

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**ANA CLAUDIA ROSA**

**TESTES RÁPIDOS DE QUALIDADE TECNOLÓGICA INDUSTRIAL  
PARA SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TRIGO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**ANA CLAUDIA ROSA**

**TESTES RÁPIDOS DE QUALIDADE TECNOLÓGICA INDUSTRIAL  
PARA SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TRIGO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

ANA CLAUDIA ROSA

**TESTES RÁPIDOS DE QUALIDADE TECNOLÓGICA INDUSTRIAL  
PARA SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2019

**Rosa, Ana Claudia**

**Testes rápidos de qualidade tecnológica industrial para seleção de linhagens de trigo / Ana Claudia Rosa.**

**Pato Branco. UTFPR, 2019**

**58 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin**

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2019.**

**Bibliografia: f. 47 – 52**

**1. Agronomia. 2. Trigo. 3. Interação genótipo ambiente.. I. Benin, Giovani, II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

**TESTES RÁPIDOS DE QUALIDADE TECNOLÓGICA INDUSTRIAL PARA  
SELEÇÃO DE LINHAGENS DE TRIGO**

por

**ANA CLAUDIA ROSA**

Monografia apresentada às 09 horas 00 min. do dia 27 de junho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof. Dr. Giovani Benin**  
UTFPR Câmpus Pato Branco

**Prof. Me. Rodney dos Santos**  
PPGAG-PB UTFPR - Doutorando

**Eng. Agron. Antonio Henrique Bozi**  
PPGAG-PB UTFPR - Mestrando

**Prof. Dr. Jorge Jamhour**  
Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

A minha família

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por permitir que esse sonho se realizasse e pela presença constante em minha vida.

A minha família, aos meus pais, Eloi e Adelaide, minha irmã, Ana Paula, meu cunhado, Aldo e meus sobrinhos, Alana e Lorenzo, pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

Ao meu namorado, Samuel, pelo companheirismo, apoio e compreensão da minha ausência.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Giovani Benin, pela dedicação ao orientar e transmitir seus conhecimentos.

Ao grupo de pesquisa em melhoramento genético da UTFPR por todo auxílio.

A todos que contribuíram de alguma forma, muito obrigada.

Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas, ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.

**Carl Jung**



## RESUMO

ROSA, Ana Claudia. Testes Rápidos de Qualidade Tecnológica Industrial para Seleção de Linhagens de Trigo. 58 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

Qualidade de panificação e rendimento de grãos são os principais parâmetros de seleção na melhoria do trigo. Neste sentido, a seleção via testes rápidos direcionada tanto para o alto potencial produtivo de grãos e qualidade da farinha para panificação deve ser intensificada pelos programas de melhoramento genético. O objetivo desse estudo foi identificar linhagens de trigo superiores, em caracteres agrônômicos e qualidade industrial, no Programa de Melhoramento Genético da UTFPR, para possível lançamento de cultivares. 24 linhagens e 4 testemunhas foram avaliadas em ensaios de valor de cultivo de uso (VCU) ano 1 e 2, na safra de 2017 nos ambientes de Renascença – PR, Itapejara – PR e Clevelândia – PR em VCU1 e Renascença – PR, Itapejara – PR e Clevelândia – PR, Pato – Branco PR e Campos Novos – SC em VCU 2. Os caracteres avaliados foram: rendimento de grãos, peso hectolitro, sedimentação em dodecil sulfato de sódio, capacidade de retenção de ácido láctico e capacidade de retenção de água. Os dados foram submetidos a análise de variância, e verificando efeitos significativos para o teste f, as médias foram comparadas por Scott-Knott ( $p < 0,05$ ); além disso, realizou correlação de Pearson, e a análise de genótipo ideal. Os resultados demonstraram que os parâmetros avaliados possuem interação GxA significativa. Destacaram-se as linhagens UTFT 15895 e UTFT 140481 em ensaio de VCU1, UTFT 141463, UTFT 140542, UTFT 141506 e UTFT 141620 em ensaio de VCU2. Observou-se correlação significativa, de média a forte magnitude, entre rendimento de grãos e peso hectolitro, capacidade de retenção de água e sedimentação ao dodecil sulfato de sódio, capacidade de retenção de ácido láctico e peso do hectolitro. Desta forma, é possível inferir que os testes realizados são eficientes na seleção de linhagens de trigo.

**Palavras-chave:** Agronomia. Trigo. Interação genótipo ambiente.

## ABSTRACT

ROSA, Ana Claudia Rosa. Industrial Technological Quality Rapid Tests for Selecting Wheat Lines. 58 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná. Pato Branco, 2018.

Baking quality and grain yield are the main selection parameters in wheat improvement. In this sense, the selection via rapid tests directed to both the high productive potential of grains and the quality of flour for baking should be intensified by breeding programs. The objective of this study was to identify superior wheat strains, in agronomic traits and industrial quality, in the Genetic Improvement Program of UTFPR, for the possible release of cultivars. 24 strains and 4 controls were evaluated in trials of value of use crop (VCU) year 1 and 2, in the 2017 crop in the environments of Renasença – PR, Itapejara – PR and Clevelândia – PR in VCU1 and Renasença – PR, Itapejara – PR and Clevelândia – PR, Pato – Branco PR e Campos Novos – SC in VCU 2. The evaluated traits were: grain yield, hectoliter weight, sodium dodecyl sulfate sedimentation, lactic acid retention capacity and water retention capacity. The data were submitted to analysis of variance, and verifying significant effects for test f, means were compared by Scott-Knott ( $p < 0.05$ ); in addition, performed Pearson's correlation, and the optimal genotype analysis. The results showed that the parameters evaluated have a significant GxA interaction. UTFT lines 15895 and UTFT 140481 were tested in VCU1, UTFT 141463, UTFT 140542, UTFT 141506 and UTFT 141620 assays in VCU2 assay. There was a significant correlation, between medium and strong magnitude, between grain yield and hectoliter weight, water retention capacity and sedimentation to sodium dodecyl sulfate, lactic acid retention capacity and hectoliter weight. In this way, it is possible to infer that the tests performed are efficient in the selection of wheat strains.

**Keywords:** Agronomy. Wheat Environment genotype interaction.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Classificação de genótipo ideal baseada nos diferentes ambientes de cultivo para rendimento de grãos (A), sedimentação dodecil sulfato de sódio (B) e peso do hectolitro (C) para ensaios de VCU 1.....37
- Figura 2 – Classificação de genótipo ideal baseada nos diferentes ambientes de cultivo para rendimento de grãos (A), sedimentação dodecil sulfato de sódio (B) e peso do hectolitro (C) para ensaios de VCU 2..... 38
- Figura 3 – Classificação de genótipo ideal baseada nos diferentes ambientes de cultivo em VCU 1 para Capacidade de retenção de ácido láctico (A), e Capacidade de retenção de água (B).  
..... 42
- Figura 4 – Classificação de genótipo ideal baseada nos diferentes ambientes de cultivo em VCU 2 para Capacidade de retenção de ácido láctico (A), e Capacidade de retenção de água (B).  
..... 42

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Latitude, longitude e altitude dos locais de condução do experimento na safra agrícola 2017/2018. UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.....28
- Tabela 2 – Genótipos utilizados no experimento. UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.....28
- Tabela 3 – Resumo da análise variância para rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC) e sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS) de ensaios de linhagens e cultivares de trigo em VCU1 avaliados em ensaio multi-ambientes. UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019..... 32
- Tabela 4 – Resumo da análise variância para rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC) e sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS) de ensaios de linhagens e cultivares de trigo em VCU2 avaliados em ensaio multi-ambientes. UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019..... 32
- Tabela 5 – Médias para interação entre linhagens de trigo em VCU1 em diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Itapejara – ITAP; Clevelândia – CLE) para Rendimento de grãos (RG) e Peso do hectolitro (PH). UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.....34
- Tabela 6 – Médias para interação entre linhagens de trigo em VCU2 em diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Clevelândia – CLE; Pato Branco – PB; Campos Novos – CMN; Itapejara – ITP) para rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH) e sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS). UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019..... 35
- Tabela 7 – Médias para interação entre linhagens de trigo em VCU1 em diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Itapejara – ITAP; Clevelândia – CLE) para Capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC) e Sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS). UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019..... 39
- Tabela 8 – Médias para interação entre linhagens de trigo em VCU2 em diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Clevelândia – CLE; Pato Branco – PB; Campos Novos – CMN; Itapejara – ITP) para Capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), e Capacidade de retenção de água (WSRC). UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.. 41
- Tabela 9 – Correlação fenotípica de Person entre os caracteres capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC), sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS), rendimento de grãos (RG) e peso do hectolitro (PH) para linhagens e cultivares de trigo em VCU1 nos ambientes de Renascença – PR, Itapejara – PR e Clevelândia – PR. UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.....43
- Tabela 10 – Correlação fenotípica de Person entre os caracteres capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC), sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS), rendimento de grãos (RG) e peso do hectolitro (PH) para linhagens e cultivares de trigo em VCU2 nos ambientes de Renascença – PR, Clevelândia – PR, Pato Branco-PR, Campos Novos – SC e Itapejara – PR. UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019..... 43

