em SDS com força de glúten forte à muito forte em todas as combinações avaliadas, indicando que são ideais para o processo de panificação. A cultivar BRS Guamirim também possui elevada estabilidade fenotípica, sendo considerada “genótipo ideal”.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos tradicionais da análise da qualidade de trigo são essenciais para os programas de melhoramento genético principalmente nas fases finais do desenvolvimento de uma cultivar, sendo necessários para a classificação da classe comercial do trigo. Porém, estas análises não podem ser realizadas nas etapas precoces do melhoramento principalmente, devido à grande quantidade de amostra demandada.

A avaliação da qualidade industrial de trigo nas etapas iniciais de um programa de melhoramento onde a variabilidade genética é elevada pode resultar em melhorias significativas na qualidade do germoplasma. As análises que demandam pequena quantidade de amostra podem ser utilizadas para a seleção de genótipos nas fases segregantes ( $F_2$ - $F_5$ ) onde a quantidade de sementes é baixa. As análises de CRS e SDS são testes rápidos que demandam de pequena quantidade de amostra e são consideravelmente baratas em relação aos testes convencionais. Por isso, podem ser utilizadas na seleção de genótipos de trigo em relação à qualidade industrial.

Foi demonstrado que as características de qualidade industrial são influenciadas pela interação ( $G \times A$ ). Além disto, os testes alternativos de seleção para qualidade industrial do trigo possuem correlação com as análises viscoelásticas da massa. Podendo desta forma, serem utilizados na seleção de trigo em fases iniciais do programa de melhoramento. Os resultados dos testes alternativos de CRS e SDS demonstraram que é possível utilizá-los para seleção de genótipos brasileiros de trigo destinados ao processamento industrial.

## REFERÊNCIAS

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of American Association of Cereal Chemists**, 11th ed. St. Paul: AACC International, 2010.

ABIMAPI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCEAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS. **Estatísticas: Biscoito**. Disponível em: < <http://www.abimapi.com.br/estatistica-biscoito.php>> Acesso em: 16 de dezembro de 2016.

ABITRIGO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA DO TRIGO. **Farinha de trigo: O que é a farinha de trigo?** Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/farinha-de-trigo.php>> Acesso em: 15 de dezembro de 2016.

ABUGALIEVA, A.; PEÑA, B. R. J. Grain quality of spring and winter wheat of Kazakhstan. **Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology**, v.04, n.1, p.87-90, 2010.

ABUHAMMAD, W. A.; ELIAS, E. M.; MANTHEY, F. A.; ALAMRI, M. S.; MERGOUM, M. A. Comparison of methods for assessing dough and gluten strength of durum wheat and their relationship to pasta cooking quality. **International Journal of Food Science and Technology** v.47, p. 2561–2573, 2012.

AL-SALEH, A.; BRENNAN, C. S. Bread Wheat Quality: Some Physical, Chemical and Rheological Characteristics of Syrian and English Bread Wheat Samples. **Foods**, v.1, p. 3-17, 2012.

AYOUB, M.; SMITH, D. L.; FREGEAU R. J. Evaluation of the SDS-sedimentation test for the assessment of eastern Canadian bread wheat quality. **Canadian journal of plant science**, v.73, n.4, p. 995-999, 1993.

BETTGE, A. D.; MORRIS, C. F.; DEMACON, V. L.; KIDWELL, K. K. Adaptation of AACC method 56-11, solvent retention capacity, for use as an early generation selection tool for cultivar development. **Cereal Chemistry**, v.79, n.5, p. 670, 2002.

BISCHOFF, T. Z.; MOURÃO S. A. P.; NUERNBERG, P. H. Influencia de las diferentes temperaturas en el desarrollo de semillas de trigo. **Revista de Ciencia y Tecnología**, n. 24, p. 12-15, 2015.

BONFIL, D. J.; POSNER, E. S. Can bread wheat quality be determined by gluten index? **Journal of Cereal Science**, v.56, n.2, p. 115-118, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Portaria nº 167 de 29 de julho de 1994**. Diário Oficial, n. 147, p. 11.640-11.642, ago. 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento técnico do trigo**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, n.29, p.2, 1, 2010.

CARSON, G. R.; EDWARDS, N. M. Criteria of wheat and flour quality. **Wheat: chemistry and technology**, v.1, 4 (ed) p. 97-118, 2009.

CHEN, F.; HE, Z.; XIA, X.; LILLEMO, M.; MORRIS, C. A new puroindoline b mutation present in Chinese winter wheat cultivar Jingdong 11. **Journal of Cereal Science**, v.42, n.2, p. 267-269, 2005.

CHEN, R. Y.; SEABOURN, B. W.; XIE, F.; HERALD, T. J. A Modified Extensigraph Method for Evaluating Dough Properties of Hard Wheat Breeding Lines. **Cereal chemistry**, v.86, n.5, 582-589, 2009.

CLARKE, F. R.; CLARKE, J. M.; AMES, N. A.; KNOX, R. E.; ROSS, J. R. Gluten index compared with SDS-sedimentation volume for early generation selection for gluten strength in durum wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, v.90, p.1-11, 2010.

COLOMBO, A.; PEREZ, G. T.; RIBOTTA, P. D.; LEÓN, A. E. A comparative study of physicochemical tests for quality prediction of Argentine wheat flours used as corrector flours and for cookie production. **Journal of cereal science**, v.48, n.3, p. 775-780, 2008.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_01\\_11\\_11\\_30\\_39\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf). Acesso em: 05 Jan. 2017.