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AACC	American Association of Cereal
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
USDA	United States Department of Agriculture
VCU	Valor de cultivo de uso

## LISTA DE ABREVIATURAS

E	Estabilidade
g	Gramas
LASRC	Capacidade de retenção de Ácido Lático
m	Metro
mL	Mililitro
NQG	Número de queda
P	Tenacidade
pH	potencial Hidrogeniônico
PMS	Peso de mil sementes
RDC	Resolução Da Diretoria Colegiada
rpm	Rotação por minuto
SCSRC	Capacidade de Retenção de Carbonato
SDS	Sedimentação com dodecil sulfato de sódio
SRC	<i>Solvent Retention Capacity</i>
SUSRC	Capacidade de retenção de Sacarose
W	Força de glúten
WA	Absorção de água
WSRC	Capacidade de Retenção de Água
µm	Micrômetro

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\%$	Porcentagem
$>$	Maior
$\leq$	Menor igual
$\approx$	Aproximadamente

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
3.1 CULTURA DO TRIGO E SUA IMPORTÂNCIA.....	18
3.2 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE.....	19
3.2.1 FÍSICAS.....	19
3.2.2 QUÍMICAS.....	19
3.3 AMBIENTE x QUALIDADE.....	20
3.4 QUALIDADE TECNOLÓGICA INDUSTRIAL.....	21
3.5 TESTE DE SEDIMENTAÇÃO COM DODECIL SULFATO DE SÓDIO – SDS...	23
3.6 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE SOLVENTES.....	23
3.6.1 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA – WSRC.....	24
3.6.2 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE CARBONATO DE SÓDIO – SCSRC.....	25
3.6.3 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE SACAROSE – SUSRC.....	25
3.6.4 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁCIDO LÁTICO – LASRC.....	26
3.7 COR.....	27
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
4.1 CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	28
4.2 AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS.....	29
4.3 AVALIAÇÕES DA QUALIDADE INDUSTRIAL.....	29
4.3.1 Sedimentação em Dodecil Sulfato de Sódio (SDS).....	29
4.3.2 Capacidade de Retenção de Solventes (SRC – <i>Solvent Retention Capacity</i> )..	30
4.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	31
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>32</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>45</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais de maior importância a nível mundial, sendo matéria-prima de inúmeros produtos na indústria alimentícia. Os diferentes produtos obtidos a partir de farinha de trigo, tais como pães, biscoitos, bolos, e diversos tipos de massas, possuem características totalmente diferentes e, portanto, necessitam de matéria-prima com características específicas. Neste sentido, a qualidade tecnológica da farinha é determinante nas características do produto final.

A instrução normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010 (BRASIL, 2010), aumentou as exigências dos padrões de qualidade da farinha de trigo no Brasil. Além disso, a indústria de panificação tem apresentado um crescimento anual de 6% nos últimos anos (GUZMÁN et.al., 2016). Neste sentido, a necessidade de cultivares melhoradas tem aumentado, e os parâmetros indicativos de qualidade precisam ser considerados em programas de melhoramento. No entanto, a avaliação destes parâmetros continua sendo um desafio, pois os testes tradicionais de qualidade, tais como a Farinografia<sup>1</sup>, Extensografia<sup>2</sup> e Alveografia<sup>3</sup>, demandam um grande volume de amostras, o que limita a sua utilização em gerações iniciais. Além disso, os custos destas análises ainda são elevados, inviabilizando a sua realização em grande escala.

A ausência de testes de seleção em gerações iniciais ou intermediárias, pode limitar a eficiência de seleção de genótipos com qualidade de uso desejada, que atenda a demanda tanto da indústria quanto do consumidor final. Neste sentido, faz-se necessário a utilização de métodos rápidos, de baixo custo, e que demandem pequeno volume de amostra, para que estes possam ser utilizados em gerações iniciais, maximizando a eficiência de seleção.

Dentre os métodos atualmente disponíveis, destaca-se os testes de sedimentação com dodecil sulfato de sódio (SDS), e de capacidade de retenção de solventes (*Solvent Retention Capacity* – SRC). A análise de SDS fornece uma

1 Teste conduzido em aparelho farinógrafo, utilizado para medir a força ao amassamento.

2 Teste conduzido em aparelho alveógrafo, utilizado para determinar propriedades como tenacidade, força e extensibilidade.

3 Teste conduzido em aparelho extensógrafo, tem por finalidade medir a resistência da massa a extensão.

estimativa indireta de qualidade, e uma previsão razoável de panificação (PENNA 1990). Esta análise é baseada na insolubilidade em meio ácido das proteínas que formam o glúten, proporcionando uma estimativa da força de glúten através do volume de sedimento. Já o método SRC, desenvolvido por Slade e Levine (1994), determina a capacidade da farinha reter quatro solventes principais: Água (WSRC), Carbonato de sódio (SCSRC), Sacarose (SUSRC), e Ácido Lático (LASRC). A WSRC está associada a capacidade total de retenção de água, de todos os constituintes da farinha; O SCSRC, está relacionado ao teor de amido danificado da farinha; A SUSRC está relacionada com a característica das pentosanas e gliadinas existentes na farinha; e o LASRC está associado com a formação de rede de gluteninas e a força de glúten da farinha (GAINES, 2000). Assim, este método é baseado no inchaço seletivo dos polímeros da farinha em soluções de solventes, que define a contribuição dos componentes do grão de forma individual (KWEON, SLADE e LEVINE 2011).

Vários estudos têm demonstrado correlação positiva entre os métodos mencionados com a qualidade de panificação. Em estudo realizado por MONEEM *et al.* (1982), os autores observaram alta correlação ( $r=0,82$ ) entre o teste SDS e o volume de pão obtido em testes de panificação. Da mesma forma, Costa (2013) encontrou variação de 101,8 % a 157,8 % na LASRC, indicando uma variabilidade na força de glúten nos diferentes genótipos testados. Este parâmetro também esteve correlacionado positivamente com o SDS ( $r=0,53$ ), sugerindo que farinhas com maior absorção de ácido lático também apresentam maior força de glúten. Neste contexto, o teste de sedimentação e a capacidade de retenção de solventes podem ser utilizados na seleção de linhagens de trigo em gerações iniciais.

Portanto, a adoção de testes rápidos, de baixo custo, e que demandem pequeno volume de amostras, caracterizam-se como excelentes alternativas para seleção de genótipos com qualidade de panificação superior. Além disso, a possibilidade de seleção em gerações iniciais, fazem com que estes testes aumentem consideravelmente a eficiência de seleção, viabilizando seu uso por programas de melhoramento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Avaliar a qualidade tecnológica de linhagens de trigo desenvolvidas pelo programa de melhoramento da UTFPR, em ensaios multi-ambientes, através dos testes de Sedimentação com dodecil sulfato de sódio (SDS) e Capacidade de retenção de solventes (SRC – *Solvent Retention Capacity*).

### 2.2 ESPECÍFICOS

Determinar a qualidade industrial a partir do volume de sedimentação em SDS;

Determinar a qualidade industrial a partir da capacidade de retenção de ácido Lático (LASRC) e capacidade de retenção de água (WSRC);

Avaliar o efeito dos diferentes locais de cultivo sobre as estimativas de qualidade industrial;

Avaliar a associação dos parâmetros de qualidade com o rendimento de grãos.

Identificar genótipos superiores quanto à qualidade industrial, rendimento de grãos e adaptabilidade.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 CULTURA DO TRIGO E SUA IMPORTÂNCIA

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais de maior importância em todo o mundo, sendo matéria-prima de diversos produtos na indústria alimentícia. Por ser fonte de nutrientes e fibras, a cultura é a principal fonte de calorias para a alimentação humana em diversos países. Está presente na alimentação em forma de pães, biscoitos, bolos, massas e alimentos que fazem parte da base alimentar (SCHEUER *et al.*, 2011).

A nível mundial, a produção de trigo é de 758,38 milhões de toneladas, produzidos em uma área de 219,42 milhões de hectares. Entre os países produtores, a União Europeia é a maior produtora, sendo na safra 2017 responsáveis pela produção de 151,58 milhões de toneladas, seguida pela China com 129,77 milhões, e pela Índia com 98,51 milhões de toneladas (USDA, 2018).

No Brasil, a produção de trigo concentra-se principalmente na região Sul do país, tendo os estados do Paraná e Rio Grande do Sul como os maiores produtores (TÔSTO *et al.*, 2013). Os dois estados são responsáveis por aproximadamente 87,8% do total produzido a nível nacional (IBGE, 2018). Na safra 2017, a produção nacional de trigo foi de 4,26 milhões de toneladas, produzidos em uma área de 1,92 milhões de hectares, responsável por 0,6% da produção mundial. Essa produção é insuficiente para atender a demanda interna do país, que atualmente situasse na faixa de 11,3 milhões de toneladas anuais, sendo que apenas 38% foi proveniente da produção nacional, refletindo em um deficit de aproximadamente 7 milhões de toneladas, o que torna o Brasil um grande importador deste cereal (CONAB, 2018).

Além de ser uma das principais opções para o cultivo de inverno na região Sul do Brasil, a cultura também se caracteriza como uma importante fonte de renda. Viabilizando o sistema plantio direto e a rotação de culturas, através do fornecimento de palha para as culturas de verão (FAVARATO *et al.*, 2012), mitigando os efeitos da erosão, e tendo efeito de supressão a emergência e estabelecimento de plantas daninhas.

## 3.2 CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE

### 3.2.1 FÍSICAS

A qualidade engloba as características físicas dos grãos, tais como rendimento de moagem, tamanho e massa, que são influenciados tanto pelo genótipo quanto pelo ambiente. O rendimento de moagem é definido pela quantidade de farinha que pode ser extraído e depende das proporções de pericarpo (7,8 a 8,6%), endosperma (87 a 89%) e gérmen (2,8 a 3,5%). O pericarpo é rico em fibras e sais minerais, constituindo a camada mais externa do grão (ATWELL, 2001). O endosperma constitui uma matriz proteica, no qual, grânulos de amido estão inseridos, ou seja, constitui a farinha de trigo. E o gérmen constitui a parte embrionária da planta, onde estão os lipídios e os compostos fundamentais para germinação (ATWELL, 2001; HADDAD *et al.*, 2001).

O rendimento de moagem é fortemente dependente da dureza do grão (HRUSKOVA; SVEC, 2009), pois dependendo da textura, as características de quebra do endosperma, facilidade de separação entre endosperma e farelo, tamanho das partículas extraídas, liberação da farinha de quebra e até mesmo o consumo de energia durante o processo de moagem podem sofrer alterações. GUARIENTI (1996) e COSTA (2013), afirma que trigos duros apresentam menores taxas de extração de farinha, enquanto trigos moles e semi-moles apresentam maiores taxas de extração de farinha.

### 3.2.2 QUÍMICAS

Os grãos de trigo podem conter em sua estrutura de 6 a 21% de proteínas (MIRANDA, 2000). As principais proteínas presentes no trigo são albuminas, globulinas, gliadinas e gluteninas. Albuminas e globulinas são responsáveis por apenas 15% das proteínas presentes na farinha de trigo, estando presentes no pericarpo e gérmen, são solúveis em água e em soluções salinas. Já as gliadinas e gluteninas, proteínas de armazenamento do trigo, representam a

maior parte, em torno de 85%, estando presente basicamente no endosperma, são solúveis em soluções alcoólicas e soluções alcalinas diluídas (GERMANI, 2008).

Gliadina e gluteninas são os principais componentes do glúten (LI *et al.*, 2014). A gliadina está ligada a extensibilidade e coesividade da massa, quando hidratada, produz uma massa fluida e viscosa, com alta extensibilidade, o que equivale a dizer que pode ser esticada com a aplicação de uma força, porém apresenta capacidade limitada ao retornar após deformação quando a força é suprimida.

Já a glutenina, dá a massa propriedades de elasticidade (resistência) e força. Apresenta a capacidade de ser esticada até certo limite, e retorna a sua forma original. A glutenina pode ser separada em subunidades de alto peso molecular e baixo peso molecular, essas subunidades representam cerca de 70% da variação da elasticidade medida (GUPTA *et al.*, 1992), o que influencia na qualidade do produto final.

A diferença entre gliadinas e gluteninas está nas ligações dissulfeto. Na gliadinas as ligações são intramoleculares, resultando em moléculas menores, consequentemente de baixo peso molecular e baixa elasticidade. Já nas gluteninas, ocorre ligações intra e intermoleculares, o que justifica o alto peso molecular e a elasticidade (SILVA *et al.*, 2004).

### 3.3 AMBIENTE X QUALIDADE

A qualidade do grão é influenciada pela genética, manejo e ambiente. O ambiente pós-antese, como disponibilidade de água e temperatura, influencia fortemente o tamanho do grão, sendo importante na definição de propriedades físicas e químicas (WARDLAW; WRIGLEY, 1994; GUTTIERI *et al.*, 2001).

A temperatura ideal para desenvolvimento de grãos é entre 15 a 25 °C (Porter e Gawith, 1999) e, embora o aumento da temperatura e da fotossíntese aumentem o suprimento de foto assimilados, isso não compensa totalmente a duração encurtada da deposição de amido, pois limita a duração do período de enchimento de grãos, onde a temperatura geral mais alta, produz grãos menores.

Em temperaturas maiores que 30 °C, a taxa de deposição do amido diminui devido à atividade reduzida de enzimas que catalisam a síntese de amidos (JENNER, 1994).

BLUMENTHAL *et al.* (1995) em um estudo sobre efeito de elevadas temperaturas (>35 °C), durante o período de enchimento, sobre características de qualidade de grãos de trigo. Verificaram que houve redução do peso de mil grãos (PMS) (17% em relação a testemunha) e na relação glutenina/gliadina (7%), e acréscimo no teor de proteínas (17%). STONE, GRAS & NICOLAS (1997) concluíram que temperaturas elevadas incrementam a porcentagem de proteínas na farinha, mas decrescem a força da massa.

O impacto da alta temperatura pode reduzir até 4% o PMS para cada 1 °C no aumento de temperatura acima de 18 °C (McDONALD *et al.*, 1983).

Já para danos causados pelo frio, temperaturas abaixo de -3 °C no período de maturação, resultam em decréscimo do peso hectolitro, e do conteúdo de proteínas, incremento da dureza dos grãos, e do teor de cinzas, apresentando grãos mais escuros e má qualidade de panificação.

### 3.4 QUALIDADE TECNOLÓGICA INDUSTRIAL

O termo 'qualidade tecnológica' ou 'qualidade de panificação' de trigo, é utilizado para indicar o "desempenho" de determinado genótipo (ou de sua farinha) sobre o produto final. O conceito de qualidade de panificação inclui vários componentes, como: força de glúten, conteúdo proteico, cor, absorção de água, entre outros que devem ser considerados simultaneamente. Além disso, há uma grande variação no efeito do genótipo e do ambiente sobre estes componentes de qualidade.

Neste sentido, certos parâmetros de qualidade são altamente influenciados por parâmetros genéticos, tal como a dureza dos grãos (CARSON e EDWARDS, 2009), enquanto outros parâmetros são altamente influenciados pelo ambiente, como é o caso do conteúdo proteico (DENCIC *et al.*, 2011). Isto ocorre devido a diferenças na composição e na proporção de várias proteínas, como por exemplo, a taxa de gluteninas e gliadinas, que variam entre os genótipos (ZHANG *et al.*, 2008).

Dentre os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade tecnológica do trigo, pode-se citar: Força de glúten (W), que representa o trabalho de deformação da massa; Extensibilidade (L), que mede a capacidade da massa se expandir; Tenacidade (P), que é a resistência que a massa oferece ao ser expandida; Absorção de água (WA), que refere-se a quantidade de água absorvida pela farinha para atingir a consistência desejada no processo industrial; e a Estabilidade (E), que indica o quanto a massa pode sofrer a operação de mistura apresentando mínimas mudanças na sua consistência.

Vale destacar ainda, que a Instrução Normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010, e a Resolução – RDC nº 7 de 18 de fevereiro de 2011 (BRASIL, 2010), determinam os padrões qualitativos para a comercialização do trigo no Brasil. Nesta legislação, a farinha é classificada quanto ao Grupo, Classe e Tipo. O grupo define o seu uso, sendo dividido em Grupo I e II. O trigo classificado no grupo I é destinado exclusivamente para a alimentação humana, e o trigo classificado no Grupo II é destinado a moagem e outras finalidades. Em relação a Classe, a farinha é classificada em função da força de glúten, estabilidade e o número de queda. A força de glúten representa o trabalho mecânico para expandir a massa até a sua ruptura, sendo expresso em  $\times 10^{-4}$  Joules. A estabilidade caracteriza-se como a resistência que a massa possui ao tratamento mecânico, e ao tempo de processo fermentativo na fabricação do pão, sendo expressa em segundos. E o número de queda (*Falling Number*), é uma medida indireta da concentração da enzima alfa-amilase, expressa em segundos, e quanto menor o tempo, maior o teor de enzima.

Assim, o trigo pode ser classificado como melhorador, pão, doméstico, ou básico, de acordo com os valores apresentados no anexo B. Neste sentido, farinhas com alta capacidade de absorção de água, boa tolerância ao amassamento, glúten de força média a forte, e alta concentração de proteína, são fatores primordiais na qualidade do produto final (MÓDENES *et al.*, 2009).

E em relação ao Tipo, o trigo é classificado nos tipos 1, 2, 3, e fora de tipo, de acordo com os valores em % de matérias estranhas e impurezas apresentados no anexo A.



### 3.5 TESTE DE SEDIMENTAÇÃO COM DODECIL SULFATO DE SÓDIO – SDS

O teste de sedimentação em SDS é um método indireto para determinação da força de glúten, um dos parâmetros de avaliação da qualidade tecnológica em trigo. Descrito por PEÑA *et al.* (1990), este método caracteriza-se como sendo mais rápido, de baixo custo, e de mais fácil execução comparativamente a métodos tradicionais de qualidade. Além disso, requer um pequeno volume de amostra, o que viabiliza o seu uso em gerações iniciais de programas de melhoramento genético, aumentando a eficiência de seleção.