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Vol 1. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 480 p.

DEYONG, Z. H. A. O.; LEI, W. A. N. G.; YUNTING, L. E. I. Correlation among SDS sedimentation value, swelling index of glutenin and solvent retention capacity of spring wheat. **Notulae Scientia Biologicae** v.4, n.2, p. 132-140, 2012.

DIACONO, M.; CASTRIGNANÒ, A.; TROCCOLI, A.; DE BENEDETTO, D.; BASSO, B.; RUBINO, P. Spatial and temporal variability of wheat grain yield and quality in a Mediterranean environment: A multivariate geostatistical approach. **Field Crops Research**, v.131, p. 49-62, 2012.

DUYVEJONCK, A. E.; LAGRAIN, B.; PAREYT, B.; COURTIN, C. M.; DELCOUR, J. A. Relative contribution of wheat flour constituents to solvent retention capacity profiles of European wheats. **Journal of Cereal Science**, v.53, n.3, 312-318, 2011.

DUYVEJONCK, A. E.; LAGRAIN, B.; DORNEZ, E.; DELCOUR, J. A.; COURTIN, C. M. Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours. **LWT-Food Science and Technology**, v.47, n.1, p. 56-63, 2012.



GAINES, C. S. Report of the AACC committee on soft wheat flour. Method 56-11, Solvent Retention Capacity Profile. **Cereal Foods World**, v. 45, p. 303-306, 2000.

GRAUSGRUBER, H.; OBERFORSTER, M.; WERTEKER, M.; RUCKENBAUER, P., VOLLMANN, J. Stability of quality traits in Austrian-grown winter wheats. **Field Crops Research**, v. 66, n.3, p. 257-267, 2000.

GRAYBOSCH, R. A.; LEE, J. H.; PETERSON, C. J.; PORTER, D. R.; CHUNG, O. K. Genetic, agronomic and quality comparisons of two 1AL. 1RS. wheat-rye chromosomal translocations. **Plant Breeding**, v.118, n.2, p. 125-131, 1999.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, M.L. NETO, R. J. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v. 23, p. 91-97, 2003.

GUTKOSKI, L. C.; PAGNUSSATT, F. A., SPIER, F.; PEDÓ, I. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, 119-124, 2007.

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

GUTTIERI, M. J.; BOWEN, D.; GANNON, D.; O'BRIEN, K.; SOUZA, E. Solvent retention capacities of irrigated soft white spring wheat flours. **Crop science**, v.41, n. 4, 1054-1061, 2001.

GUTTIERI, M. J.; SOUZA, E. J.; SNELLER, C. Nonstarch polysaccharides in wheat flour wire-cut cookie making. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.56, n.22, 10927-10932, 2008.

GUTTIERI, M. J.; SOUZA, E. Sources of variation in the solvent retention capacity test of wheat flour. **Crop science**, v.43, n.5, 1628-1633, 2003.

GUZMÁN, C.; MEDINA, L., A. S.; VELU, G.; GONZÁLEZ, H.; SINGH, R. P.; HUERTA, J; PEÑA, R. J. Use of wheat genetic resources to develop biofortified wheat with enhanced grain zinc and iron concentrations and desirable processing quality. **Journal of Cereal Science**, v.60, n.3, p. 617-622, 2014.

GUZMÁN, C.; MONDAI, S.; GOVINDAN, V.; AUTRIQUE, J. E.; POSADAS, R. G.; CERVANTES, F.; PEÑA, R. J. Use of rapid tests to predict quality traits of CIMMYT bread wheat genotypes grown under different environments. **LWT-Food Science and Technology**, v.69, p.327-333, 2016.

GUZMÁN, C.; POSADAS, R. G., HERNÁNDEZ, E. N.; MORALES, D., A.; PEÑA, R. J. A new standard water absorption criteria based on solvent retention capacity (SRC) to determine dough mixing properties, viscoelasticity, and bread-making quality. **Journal of Cereal Science**, v.66, p. 59-65, 2015.

HRUŠKOVÁ, M.; ŠVEC, I.; KARAS, J. Solvent retention capacity values in relation to the Czech commercial wheat quality. **International Journal of Food Science & Technology**, v.47, n.11, 2421-2428, 2012.

KATYAL, M.; VIRDI, A. S.; KAUR, A.; SINGH, N.; KAUR, S.; AHLAWAT, A. K.; SINGH, A. M. Diversity in quality traits amongst Indian wheat varieties I: flour and protein characteristics. **Food chemistry**, v.194, p. 337-344, 2016.

KAUR, A.; SINGH, N.; KAUR, S.; AHLAWAT, A. K.; SINGH, A. M. Relationships of flour solvent retention capacity, secondary structure and rheological properties with the cookie making characteristics of wheat cultivars. **Food chemistry**, v.158, p. 48-55, 2014.

KAYA, Y.; AKÇURA, M.; TANER, S. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials in bread wheat. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.30, n.5, p. 325-337, 2006.

KONG, E.; LIU, D.; GUO, X.; YANG, W.; SUN, J.; LI, X.; ZHAN, K.; CUI, D.; LIN, J.; ZHANG, A. Anatomical and chemical characteristics associated with lodging resistance in wheat. **The Crop Journal**, v.1, n. 1, 43-49, 2013.