O método baseia-se na insolubilidade em meio ácido das proteínas que formam o glúten, proporcionando uma estimativa indireta da força de glúten, através do volume de sedimento. Segundo Mandarino (1993), através do volume de sedimentação (SDS), pode-se classificar a força de glúten (W) 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).

Em vários estudos, tem sido observado correlações positivas do teste de SDS com os testes tradicionais de qualidade tecnológica. Neste sentido, Silva *et al.* (2013) verificaram que o valor de W obtido em testes tradicionais se correlacionou positivamente com o teste de sedimentação ( $r=0,74$ ). Resultado semelhante foi obtido por Clarke *et al.* (2010), que observaram correlações variando entre 0,92 e 0,96 entre W e SDS, sugerindo que o teste de sedimentação SDS pode ser usado com eficácia na seleção de genótipos de trigo de maior qualidade de panificação. Além disso, os autores afirmam que o teste é altamente confiável e reprodutível, fornecendo uma boa indicação da qualidade do uso final do trigo (BLACKMAN; GILL, 1980).

### 3.6 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE SOLVENTES

A Capacidade de Retenção de Solventes (SRC – *Solvent Retention Capacity*) também é um método para determinação da qualidade industrial em trigo. Originalmente desenvolvido por Slade e Levine (1994), é um teste considerado simples e que também demanda um pequeno volume de amostra (método 56-11) (AACC, 2000).

Este método avalia a contribuição de componentes individuais da farinha (KWEON; SLADE; LEVINE, 2011). Assim, a capacidade de predição da técnica SRC, está baseada na afinidade dos componentes da farinha com os solventes. Essa técnica quantifica a capacidade dos polímeros da farinha em formar redes, e conseqüentemente, reter o solvente utilizado (GAINES, 2000; SLADE; LEVINE, 1994). Para este teste, são utilizados quatro solventes: Água, Carbonato de Sódio, Sacarose e Ácido láctico.

### 3.6.1 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA – WSRC

A capacidade de retenção de água está associada a capacidade dos polímeros funcionais da farinha de trigo (glúten, amido danificado e pentosanas) absorverem água. Farinhas destinadas a fabricação de pães, geralmente requerem alta capacidade de absorção de água, pois é necessária a adição de um maior volume de água para a realização de vários fenômenos indispensáveis à obtenção de produtos de qualidade, e dentre eles pode-se citar: a união das partículas do glúten e realização da ação aglutinante deste; a garantia da umidade final do produto; a disponibilização de vapor para o salto de forno; a dissolução de ingredientes hidrófilos; a ativação das enzimas; bem como, o desenvolvimento da fermentação. Neste sentido, uma farinha com baixa absorção de água, não possibilitará a adequada realização dessas funções, e conseqüentemente, não terá boa qualidade de panificação. Entretanto, as farinhas destinadas a fabricação de biscoitos, exigem baixo valor de WSRC.

Vale destacar também, que o glúten pode reter até 2,8 g de água/g de farinha, o amido nativo entre 0,3 e 0,45 g/g, e o amido danificado (produzido pelo processo de moagem) entre 1,5 e 2 g/g (KWEON et.al., 2011). Neste sentido, Slade e Levine (1994) avaliando diferentes tipos de farinhas de trigo para a produção de biscoitos, determinaram valores de WSRC menores que 51% para a obtenção de produtos finais de qualidade. Dessa forma, pode-se perceber, que dependendo do produto desejado, existem valores de WSRC mais adequados.

### 3.6.2 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE CARBONATO DE SÓDIO – SCSRC

O Carbonato de sódio está associado ao teor de amido danificado da farinha. O amido é considerado um poli sacarídeo de alto peso molecular, que apresenta boa capacidade de hidratação, devido ao grande número de grupos hidroxilas expostas, que podem formar pontes de hidrogênio com a água (LEHNING, et.al., 2011). Assim, durante a moagem do trigo, à medida que o endosperma do grão é reduzido a tamanhos menores, o amido é fisicamente danificado, e essa danificação varia em função da sensibilidade de moagem e da dureza do grão, o que influencia diretamente sobre as características da farinha. Neste sentido, quanto menores forem os grânulos de amido, maior a sua capacidade de reter água, devido ao rompimento de algumas ligações de pontes de hidrogênio (QUEJI, et.al, 2006).

O Carbonato de sódio geralmente é utilizado em soluções com concentração de 5% em água, o que faz com que o pH da solução seja elevado (>11). Nessas condições, os grupos hidroxila do amido danificado começam a ionizar e retém o solvente, que no caso é o carbonado. Em estudos realizados na Europa, os resultados de SCSRC apresentaram alta correlação com o percentual de amido danificado (DUYVEJONCK, et. al., 2011). Da mesma forma, Ram et. al. (2005) observou correlação de 0,76 entre a absorção de água obtida pela farinografia e os valores de SCSRC, demonstrando que o teor de amido danificado é o que mais interfere na absorção de água pela farinha. Assim, há um indicativo de que a SCSRC pode ser utilizada na seleção de genótipos de trigo, estimando o teor de amido danificado e a capacidade de absorção de água, fatores de extrema importância na obtenção de pães com qualidade superior.

### 3.6.3 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE SACAROSE – SUSRC

A Capacidade de retenção de sacarose está relacionada com as características das pentosanas existentes na farinha. As pentosanas são os principais polissacarídeos não provenientes do amido, encontradas em concentrações que variam de 1,5 a 2,5 %, desempenham um papel importante nas características reológicas da massa (características que estudam o comportamento

da massa). Isso ocorre, porque as pentosanas são altamente hidrofílicas, capazes de absorver cerca de dez vezes o seu peso em água, influenciam a formação da rede de glúten pela competição com a água, impactando no volume final do pão (JAEKEL, et.al., 2012).

O teste de capacidade de retenção de sacarose, utiliza uma solução com concentração de sacarose em água de 50% como solvente, tendo um pH neutro e favorecendo a hidratação das pentosanas pela solução (DUYVEJONCK *et al.*, 2011). As pentosanas possuem a capacidade de gelificação, e por terem alta capacidade de absorção de água, afetam as propriedades de gelificação do amido. Estas características limitam a quantidade de água necessária para o intumescimento dos grânulos de amido, e quando em concentrações mais elevadas, podem interagir com as proteínas, de modo a bloquearem sua agregação na rede visco elástica (PEDRO, 2005).

Diversos estudos têm demonstrado associações positivas entre a capacidade de retenção de sacarose com características relacionadas a qualidade em trigo. Neste sentido HRSKOVA *et al.* (2012) avaliando trigos da República Tcheca, observaram associação entre SUSRC e o número de queda (NQ). Além disso, PASHA *et al.* (2009), avaliando os valores de capacidade de retenção de solventes e as características de qualidade de biscoitos, observaram que a SUSRC apresentou relação direta com o diâmetro do biscoito., MOIRAGHI *et al.* (2011) relatam que a SUSRC é um bom preditor de várias características associadas a produção de biscoitos, incluindo a altura, diâmetro e volume do produto final.

#### 3.6.4 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁCIDO LÁTICO – LASRC

A Capacidade de retenção de ácido lático está associada com a formação da rede de gluteninas e a força de glúten da farinha. Isso ocorre, em função do pH inferior a 7,0 favorecer o inchaço e a formação de polímeros de glúten em relação aos polissacarídeos (SLADE; LEVINE, 1994; GAINES, 2000). Alguns autores têm relatado, que os valores de LASRC são positivamente associados com a absorção de água da farinha (KWEON *et.al.*, 2011).

Em estudo realizado por KATYAL *et al.* (2016), avaliando 28 cultivares de trigo da Índia, foi observado que a LASRC estava positivamente associada com o conteúdo de proteína do trigo. Da mesma forma, PASHA *et al.* (2009) obtiveram relação entre a CRS com as características de biscoitos, como o diâmetro e a espessura. Neste sentido, os resultados obtidos permitem constatar que este teste também pode ser utilizado na avaliação e seleção de genótipos de trigo superiores para qualidade de panificação, em programas de melhoramento genético.

### 3.7 COR

A cor da farinha é afetada por muitas variáveis, tais como o genótipo, processo de moagem (grau de extração, condicionamento do trigo antes da moagem, tamanho de partículas e teor de cinzas), estocagem da farinha, entre outros. Condições climáticas da colheita do trigo, bem como, o local de cultivo, também podem afetar a cor da farinha. Segundo ORTOLA (2006), os genótipos exercem forte influência nas concentrações de minerais, pigmentos e atividade enzimática dos grãos, o que resulta em mudanças especialmente na cor dos produtos fabricados a partir deste cereal. Neste sentido, Silva (2003) destaca que a variação de cor depende do conteúdo de pigmentos carotenoides e da atividade enzimática. Assim, a avaliação da cor do produto final é desejável.

Dentre as diferentes formas de avaliação da cor da farinha, pode-se citar a luminosidade, que determina a oxidação dos pigmentos carotenoides pelo complexo que promove o branqueamento (enzima lipoxigenase), ou ainda, as partículas de farelo, indicando o desempenho da moagem (POMERANZ, 1998).