KTENIOUDAKI, A.; BUTLER, F.; GALLAGHER, E. Rheological properties and baking quality of wheat varieties from various geographical regions. **Journal of cereal science**, v. 51, n.3, p. 402-408, 2010.

KWEON, M.; SLADE, L.; LEVINE, H. Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding – a review. **Cereal Chemistry**, v.88, n.6, p. 537-552, 2011.

LI, J.; HOU, G. G.; CHEN, Z.; CHUNG, A. L.; GEHRING, K. Studying the effects of whole-wheat flour on the rheological properties and the quality attributes of whole-wheat saltine cracker using SRC, alveograph, rheometer, and NMR technique. **LWT-Food Science and Technology**, v. 55, n. 1, p. 43-50, 2014.

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

MA, D.; STÜTZEL, H. Prediction of winter wheat cultivar performance in Germany: At national, regional and location scale. **European Journal of Agronomy**, v.52, p. 210-217, 2014.

MANDARINO, J. M. G. Aspectos importantes para qualidade do trigo. Londrina, **EMBRAPA/CNPS**, 1993.

MARIOTTI, M.; LUCISANO, M.; PAGANI, M. A.; NG, P. K. Effects of dispersing media and heating rates on pasting profiles of wheat and gluten-free samples in relation to their solvent retention capacities and mixing properties. **LWT-Food Science and Technology**, v.66, p. 201-210, 2016.

MARJANOVIĆ J. A.; NAGL, N.; GVOZDANOVIĆ, V. J.; HRISTOV, N.; KONDIĆ, A.; VASIĆ, M.; MARINKOVIĆ, R. Interação genótipo x ambiente para a produção de sementes por planta em canola pelo modelo AMMI. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p.174-181, 2011.

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**, v.35, n.5, p.975-983, 2000.

MÓDENES, A. N.; SILVA, A. M. D.; TRIGUEROS, D. E. G. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, 508-512, 2009.

MOIRAGHI, M.; VANZETTI, L.; BAINOTTI, C.; HELGUERA, M.; LEÓN, A.; PÉREZ, G. Relationship between soft wheat flour physicochemical composition and cookie-making performance. **Cereal Chemistry**, v.88, n.2, p.130-136, 2011.

MUTLU, A. C.; BOYACI, I. H.; GENIS, H. E.; OZTURK, R.; BASARAN-AKGUL, N.; SANAL, T.; EVLICE, A. K. Prediction of wheat quality parameters using near-infrared spectroscopy and artificial neural networks. **European Food Research and Technology**, v. 233, n. 2, p. 267–274, 2011.

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

PASHA, I.; ANJUM, F. M.; BUTT, M. S. Genotypic variation of spring wheats for solvent retention capacities in relation to end-use quality. **LWT-Food Science and Technology**, v.42, n.1, p. 418-423, 2009.

PEDRO, D. M. J. S. **Influência das pentosanas nas propriedades funcionais do glúten e amido de trigo**. Aveiro. Portugal, 2005, 415f. (Tese de doutorado) Departamento de química, Universidade de Aveiro, 2005.

PELEGRIN, A. J., CARVALHO, I. R., FERRARI, M., NARDINO, M., SZARESKI, V. I. J., MEIRA, D.; OLIVEIRA, A. C. Evaluation of solvent retention capacity of wheat (*Triticum aestivum* L.) flour depending on genotype and different timing of nitrogenous fertilizer application. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.43, 4389-4394, 2016.

PEÑA, R. J. Wheat for bread and other foods. Bread wheat improvement and production. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome, 483-542, 2002.

PEÑA, R.J.: AMAYA, A. Rapid estimation of glúten quantity in Bread wheat, durum wheat, and triticale using the sodium dodecyl sulfate (SDS) –Sedimentation test. **Internacional Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)**, México. 1985.

PETERSON, C. J.; GRAYBOSCH, R.A.; SHELTON, D. R.; BAENZIGER, P. S. Baking Quality of hard winter wheat: response of Cultivars to Environment in the Great Plains. **Euphytica** v.100, p. 157–162, 1998.

PIKE, P. R., & MACRITCHIE, F. Protein composition and quality of some new hard white winter wheats. **Crop science**, v.44, n.1, 173-176, 2004.

POJIĆ, M. M.; MASTILOVIĆ, J. S. Near infrared spectroscopy—advanced analytical tool in wheat breeding, trade, and processing. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, n.2, 330-352, 2013.

QUICK, J. S.; DONNELLY, B. J. A rapid test for estimating durum wheat gluten quality. **Crop Science**, v.20, p.816-818, 1980.

RAM, S.; DAWAR, V.; SINGH, R. P.; SHORAN, J. Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour. **Journal of Cereal Science**. v.42, n. 2, p. 261-266, 2005.

RAM, S.; SINGH, R. P. Solvent retention capacities of Indian wheats and their relationship with cookie-making quality. **Cereal chemistry**, v.81, n.1, p. 128-133, 2004.

RCBPTT - Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2012**. Dourados, MS, Embrapa Agropecuária Oeste, 2011, 204 p.

RHARRABTI, Y.; MORAL, L. G.; VILLEGAS, D.; ROYO, C. Durum wheat quality in Mediterranean environments: III. Stability and comparative methods in analysing G× E interaction. **Field Crops Research**, v.80, n.2, 141-146, 2003.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. D.; MIRANDA, M. D.; Limberger, V. M. Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.02, p. 211-222, 2011.

SCHIDLOWSKI, L L. **Produtividade e qualidade industrial de trigo em diferentes anos e regiões de cultivo**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SHARMA, M.; GHOSH, R.; TELANGRE, R.; RATHORE, A.; SAIFULLA, M.; MAHALINGA, D. M.; JAIN, Y. K. Environmental Influences on Pigeonpea-Fusarium udum Interactions and Stability of Genotypes to Fusarium Wilt. **Frontiers in plant science**, v.7, 2016.

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

SILVA, D.L.; RIBEIRO, N.D.; MINETTO, C.; SOUZA, J.F.; ANTUNES, I.F. Metodologias de análise de adaptabilidade e de estabilidade para a identificação de linhagens de feijão promissoras para o cultivo no Rio Grande do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.3, p.1065-1076, 2013.

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

SLADE, L.; LEVINE, H. 1994. **Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients**. Pages 23-141 in: *The Science of Cookie and Cracker Production*. H. Faridi, ed. Chapman and Hall: New York.

SOUZA, E. J.; MARTIN, J. M.; GUTTIERI, M. J.; O'BRIEN, K. M.; HABERNICHT, D. K.; LANNING, S. P.; TALBERT, L. E. Influence of genotype, environment, and nitrogen management on spring wheat quality. **Crop Science**, v.44, n.2, p. 425-432, 2004.

SPIERTZ, J. H. J.; HAMER, R. J.; XU, H.; PRIMO M, C.; DON, C.; VAN D. P. P. E. L. Heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.): effects on grain growth and quality traits. **European Journal of Agronomy**, v.25, n.2, p. 89-95, 2006.

STEFEN, D. L. V.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; TORMEN, M. E.; ZANESCO, P. R.; CASA, R. T.; NUNES, F. R. Adubação nitrogenada associada ao emprego de reguladores de crescimento em trigo cv. Mirante. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.13, n.1, p. 30-39, 2014.

TAGHOUTI, M.; GABOUN, F.; NSARELLAH, N.; RHRIB, R.; EI-HAILA, M.; KAMAR, M.; UDUPA, S. M. Genotype x Environment interaction for quality traits in durum wheat cultivars adapted to different environments. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.21, p. 3054-3062, 2010.

TORRES, G. A. M. T.; SIMIONI, A.; GAMBIM, E.; TOMAZIN, T. **Proteínas de reserva do trigo: Gluteninas**. Embrapa Trigo, 2009.

TOSCANO, P.; GENESIO, L.; CRISCI, A.; VACCARI, F. P.; FERRARI, E.; LA CAVA, P.; GIOLI, B. Empirical modelling of regional and national durum wheat quality. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 204, p. 67-78, 2015.

VAZQUEZ, M. D.; PETERSON, C. J.; RIERA-LIZARAZU, O.; CHEN, X.; HEESACKER, A.; AMMAR, K.; MUNDT, C. C. Genetic analysis of adult plant, quantitative resistance to stripe rust in wheat cultivar 'Stephens' in multi-environment trials. **Theoretical and applied genetics**, v. 124, n. 1, p. 1-11, 2012.

WALKER, C.; CAMPBELL, K. G.; CARTER, B.; KIDWELL, K. Using the solvent retention capacity test when breeding wheat for diverse production environments. **Crop science**, v.48, n.2, 495-506, 2008.

WANG, C.; KOVACS, M. I. P. Swelling index of glutenin test. II. Application in prediction of dough properties and end-use quality. **Cereal chemistry**, v.79, n. 2, p. 190-196, 2002.

XIAO, Z. S.; PARK, S. H.; CHUNG, O. K.; CALEY, M. S.; SEIB, P. A. Solvent retention capacity values in relation to hard winter wheat and flour properties and straight-dough breadmaking quality. **Cereal Chemistry**. v.83, n. 5, p. 465-471, 2006.

XU, J.; BIETZ, J. A.; CARRIERE, C. J. Viscoelastic properties of wheat gliadin and glutenin suspensions. **Food Chemistry**, v.101, n.3, 1025-1030, 2007.

YAN, W. GGE biplot - A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal**, v.93, p.1111-1118, 2001.

YAN, W.; TINKER, N. A. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**, v.86, n.3, p. 623-645, 2006.

YONG, Z.; ZHONGHU, H.; YE, G.; AIMIN, Z.; GINKEI, M. Effect of environment and genotype on bread-making quality of spring-sown spring wheat cultivars in China. **Euphytica**, v.139, n.1, p. 75-83, 2004.

ZHANG, Y.; ZHANG, Q.; HE, Z., ZHANG, Y.; YE, G. Solvent retention capacities as indirect selection criteria for sugar snap cookie quality in Chinese soft wheats. **Crop and Pasture Science**, v.59, n.10, p. 911-917, 2008.