Assim, a avaliação da cor da farinha, bem como, dos demais parâmetros indicativos de qualidade são importantes, pois são de baixo custo, simples de serem implementados e demandam 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).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Foram avaliados 24 genótipos de trigo desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético da UTFPR, *Campus* Pato Branco. Dentre os genótipos testados, 19 genótipos em ensaios de VCU1 e 3 testemunhas, e 5 genótipos em ensaios de VCU2 e 2 testemunhas (Tabela 02). Os ensaios foram conduzidos na safra agrícola de 2017, em 3 locais para VCU 1 (Renascença – PR, Itapejara – PR e Clevelândia – PR) e 5 locais para VCU 2 (Renascença – PR, Itapejara – PR e Clevelândia – PR, Pato – Branco PR e Campos Novos – SC) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Latitude, longitude e altitude dos locais de condução do experimento na safra agrícola 2017/2018. UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.

Local	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Campos Novos	27,06 S	51,30 W	934
Clevelândia	26,45 S	52,15 W	967
Itapejara	25,55 S	52,59 W	670
Pato Branco	26,43 S	52,14 W	761
Renascença	26,29 S	52,08 W	688

**Tabela 2** – Genótipos utilizados no experimento. UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.

Linhagens VCU1	Linhagens VCU2	Testemunhas VCU1 e VCU2 <sup>1</sup>
UTFT 15 0090	UTFT 140542	TBIO Sossego
UTFT 15 0100	UTFT 141620	TBIO Mestre
UTFT 15 0138	UTFT 141457	TBIO Iguaçu
UTFT 15 0313	UTFT 141506	TBIO Tibagi
UTFT 15 0443	UTFT 141463	
UTFT 15 0515		
UTFT 15 0518		
UTFT 15 0521		
UTFT 15 0764		
UTFT 15 0776		
UTFT 15 0786		
UTFT 15 0849		
UTFT 15 0895		
UTFT 14 0481		
UTFT 14 1405		
UTFT 14 1447		
UTFT 14 1489		
UTFT 14 1602		
UTFT 14 1691		

<sup>1</sup> cultivares comerciais da empresa Biotrigo Genética Ltda.

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com 3 repetições. Cada parcela foi constituída de 6 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20 m, perfazendo área de 6 m<sup>2</sup>. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise de solo, e os tratos culturais para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (RCBPTT, 2017).

## 4.2 AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS

Os caracteres agronômicos avaliados foram: rendimento de grãos (RG) foi obtido por meio da colheita da parcela, após trilha e pesagem, a umidade dos grãos foi corrigida para 13%, e convertido para kg ha<sup>-1</sup>; peso hectolitro (PH) determinou-se a massa de grãos em 250 ml, por pesagem em balança de precisão, e expressa em kg hL<sup>-1</sup>.

## 4.3 AVALIAÇÕES DA QUALIDADE INDUSTRIAL

### 4.3.1 Sedimentação em Dodecil Sulfato de Sódio (SDS)

A análise de SDS foi realizada de acordo com o método descrito por PEÑA *et al.* (1990), o qual utiliza os seguintes reagentes:

- Reagente 1:

Solução de azul de bromofenol: 10 mg/L de água destilada. Azul de bromofenol (bromophenol blue – Sigma B 0126. PM = 670,0 / Nuclear 0620).

- Reagente 2:

Solução estoque de ácido láctico em água (1:8, v/v): 10 mL de ácido láctico 85% em 80 mL de água destilada. Ácido láctico 85% p/p. Sigma L1250, pureza ≈ 98%.

- Reagente 3:

Dodecil sulfato de sódio (laurilsulfato): 30 g de SDS em 1L de água destilada (solução 3%). Sodiumdodecil sulfate – Sigma L 5750, sal sódico ≈ 95%.

- Reagente 4:

Solução de trabalho ácido láctico – água + SDS: Trigo comum (*T. aestivum*) – sol. a 3%: 17 mL de reagente 2 + 480 mL de reagente 3.

Para a realização do teste, foram utilizadas provetas graduadas de 25 mL. Foram adicionados 1 g de farinha de trigo integral moída e 6 mL do reagente 1, que tem como função colorir a fase líquida e facilitar a leitura do volume sedimentado. Após a adição do reagente, a solução foi agitada rapidamente duas vezes por 10 segundos, sendo a primeira agitação realizada logo após a adição do reagente 1, e a segunda agitação 150 segundos após a primeira. Na sequência, a solução ficou em repouso por 120 segundos, e então foi adicionado 19 ml da solução de trabalho (reagente 4), agitando por mais 2 minutos. Após a agitação, as provetas foram mantidas em repouso por 14 minutos, e mediu-se o volume sedimentado com precisão de 0,5 mL.

#### 4.3.2 Capacidade de Retenção de Solventes (SRC – *Solvent Retention Capacity*)

A avaliação da Capacidade de Retenção de Solventes foi realizada no laboratório de Melhoramento Genético da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. Inicialmente, realizou-se a pesagem de 80 g de sementes de cada amostra (repetição), trituradas com moinho analítico modelo IKA A11 BS32, e padronizadas em peneira de malha 250 $\mu$ m até se obter aproximadamente 15 g de farinha de cada amostra. Posteriormente, separou-se uma grama de farinha de cada amostra, e adicionou-se em tubos falcon de 25 ml. Após a adição das amostras nos tubos, foi adicionado 5 mL dos respectivos solventes:

- Água deionizada, para avaliação da Capacidade de retenção de água (WSRC);
- Solução de ácido láctico em água – 5,0 g / 100 g, para a avaliação da Capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC);

Após a adição dos reagentes, os tubos foram agitados manualmente por alguns segundos, para suspender as partículas de farinha. Posteriormente, os tubos foram submetidos a centrifugação, a 3500 rpm por 15 minutos. Em seguida, os tubos foram mantidos em repouso por 20 minutos em temperatura ambiente, e então



o solvente foi drenado por mais 15 minutos. Por fim, o volume do tubo foi pesado, e os valores de capacidade de retenção (SRC) foram calculados para cada solvente individualmente, conforme a fórmula (1). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

$$(1) \text{ SRC (g / 100 g)} = ((\text{peso Drenado (g)}) / (\text{peso Inicial (g)} - 1) * (86 / (100 - \text{Umidade da farinha})) * 100$$

#### 4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos a análise da variância (ANOVA) conjunta, considerando o efeito de genótipos e de locais como fixos. Quando detectada diferenças significativas pelo teste F, realizou-se comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Posteriormente, foi avaliada a associação entre os diferentes métodos de determinação da qualidade industrial (LASRC, SUSRC, SCSRC, WSRC) com o rendimento de grãos, peso do hectolitro e sedimentação ao dodecil sulfato de sódio, a partir da análise de correlação de Pearson. As análises foram realizadas utilizando o software GENES (CRUZ, 2013).

A análise gráfica de genótipo ideal foi realizada com auxílio do software GGE biplot (YAN; HUNT, 2001), que considera a estabilidade dos genótipos associada à sua média de desempenho. Para esta análise, foram utilizados os seguintes parâmetros: Transform = 0 (sem transformação); Data Centering = 2 (foco no genótipo e interação genótipo x ambiente); Data Scaling = 2 (ponderado pelo desvio padrão e herdabilidade), e Singular Value Partitioning (svp = 1, foco no genótipo).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância (ANOVA) conjunta das características agrônômicas e de qualidade industrial, para os ensaios de VCU 1 (tabela 3) e VCU 2 (tabela 4), apresentou significância para o efeito de genótipos, ambientes, e interação genótipo x ambiente (IGA) para todos os caracteres avaliados, exceto para o pH para o efeito de ambientes. A presença de IGA significativa, indica mudança de classificação da farinha quando os genótipos foram submetidos a diferentes ambientes de cultivo. Os coeficientes de variação se mantiveram baixos, demonstrando boa eficiência experimental.

**Tabela 3** – Resumo da análise variância para rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC) e sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS) de ensaios de linhagens e cultivares de trigo em VCU1 avaliados em ensaio multi-ambientes. UTFPR, *Campus Pato Branco* – PR, 2019.

Fat. de Var.	GL	Quadrado Médio				
		RG	PH	LASRC	WSRC	SDS
Bloco	2	1967672	14	79	2.67	0.73
Gen.	21	1379954**	42**	816.6**	736**	33**
Amb.	2	66510162**	17ns	159*	280**	4.93*
Gen x Amb	42	793660**	5.77**	154**	110**	6.44**
Resíduo	126	49111	0.87	12	9.97	0.43
Total	197					
Média		3199	73	105	86	19
CV (%)		6.92	1.27	3.37	3.65	3.37

\*\* Significância para Teste F a 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente.

**Tabela 4** – Resumo da análise variância para rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH), capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC) e sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS) de ensaios de linhagens e cultivares de trigo em VCU2 avaliados em ensaio multi-ambientes. UTFPR, *Campus Pato Branco* – PR, 2019.