## ANEXO A - Análise da variância dos parâmetros de qualidade industrial do trigo

FATORES DE VARIAÇÃO	QM's								
	GL	FN	P	L	W	P/L	L*	a*	b*
(Bloco/ambientes)/época	16	65,4470	45,2159	2022,7878	606,0075	38,3746	1211,4419	0,6733	1,2288
Épocas	1	294,0075 <sup>ns</sup>	484,9166 <sup>ns</sup>	4556,0625 <sup>ns</sup>	1,9393 <sup>ns</sup>	164,8759 <sup>ns</sup>	1363,2888 <sup>ns</sup>	0,2088 <sup>ns</sup>	1,007128 <sup>ns</sup>
Ambientes	3	73155,0757 <sup>**</sup>	7302,1616 <sup>**</sup>	19697,3604 <sup>**</sup>	152304,4292 <sup>**</sup>	123,5203 <sup>ns</sup>	1199,897 <sup>ns</sup>	2,8559 <sup>ns</sup>	24,7487 <sup>ns</sup>
Genótipos	21	25012,1316 <sup>**</sup>	7092,4235 <sup>**</sup>	11715,5264 <sup>**</sup>	168004,1940 <sup>**</sup>	145,7361 <sup>ns</sup>	1157,9807 <sup>ns</sup>	3,7536 <sup>ns</sup>	69,0432 <sup>*</sup>
Época x Ambientes	3	1870,7500 <sup>*</sup>	3590,9166 <sup>ns</sup>	4837,0978 <sup>ns</sup>	1286,1457 <sup>**</sup>	151,1941 <sup>*</sup>	1254,3154 <sup>ns</sup>	0,1150 <sup>ns</sup>	0,3453 <sup>ns</sup>
Época x Genótipos	21	751,4956 <sup>**</sup>	599,3293 <sup>**</sup>	2573,5783 <sup>ns</sup>	32062,3888 <sup>ns</sup>	153,1038 <sup>ns</sup>	1213,1449 <sup>ns</sup>	0,01570 <sup>ns</sup>	0,1801 <sup>ns</sup>
Genótipos x Ambientes	63	6027,1723 <sup>**</sup>	1168,1748 <sup>**</sup>	4896,0774 <sup>**</sup>	8694,2784 <sup>**</sup>	153,2568 <sup>*</sup>	1219,0294 <sup>ns</sup>	1,0501 <sup>ns</sup>	3,4192 <sup>*</sup>
Épocas x Ambientes x Genótipos	63	399,0000 <sup>**</sup>	629,0595 <sup>**</sup>	3719,4708 <sup>**</sup>	3785,2513 <sup>**</sup>	153,4617 <sup>**</sup>	1212,2720 <sup>ns</sup>	0,0119 <sup>ns</sup>	0,1332 <sup>*</sup>
Resíduo	336	83,2366	36,178211	2396,164863	427,348846	38,306793	1211,9464 <sup>ns</sup>	0,6404 <sup>ns</sup>	0,2382 <sup>*</sup>
Média		342,38	85,93	93,64	232,45	0,97	95,2	-0,19	9,48
CV (%)		2,7	6,8	7,1	8,8	4,3	9,5	10,4	5,4

**ANEXO B- Agrupamento de médias por Scott- Knott (5%) para o parâmetro número de queda para vinte e dois genótipos de trigo cultivados em quatro locais e em duas épocas de semeadura**

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	325d	227h	379b	319d	332d	224g	394b	284g
CD 119	304e	238g	345c	303e	294f	240f	360d	273h
CD 1550	350c	384b	399a	325d	368b	387a	388b	353c
CD 1104	395a	396a	409a	343c	329d	376b	397b	371b
CD 1805	304e	252f	370b	323d	342c	252f	385b	326e
Esporão	250f	236g	402a	283f	279g	236f	417a	323e
CD 1440	366b	408a	402a	368b	322e	370b	417a	335d
Brs Guamirim	291e	274e	280e	287f	294f	282e	295f	291g
Tbio Sinuelo	323d	219h	381b	345c	362b	224g	396b	383a
Quartzo	359c	382b	392a	372b	360b	350c	407a	363b
CD 12300	320d	354c	357c	302e	313e	340c	372c	305f
CD 12356	305e	329d	333d	310e	301f	310d	348e	311f
CD 12361	332d	318d	320d	307e	317e	335c	335e	290g
CD 12400	303e	328d	330d	321d	303f	343c	345e	295g
CD 12430	373b	377b	377b	372b	364b	372b	392b	365b
CD 12666	397a	408a	404a	380a	387a	400a	419a	377a
CD 12880	319d	338d	338d	276f	328d	341c	353d	275h
CD 1166	352c	375b	378b	347c	352c	373b	393b	350c
CD 12203	303e	389b	403a	306e	329d	390a	418a	318e
CD 12223	310e	382b	400a	272f	314e	383a	415a	259i
CD 12240	388a	383b	407a	388a	363b	391a	422a	388a
CD 12282	355c	371b	360c	357c	335d	360b	375c	348c



**ANEXO C- Agrupamento de médias por Scott- Knott (5%) para o parâmetro tenacidade (P) para vinte e dois genótipos de trigo cultivados em quatro locais e em duas épocas de semeadura.**