Fat. de Var.	GL	Quadrado Médio				
		RG	PH	LASRC	WSRC	SDS
Bloco	2	78510	2.58	9.31	48	0.11
Gen.	6	1680184**	25**	704**	1295**	153**
Amb.	4	30186149**	12ns	60**	76*	21**
Gen x Amb	24	730188**	5.36**	108**	85**	6.26**
Resíduo	60	83021	1.55	4.39	16	0.63
Total	104					
Média		2773	74	103	84	17
CV (%)		10	1.68	2.01	4.73	4.63

\*\* Significância para Teste F a 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente.

Para rendimento de grãos (RG) em VCU 1 (tabela 5) o ambiente de cultivo Itapejara (ITAP) apresentou os maiores valores. Neste ambiente, as linhagens UTFT 140481, UTFT 15786 e a testemunha TBIO Mestre tiveram maior rendimento de grãos, com 5422.0, 5167.0 e 5170.0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em contrapartida, a cultivar TBIO Sossego (2975.0 kg ha<sup>-1</sup>) e a linhagem UTFT 15443 (2810.0 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram as menores produtividades.

Em Renascença (REN) a testemunha TBIO Iguaçu se destacou, apresentando RG de 4468.0 kg ha<sup>-1</sup>, se diferenciando significativamente dos demais genótipos. O ambiente de Clevelândia (CLE) apresentou os menores valores para RG, exceto para a testemunha TBIO Iguaçu. Assim, a testemunha TBIO Iguaçu obteve bons rendimentos em ambos os locais, apresentando elevado desempenho e estabilidade fenotípica, seguido de TBIO Mestre e UTFT 140481 (figura 1-A). A cultivar TBIO Iguaçu foi desenvolvida para região de cultivo no Paraná, e demonstra sua adaptação a esses ambientes.

Em relação aos ensaios de VCU 2 (tabela 6), o ambiente de Itapejara também apresentou as maiores médias. As linhagens UTFT 141506 e UTFT 141620 tiveram maior RG, com 5613.0 e 5393.0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A linhagem UTFT 140542 foi a de menor produtividade (2659.0 kg ha<sup>-1</sup>). Nos ambientes de REN e CLE não houve diferença significativa.

Em Pato Branco (PB) a testemunha TBIO Tibagi foi a mais produtiva, com 2149 kg ha<sup>-1</sup>. Em Campos Novos (CMN) as linhagens UTFT 141620 (3023.0 kg ha<sup>-1</sup>), UTFT 141506 (2614.0 kg ha<sup>-1</sup>), UTFT 141463 (2526.0 kg ha<sup>-1</sup>), UTFT 141457 (2453.0 kg ha<sup>-1</sup>) e a testemunha TBIO Tibagi (2585.0 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram maior RG. Na análise de GGE, a testemunha TBIO Tibagi, seguida das linhagens UTFT 141506 e UTFT 141620 obtiveram as maiores médias de rendimento de grãos e mais próximos do genótipo ideal (figura 2-A). No entanto, as linhagens UTFT 141463 e UTFT 140542 estão mais distantes do eixo, sendo assim mais instáveis.

O caractere rendimento de grãos em VCU1 somente apresentou correlação significativa positiva de média magnitude ( $r=0,433$ ) com o peso do hectolitro (PH) (Tabela 9). O PH é a massa dividida por um volume conhecido. Esta associação é importante por indicar o PH como caráter a ser empregado de maneira

eficiente para seleção indireta visando o incremento no rendimento de grão (SILVA *et al.*, 2006).

**Tabela 5** – Médias para interação entre linhagens de trigo em VCU1 em diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Itapejara – ITAP; Clevelândia – CLE) para Rendimento de grãos (RG) e Peso do hectolitro (PH). UTFPR, *Campus Pato Branco* – PR, 2019.

GENÓTIPO	RG			PH		
	AMBIENTES			AMBIENTES		
	REN	ITAP	CLE	REN	ITAP	CLE
UTFT 15090	2872 cB	3500 eA	1958 eC	71 dB	73 cA	71 cB
UTFT 15100	3024 cB	4678 cA	2176 dC	71 dA	70 dA	69 dB
UTFT 15138	2702 cB	4355 cA	2189 dC	73 cB	76 aA	72 cB
UTFT 15313	3276 bB	4464 cA	2138 dC	73 cA	72 cA	71 cA
UTFT 15443	2810 cA	2810 fA	2338 cB	72 dA	72 cA	72 cA
UTFT 15515	3077 cB	4077 dA	1862 eC	74 cA	71 cB	73 cB
UTFT 15518	2965 cB	3718 dA	1815 eC	75 bA	71 cB	72 cB
UTFT 15521	3002 cB	4187 dA	1846 eC	75 bA	74 bA	72 cB
UTFT 15764	3055 cB	3994 dA	1367 fC	73 cA	71 dB	66 eC
UTFT 15776	2897 cB	4890 bA	1574 fC	73 cA	69 eB	72 cA
UTFT 15786	2905 cB	5167 aA	2068 dC	66 fA	67 fA	67 eA
UTFT 15849	2867 cB	4441 cA	2544 cB	74 cB	76 aA	75 bB
UTFT 15895	2659 cB	3547 eA	2655 cB	69 eB	70 dA	71 cA
UTFT 140481	3018 cB	5422 aA	2173 dC	76 aA	76 aA	74 bB
UTFT 141405	3366 bB	4241 dA	2482 cC	74 cA	74 bA	74 bA
UTFT 141447	2867 cB	4100 dA	2261 dC	73 cB	75 aA	72 cB
UTFT 141489	2973 cB	4567 cA	2511 cC	70 dB	74 bA	70 dB
UTFT 141602	3133 bB	4029 dA	1926 eC	72 dC	75 aA	73 bB
UTFT 141691	3325 bB	4958 bA	1913 eC	75 bA	75 aA	75 bA
TBIO SOSSEGO	2975 cA	2975 fA	2975 bA	74 cA	74 bA	74 bA
TBIO MESTRE	2873 cB	5170 aA	2873 bB	73 cA	72 cA	73 cA
TBIO IGUAÇU	4468 aA	4632 cA	4468 aA	77 aA	77 aA	77 aA

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente para Skott e Knott a 5% de probabilidade de erro.

O peso do hectolitro é um caractere que apresenta grande importância na comercialização do trigo, uma vez que os preços praticados consideram este parâmetro como indicativo de qualidade e rendimento na extração de farinha (Corrêa *et al.*, 2006). Para os ensaios em VCU 1, o PH dos diferentes genótipos variaram entre 66 e 77 kg hL-1 (Tabela 5). O ambiente de Itapejara foi o que apresentou os maiores valores. As linhagens UTFT 15138, UTFT 15849, UTFT 140481, UTFT 141447, UTFT 141602, UTFT 141691 e a cultivar TBIO Iguazu destacaram-se para esse caractere. A linhagem UTFT 15786 foi a de menor PH (67 kg hL-1).

**Tabela 6** – Médias para interação entre linhagens de trigo em VCU2 em diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Clevelândia – CLE; Pato Branco – PB; Campos Novos – CMN; Itapejara – ITP) para rendimento de grãos (RG), peso hectolitro (PH) e sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS). UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.

GENÓTIPOS	RG				
	AMBIENTES				
	REN	CLE	PB	CMN	ITP
UTFT 140542	2956aA	2338aB	923cC	2005bB	2659dA
UTFT 141457	2957aB	2449aC	994cD	2453aC	5026bA
UTFT 141620	3211aB	2045aC	1466bD	3023aB	5393aA
TBIO MESTRE	2979aB	2470aC	1400bD	2304bC	5144bA
TBIO TIBAGI	3226aB	2259aC	2149aC	2585aC	4796bA
UTFT 141463	3153aA	2222aB	855cC	2526aB	3619cA
UTFT 141506	2873aB	2819aB	1544bC	2614aB	5613aA
GENÓTIPOS	PH				
	AMBIENTES				
	REN	CLE	PB	CMN	ITP
UTFT 140542	74aB	73bB	76aA	75aA	75bA
UTFT 141457	73aA	72bA	74bA	74aA	73bA
UTFT 141620	75aA	73bB	77aA	75aA	76aA
TBIO MESTRE	73aB	73bB	75aA	73aB	72cB
TBIO TIBAGI	73aA	72bB	70cB	75aA	70cB
UTFT 141463	73aA	70bB	74bA	73aA	70cB
UTFT 141506	74aB	76aA	74bB	74aB	76aA
GENÓTIPOS	SDS				
	AMBIENTES				
	REN	CLE	PB	CMN	ITP
UTFT 140542	19bB	19bB	19aB	17cC	22aA
UTFT 141457	20aA	16dB	17cB	15dC	19bA
UTFT 141620	13cB	11eC	14eB	11eC	15cA
TBIO MESTRE	20aA	21aA	20aA	19bB	19bB
TBIO TIBAGI	12dB	11eB	13eA	11eB	13dA
UTFT 141463	18bB	18cB	18bB	22aA	22aA
UTFT 141506	18bB	17dC	15dD	18bB	20bA

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente para Skott e Knott a 5% de probabilidade de erro.