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	58g	126b	63e	55f	88e	63f	77d	49f
CD 119	47h	93d	59e	48f	83f	72e	73e	45f
CD 1550	87e	106c	95b	79d	90e	106b	97c	85c
CD 1104	115c	135a	76d	106b	123c	90c	77d	85c
CD 1805	45h	90d	52e	49f	62g	73e	66e	48f
Esporão	87e	100d	72d	85d	110d	103b	86d	46f
CD 1440	81e	103c	82c	77d	113d	99c	96c	79d
Brs Guamirim	93d	95d	95b	93c	93e	96c	109b	94c
Tbio Sinuelo	73f	110c	94b	57f	153a	108b	108b	61e
Quartzo	203a	94d	98b	66e	99e	94c	112b	58e
CD 12300	47h	55f	56e	47f	48h	47g	70e	48f
CD 12356	71f	95d	95b	71e	75f	68e	109b	73d
CD 12361	83e	95d	104a	83d	84f	83d	118a	84c
CD 12400	74f	68e	70d	55f	127c	61f	84d	57e
CD 12430	92d	107c	107a	103b	94e	91c	121a	101b
CD 12666	97d	141a	89c	97b	93e	93c	103c	97b
CD 12880	43h	68e	68d	52f	43h	74e	82d	48f
CD 1166	82e	84d	84c	82d	82f	81d	98c	83c
CD 12203	67g	73e	65d	62e	68g	74e	79d	56e
CD 12223	76f	109c	87c	92c	71g	108b	101c	91c
CD 12240	98d	98d	96b	101b	98e	97c	110b	103b
CD 12282	135b	93d	94b	128a	135b	135a	108b	125a

**ANEXO D - Agrupamento de médias por Scott- Knott (5%) para o parâmetro Extensibilidade (L) para vinte e dois genótipos de trigo cultivados em quatro locais e em duas épocas de semeadura.**

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	150a	145a	103a	135a	166a	127b	104a	136a
CD 119	159a	125a	103a	151a	148a	125b	104a	172a
CD 1550	96b	93a	74a	105a	168a	93b	74a	99a
CD 1104	155a	105a	115a	115a	178a	105b	115a	104a
CD 1805	195a	121a	96a	120a	119b	136b	97a	176a
Esporão	152a	110a	83a	141a	87b	114b	84a	146a
CD 1440	147a	95a	127a	156a	72b	111b	128a	146a
Brs Guamirim	120b	121a	121a	120a	126b	120b	122a	123a
Tbio Sinuelo	135a	121a	75a	127a	113b	489a	76a	102a
Quartzo	48b	95a	77a	101a	208a	78b	78a	105a
CD 12300	89b	65a	65a	89a	90b	89b	66a	89a
CD 12356	107b	82a	82a	107a	107b	113b	83a	107a
CD 12361	77b	61a	80a	77a	77b	76b	81a	77a
CD 12400	195a	99a	105a	171a	195a	94b	106a	75a
CD 12430	60b	53a	53a	60a	60b	60b	54a	60a
CD 12666	113b	90a	133a	113a	113b	110b	134a	114a
CD 12880	135a	81a	81a	151a	135b	73b	82a	130a
CD 1166	92b	92a	99a	92a	93b	92b	100a	92a
CD 12203	116b	88a	83a	116a	118b	88b	84a	104a
CD 12223	142a	82a	117a	71a	145a	82b	118a	95a
CD 12240	113b	58a	113a	117a	113b	113b	114a	117a
CD 12282	123b	106a	105a	123a	123b	123b	106a	126a

**ANEXO E - Agrupamento de médias por Scott- Knott (5%) para o parâmetro Força de glúten (W) para vinte e dois genótipos de trigo cultivados em quatro locais e em duas épocas de semeadura.**

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	140e	203e	110f	195e	167e	210c	100f	127f
CD 119	162e	210e	132f	136f	222d	220c	122f	138f
CD 1550	304c	296c	285c	253d	333b	280b	292c	272b
CD 1104	481a	461a	322b	336b	440a	388a	325b	336a
CD 1805	161e	205e	127f	265c	290c	203c	117f	227c
Esporão	148e	130f	200e	373a	290c	140d	190e	126f
CD 1440	301c	250d	237d	233d	323b	230c	227d	280b
Brs Guamirim	430b	420b	390a	230d	407a	390a	380a	315a
Tbio Sinuelo	252d	260d	237d	170e	277c	220c	227d	197d
Quartzo	279c	280c	219d	160f	353b	226c	209d	158e
CD 12300	125e	100f	103f	182e	207d	95e	93f	93f
CD 12356	286c	290c	250d	173e	345b	213c	240d	204d
CD 12361	245d	225e	120f	185e	328b	236c	110f	173e
CD 12400	308c	225e	110f	185e	343b	233c	100f	133f
CD 12430	153e	134f	130f	230d	203d	155d	120f	130f
CD 12666	414b	451a	417a	330b	417a	380a	407a	344a
CD 12880	140e	129f	98f	186e	133f	130d	88f	162e
CD 1166	125e	120f	120f	175e	202d	110e	110f	117f
CD 12203	150e	150f	114f	240d	235d	200c	104f	123f
CD 12223	300c	258d	276c	199e	345b	268b	266c	250c
CD 12240	435b	410b	309b	325b	422a	378a	299c	323a
CD 12282	253d	207e	200e	180e	320b	226c	190e	187d

**ANEXO F - Agrupamento de médias por Scott- Knott (5%) para o parâmetro Tenacidade/extensibilidade (P/L) para vinte e dois genótipos de trigo cultivados em quatro locais e em duas épocas de semeadura.**