Em REN a testemunha TBIO Iguaçu e a linhagem UTFT 140481 apresentaram maior PH, com 77 e 76 kg hL<sup>-1</sup>, respectivamente. No ambiente de CLE a testemunha TBIO Iguaçu obteve PH de 77 kg hL<sup>-1</sup>, diferenciando-se estatisticamente dos demais genótipos. A cultivar TBIO Iguaçu apresentou maior média de PH em ambos os ambientes de cultivo, seguido pelas linhagens UTFT 140481 e UTFT 141691 (figura 1-B).

Em relação aos ensaios de VCU2 (tabela 6), em Renascença e Campos novos (CMN) não houve diferença significativa entre as linhagens. Em CLE

a linhagem UTFT 141506 apresentou o maior valor de peso do hectolitro (76 kg hL-1), diferenciando-se dos demais. Em Pato Branco (PB) a linhagem UTFT 141620 (77 kg hL-1) obteve maior PH, seguida de UTFT 140542 (76 kg hL-1) e TBIO Mestre (75 kg hL-1). Em Itapejara as linhagens UTFT 141620 (76 kg hL-1) e UTFT 141506 (76 kg hL-1) apresentaram as maiores médias. A linhagem UTFT 141620 superou estatisticamente os demais genótipos, seguido por UTFT 140542 e UTFT 141506 como mostra a figura 2-B de genótipo ideal.

A sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS) fornece estimativas de força de glúten. Segundo MANDARINO (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).

Para ensaio de VCU1, na média entre os locais, apenas as farinhas das linhagens UTFT15313, UTFT 15786, UTFT 141602, UTFT 141691 e a testemunha TBIO Sossego apresentaram volume de sedimentação abaixo de 18,5 mL, o que indica que a maioria dos genótipos possui boa característica para força de glúten. A linhagem UTFT 15100 apresentou os maiores valores de SDS nos ambientes de ITP e CLE, diferindo dos demais (tabela 7). Nesses ambientes, a linhagem se classificou com força de glúten muito forte (22,0 mL).

Em REN as linhagens com maior valor de SDS foram UTFT 15090, UTFT 15100, UTFT 15895, UTFT 140481, UTFT 141405, UTFT141489 e as testemunhas TBIO Mestre e TBIO Iguaçu, todas com força de glúten forte (21,0 mL), indicando que estas possuem potencial para panificação (PEÑA, 2000).

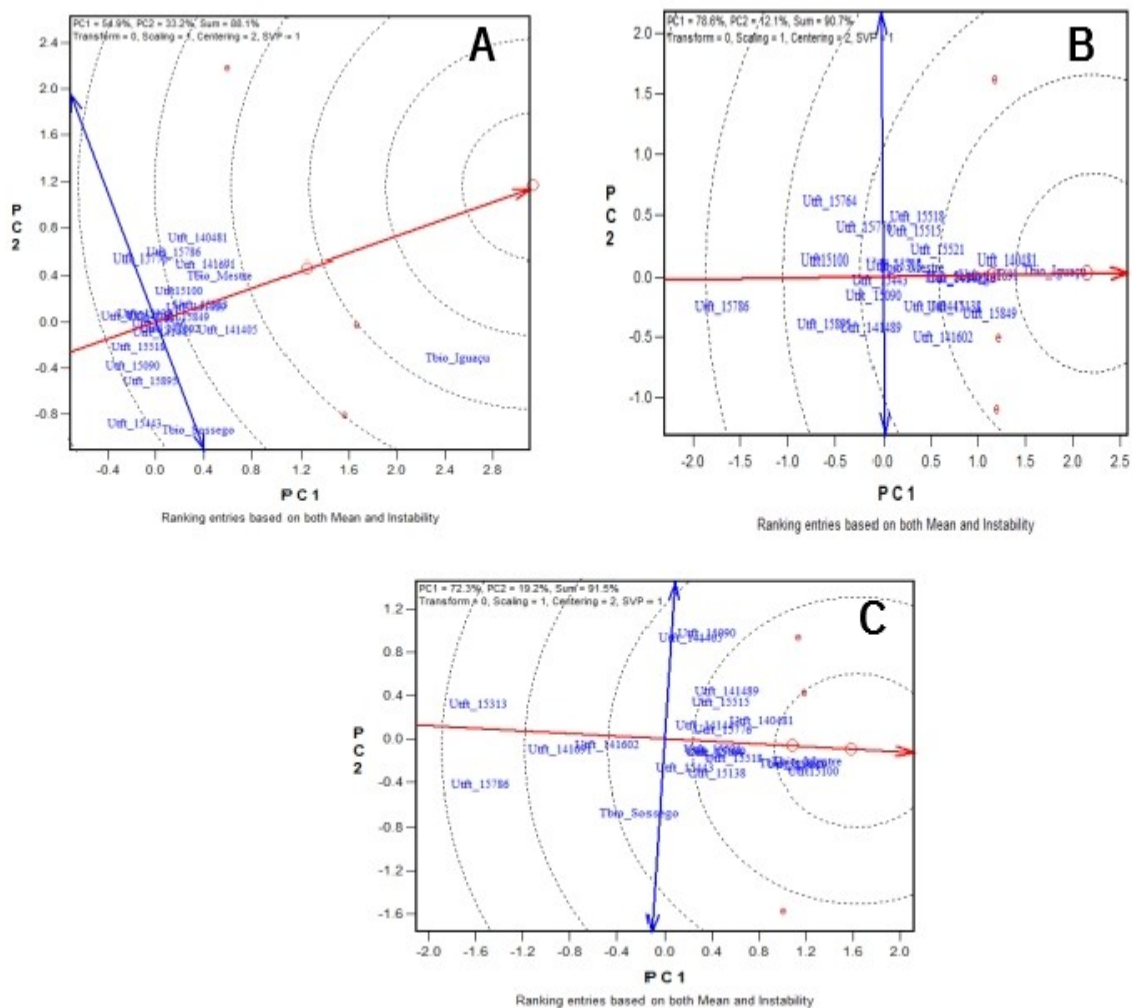
A partir da análise de genótipo ideal (figura 1-C), pode ser verificado que entre locais, o genótipo com melhor desempenho em SDS e boa estabilidade fenotípica é o TBIO Mestre, seguido de UTFT 15100 e UTFT 15895.

Quanto a sedimentação nos ensaios de VCU2 (tabela 6), os valores variaram entre 11 mL (fraca) e 22 mL (muito forte). A testemunha TBIO Mestre apresentou o maior valor de SDS nos locais de CLE e PB, com 21,0 e 20,0 mL, respectivamente. No ambiente de REN a linhagem UTFT 141457 (20,0 mL) e a testemunha TBIO Mestre (20,0 mL), apresentaram maior força de glúten. Em CMN a linhagem UTFT 141463 se destacou, diferenciando-se estatisticamente dos demais, apresentando um valor de SDS de 22 mL (muito forte). Em ITP as linhagens UTFT

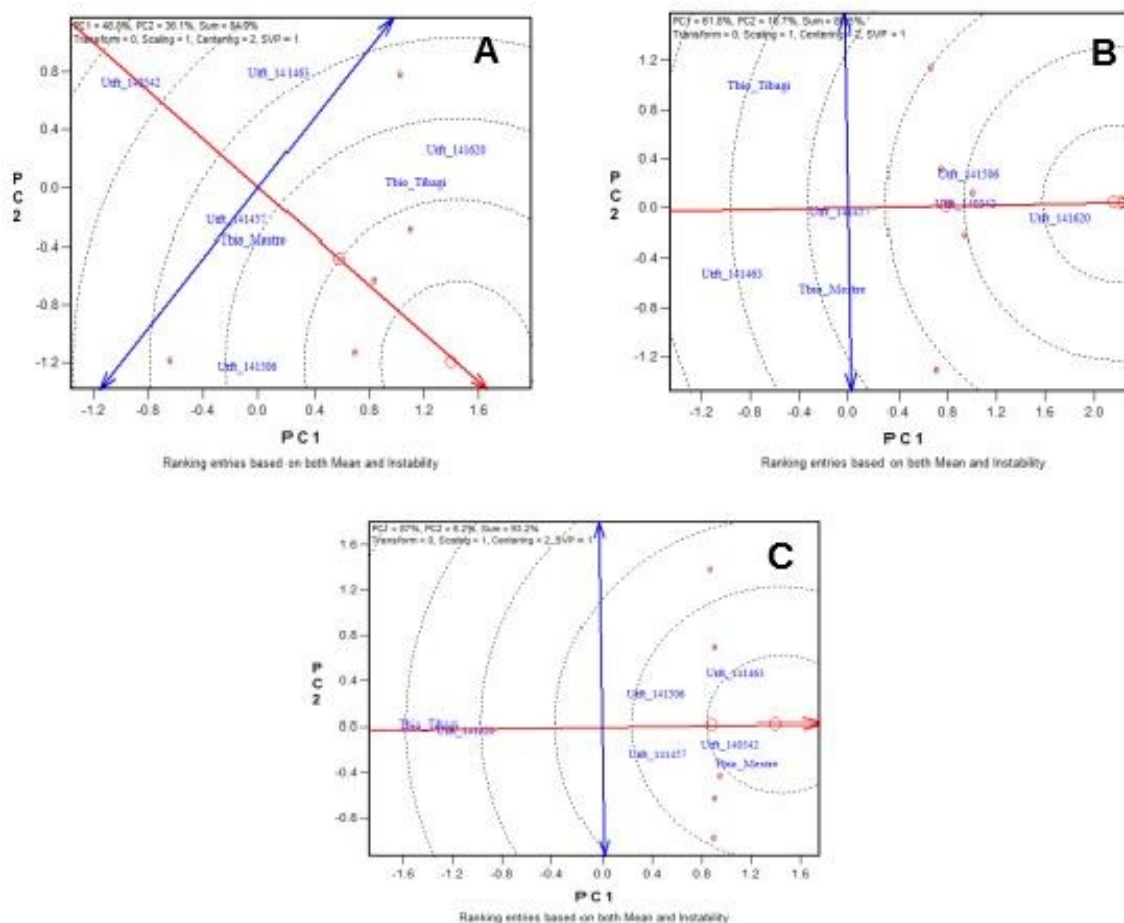
140542 e UTFT 141463 se destacaram, ambas com volume de 22 mL, indicando que são ideais para o processo de panificação.