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	0,39a	0,86a	0,61a	0,900a	0,53a	0,50a	0,73a	0,36a
CD 119	0,30a	0,75a	0,57a	0,32a	0,56a	0,57a	0,70a	0,26a
CD 1550	1,21a	1,13a	1,29a	0,78a	0,56a	1,13a	1,30a	0,86a
CD 1104	0,74a	1,29a	0,66a	0,92a	0,69a	0,90a	0,68a	0,82a
CD 1805	0,23a	0,74a	0,54a	0,41a	0,52a	0,54a	0,68a	0,27a
Esporão	0,72a	0,9a	0,87a	0,61a	1,27a	0,90a	1,03a	0,32a
CD 1440	0,55a	1,09a	0,65a	0,5a	1,58a	0,86a	0,75a	0,54a
Brs Guamirim	0,78a	0,78a	0,78a	0,78a	0,78a	0,80a	0,89a	0,77a
Tbio Sinuelo	0,54a	0,91a	1,25a	0,45a	1,35a	0,63a	1,43a	0,59a
Quartzo	1,07a	0,99a	1,28a	0,65a	0,47a	1,24a	1,43a	0,55a
CD 12300	0,53a	0,85a	1,31a	0,53a	0,53a	0,54a	1,07a	0,54a
CD 12356	0,67a	1,15a	1,34a	0,67a	0,70a	0,60a	1,31a	0,68a
CD 12361	1,08a	1,54a	1,3a	1,08a	1,1a	1,06a	1,45a	1,09a
CD 12400	0,38a	0,64a	1,40a	0,34a	0,65a	0,67a	0,79a	0,76a
CD 12430	1,62a	2,01a	1,43a	1,71a	1,62a	1,62a	2,23a	1,69a
CD 12666	0,86a	1,57a	0,68a	0,86a	0,84a	0,85a	0,78a	0,85a
CD 12880	0,34a	0,84a	0,83a	0,35a	0,34a	1,02a	0,99a	0,37a
CD 1166	0,89a	0,91a	0,85a	0,89a	0,88a	0,88a	0,98a	0,9a
CD 12203	0,58a	0,83a	0,78a	0,53a	0,58a	0,84a	0,94a	0,54a
CD 12223	0,54a	1,33a	0,75a	1,30a	0,49a	1,33a	0,86a	0,97a
CD 12240	0,87a	1,66a	0,85a	0,86a	0,87a	0,85a	0,96a	0,88a
CD 12282	1,1a	0,88a	0,89a	1,05a	1,10a	1,100a	1,01a	0,99a

**ANEXO G - Agrupamento de médias por Scott- Knott (5%) para o parâmetro Luminosidade (L\*) para vinte e dois genótipos de trigo cultivados em quatro locais e em duas épocas de semeadura.**

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	93,30a	93,52a	92,91a	93,37a	93,07a	93,52a	93,41a	92,90a
CD 119	94,57a	92,80a	94,24a	94,50a	94,03a	92,80a	94,74a	93,87a
CD 1550	93,30a	93,36a	93,38a	93,00a	93,17a	93,36a	93,38a	92,97a
CD 1104	92,43a	92,8a	93,20a	92,40a	92,87a	92,81a	93,20a	92,43a
CD 1805	93,27a	93,67a	93,85a	94,03a	93,5a	93,67a	94,35a	93,83a
Esporão	93,30a	92,50a	92,75a	93,57a	92,80a	92,50a	93,25a	94,10a
CD 1440	92,83a	93,38a	92,57a	93,00a	92,77a	92,83a	93,07a	92,73a
Brs Guamirim	93,33a	93,27a	93,27a	93,33a	93,33a	93,27a	93,77a	93,33a
Tbio Sinuelo	92,77a	93,40a	92,7a	93,00a	92,83a	93,4a	93,20a	92,77a
Quartzo	92,67a	92,86a	92,87a	93,23a	93,00a	93,33a	93,37a	93,23a
CD 12300	94,33a	94,76a	94,76a	94,33a	94,33a	94,72a	95,26a	94,33a
CD 12356	95,27a	94,39a	94,39a	95,27a	95,27a	95,6a	94,89a	95,27a
CD 12361	95,00a	94,45a	94,45a	95,00a	95,00a	94,81a	94,95a	95,00a
CD 12400	95,97a	94,59a	94,59a	95,2a	95,97a	94,70a	95,09a	95,4a
CD 12430	94,33a	93,19a	93,19a	94,33a	94,33a	94,56a	93,69a	94,33a
CD 12666	92,85a	92,74a	92,74a	92,85a	92,85a	92,52a	93,24a	92,85a
CD 12880	95,63a	94,27a	94,27a	95,33a	95,63a	96,29a	94,77a	95,19a
CD 1166	94,93a	94,19a	94,19a	94,93a	94,93a	94,19a	94,69a	94,93a
CD 12203	93,17a	94,30a	92,9a	93,43a	94,00a	94,30a	93,40a	93,10a
CD 12223	92,73a	93,12a	92,54a	93,07a	92,83a	93,12a	93,04a	92,87a
CD 12240	94,25a	93,59a	89,63a	94,25a	94,25a	94,25a	90,13a	94,25a
CD 12282	94,35a	92,75a	93,09a	94,35a	94,35a	94,35a	93,59a	94,35a

**ANEXO H - Agrupamento de médias por Scott- Knott (5%) para o parâmetro índice de cromaticidade a (a\*) para vinte e dois genótipos de trigo cultivados em quatro locais e em duas épocas de semeadura.**

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	-0,49a	-0,07a	-0,11a	-0,47a	-0,31a	-0,07a	-0,01a	-0,47a
CD 119	-0,36a	-0,13a	-0,13a	-0,33a	0,04a	-0,13a	-0,03a	-0,23a
CD 1550	-0,23a	-0,12a	-0,12a	-0,32a	0,04a	-0,12a	-0,12a	-0,18a
CD 1104	-0,22a	-0,15a	-0,13a	-0,22a	0,04a	-0,15a	-0,13a	-0,20a
CD 1805	-0,33a	0,01a	-0,12a	-0,3a	-0,36a	0,01a	-0,02a	-0,28a
Esporão	-0,33a	-0,01a	-0,12a	-0,3a	0,22a	-0,01a	-0,02a	-0,30a
CD 1440	-0,24a	-0,03a	-0,12a	-0,3a	-0,18a	-0,07a	-0,02a	-0,22a
Brs Guamirim	-0,04a	-0,04a	-0,04a	-0,04a	-0,04a	-0,04a	0,06a	-0,04a
Tbio Sinuelo	-3,51a	-0,06a	-0,12a	-3,47a	-3,45a	-0,06a	-0,02a	-3,53a
Quartzo	-0,28a	-0,07a	-0,12a	-0,31a	-0,29a	-0,36a	-0,02a	-0,30a
CD 12300	-0,42a	-0,25a	-0,25a	-0,37a	-0,46a	-0,38a	-0,15a	-0,37a
CD 12356	-0,13a	0,03a	0,03a	-0,13a	-0,13a	-0,04a	0,13a	-0,13a
CD 12361	-0,08a	-0,04a	-0,04a	-0,08a	-0,08a	-0,08a	0,06a	-0,08a
CD 12400	-0,28a	-0,37a	-0,37a	-0,32a	-0,28a	-0,24a	-0,27a	-0,3a
CD 12430	-0,08a	0,05a	0,05a	-0,08a	-0,08a	-0,08a	0,15a	-0,08a
CD 12666	0,36a	0,43a	0,47a	0,36a	0,36a	0,35a	0,57a	0,36a
CD 12880	-0,37a	-0,24a	-0,24a	-0,41a	-0,37a	-0,37a	-0,14a	-0,37a
CD 1166	-0,20a	-0,19a	-0,19a	-0,20a	-0,2a	-0,2a	-0,09a	-0,20a
CD 12203	0,30a	-0,01a	-0,12a	0,19a	0,31a	-0,02a	-0,02a	0,27a
CD 12223	-0,41a	-0,42a	-0,12a	-0,46a	-0,32a	-0,3a	-0,02a	-0,43a
CD 12240	-0,19a	-0,16a	-0,12a	-0,19a	-0,19a	-0,19a	-0,02a	-0,19a
CD 12282	0,15a	0,24a	0,21a	0,15a	0,15a	0,15a	0,31a	0,15a

**ANEXO H - Agrupamento de médias por Scott- Knott (5%) para o parâmetro índice de cromaticidade b (b\*) para vinte e dois genótipos de trigo cultivados em quatro locais e em duas épocas de semeadura.**

GENÓTIPOS	AMBIENTE_ÉPOCA							
	ABL_1	CSC_1	GUA_1	NMT_1	ABL_2	CSC_2	GUA_2	NMT_2
CD 105	8,33d	11,4b	10,95c	8,54e	9,27c	11,4b	10,97c	9,82c
CD 119	7,01e	10,47c	7,37f	7,07f	6,97e	10,47c	7,39f	7,45e
CD 1550	8,91d	10,61c	11,43b	8,98d	9,48c	10,61c	11,43b	8,98d
CD 1104	10,3b	11,35b	11,78b	10,26b	10c	10,86b	11,78b	10,19c
CD 1805	7,84d	11,56b	7,67f	7,72e	7,77d	11,59b	7,69f	7,94e
Esporão	8,48d	10,5c	10,26d	8,62e	9,19c	10,33c	10,28d	8,08e
CD 1440	9,88c	10,33c	11,71b	9,83c	9,92c	10,64c	11,73b	9,94c
Brs Guamirim	9,33c	9,76d	9,99d	9,43c	9,67c	9,63d	10,01d	9,43d
Tbio Sinuelo	9,68c	10,47c	11,61b	9,49c	9,86c	10,37c	11,63b	10,03c
Quartzo	9,56c	10,89b	11,65b	9,68c	9,72c	11,33b	11,67b	9,65d
CD 12300	8,86d	8,12e	8,12e	8,86d	9,36c	8,39e	8,14e	9,06d
CD 12356	6,22e	6,25f	6,17g	6,22f	7,56d	6,09f	6,19g	6,22f
CD 12361	6,63e	6,61f	6,74g	6,63f	7,23e	6,43f	6,76g	6,96f
CD 12400	6,85e	8,07e	8,37e	7,15f	6,85e	7,64e	8,39e	6,79f
CD 12430	8,09d	7,48e	7,48f	8,09e	8,09d	7,76e	7,50f	8,09e
CD 12666	10,52b	10,95b	11,27b	10,52b	10,52b	10,39c	11,29b	10,52b
CD 12880	7,04e	7,07f	7,37f	7,07f	7,04e	7,34e	7,39f	7,19f
CD 1166	9,89c	9,32d	9,55d	9,89c	9,89c	9,55d	9,57d	9,89c
CD 12203	9,95c	10,77b	10,82c	9,89c	10,13c	10,77b	10,84c	10,13c
CD 12223	11,14b	11,31b	12,91a	10,63b	10,64b	11,11b	12,93a	10,88b
CD 12240	13,45a	13,41a	13,12a	13,45a	13,12a	13,45a	13,14a	13,45a
CD 12282	10,64b	10,22c	10,58c	10,64b	11,11b	10,64c	10,60c	10,64b