As linhagens UTFT 141457 e UTFT 141506 apresentaram maior instabilidade para SDS quando cultivadas em diferentes ambientes. A cultivar TBIO Mestre foi a que mais se aproximou do genótipo ideal, seguida das linhagens UTFT 141463 e UTFT 140542 (figura 2-C). Segundo GRAYBOSCH *et al.* (1995), quanto maior o volume de SDS, há mais gluteninas de alto peso molecular e maior é a força de glúten da massa.

**Figura 1** – Classificação de genótipo ideal baseada nos diferentes ambientes de cultivo para rendimento de grãos (A), sedimentação dodecil sulfato de sódio (B) e peso do hectolitro (C) para ensaios de VCU 1.



**Figura 2** – Classificação de genótipo ideal baseada nos diferentes ambientes de cultivo para rendimento de grãos (A), sedimentação dodecil sulfato de sódio (B) e peso do hectolitro (C) para ensaios de VCU 2.



Os padrões de qualidade em trigo são influenciados pelo genótipo, pelo ambiente e por sua interação (GxA) (Williams *et al.*, 2008). Todas as características de qualidade estudadas apresentaram interação GxA significativa, corroborando com outros estudos (MA; STUTZEL, 2014; GUZMÁN *et al.*, 2016). A capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC) é utilizado como um indicativo para o teor de gluteninas, proteína responsável pela força de glúten e elasticidade da massa. As gluteninas são a fração proteica que exerce maior influência na qualidade do pão, com importância na quantidade e qualidade das proteínas (PELEGRIN *et al.*, 2016). Em relação ao LASRC para os ensaios de VCU 1, foi observada variação entre 71 g / 100 g a 125 g / 100 g, demonstrando que houve variabilidade entre os genótipos.

Em REN as linhagens UTFT 15786 e UTFT 141405 apresentaram melhor desempenho em LASRC, sendo indicativo de maior teor de gluteninas. No ambiente de ITAP os maiores valores foram das linhagens UTFT 15100, UTFT



15786, UTFT 15849, UTFT 15895, UTFT 140481, UTFT 141405, UTFT 141489 e a testemunha TBIO Mestre. Em CLE a linhagem UTFT 15786 se destacou, diferenciando-se estatisticamente dos demais.

**Tabela 7** – Médias para interação entre linhagens de trigo em VCU1 em diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Itapejara – ITAP; Clevelândia – CLE) para Capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC) e Sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS). UTFPR, *Campus Pato Branco* – PR, 2019.

GENÓTIPO	LASRC			WSRC			SDS		
	AMBIENTES			AMBIENTES			AMBIENTES		
	REN	ITAP	CLE	REN	ITP	CLV	REN	ITP	CLV
UTFT 15090	109 cA	109 bA	104 cA	79 dB	79 dB	90 cA	21 aA	21 aA	16 eB
UTFT 15100	110 cB	117 aA	105 cB	83 cC	92 bB	103 aA	21 aA	22 aA	22 aA
UTFT 15138	112 cA	105 bB	105 cB	73 eA	75 eA	75 eA	19 dB	20 bA	20 bA
UTFT 15313	98 dB	109 bA	109 cA	76 dA	79 dA	79 dA	15 eA	15 cA	14 fA
UTFT 15443	102 dA	102 cA	106 cA	96 bA	96 bA	95 bA	18 dB	19 bA	19 bA
UTFT 15515	95 eB	107 bA	108 cA	87 cB	98 bA	97 bA	20 bA	21 aA	18 cB
UTFT 15518	85 fB	85 eB	95eA	90 cA	90 cA	87 cA	20 bA	20 bA	20 bA
UTFT 15521	92 eB	111 bA	95 eB	84 cB	93 bA	88 cB	19 dB	21 aA	19 bB
UTFT 15764	106 cA	106 bA	106 cA	87 cA	87 cA	87 cA	20 cA	20 bA	20 bA
UTFT 15776	93 eA	89 eA	89 eA	63 fB	92 bA	89 cA	19 cB	21 aA	19 bB
UTFT 15786	123 aA	115 aB	125 aA	71 eC	77 dB	89 cA	14 eB	13 dB	17 dA
UTFT 15849	117 bA	113 aA	101 dB	82 dB	85 dB	91 cA	20 bA	19 bB	20 bA
UTFT 15895	119 bA	119 aA	119 bA	81 dA	81 dA	81 dA	21 aA	21 aA	21 aA
UTFT 140481	119 bA	119 aA	110 cB	94 bA	94 bA	93 cA	21 aA	21 aA	19 bB
UTFT 141405	124 aA	124 aA	101 dB	68 eB	68 fB	74 eA	21 aA	21 aA	16 eB
UTFT 141447	94 eB	71 fC	101 dA	80 dB	86 cA	82 dB	19 cB	20 bA	19 bB
UTFT 141489	109 cB	118 aA	96 eC	87 cA	81 dB	77 eB	21 aA	20 bA	18 cB
UTFT 141602	92 eA	96 dA	97 eA	86 cA	89 cA	91 cA	19 dA	15 cB	18 cA
UTFT 141691	114 cA	102 cB	98 eB	69 eA	72 eA	75 eA	18 dA	13 dB	17 dA
TBIO SOSSEGO	100 dA	97 dA	97 eA	95 bA	93 bA	93 cA	15 eB	19 bA	19 bA
TBIO MESTRE	118 bA	118 aA	101 dB	119 aA	119 aA	93 cB	21 aA	21 aA	21 aA
TBIO IGUAÇU	95 eA	95 dA	95 eA	88 cA	88 cA	88 cA	21 aA	21 aA	21 aA

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente para Skott e Knott a 5% de probabilidade de erro.

Estudo realizado por PIKE e MACRITCHIE (2004) demonstraram que farinhas com valores com LASRC maiores que 100 g / 100 g podem ser adequadas para a fabricação de pães. Nesse sentido, a linhagem UTFT 15786, seguido de

UTFT 15895 e UTFT 140481 apresentaram valores acima de 100 g / 100 g em todos os ambientes, possuindo, portanto, aptidão adequada para fabricação de pães (figura 3 – A).

Segundo Gaines (2000), a farinha de trigo com valores de LASRC  $\geq 87$  e  $\leq 100$  g / 100 g é adequada para a fabricação de biscoitos, pois correspondem a uma força de glúten mais fraca, ideais para fabricação deste produto final (GUTTIERI *et al.*, 2001). As linhagens UTFT 15518, UTFT 141602, UTFT 141447 e a testemunha TBIO Iguaçu, apresentam, em todos os ambientes, valores de LASRC  $\geq 87$  e  $\leq 100$  g / 100 g, possuindo assim, farinhas adequadas para produção de biscoito.

Em relação aos ensaios de VCU 2 (tabela 8), a LASRC variou entre 88 e 122 g / 100 g. A linhagem UTFT 141463 apresentou as maiores médias de LASRC em todos os ambientes de cultivo, seguida pela testemunha TBIO Tibagi nos ambientes de CLE e ITP, indicativo que possuem aptidão adequada para panificação (figura 4 – A). A linhagem UTFT 141620 apresentou valores de LASRC  $\geq 87$  e  $\leq 100$  g / 100 g nos ambientes de CLE, PB, CMN e ITP (92, 95, 88 e 88 g / 100 g, respectivamente), sendo adequada para a fabricação de biscoitos.

Foi observada correlação significativa negativa e de forte magnitude entre LASRC x PH (-0.8743) (tabela 10). O peso do hectolitro é influenciado por uniformidade, forma, densidade e tamanho do grão e pelo teor de matérias estranhas e grãos quebrados na amostra, servindo também como indicativo da sanidade do grão (MIRANDA *et al.*, 2009). Contudo, também é fortemente influenciado por fatores ambientais. Em oposição ao que se observou nesse trabalho, de maneira geral tem sido relatado que não há correlação significativa entre parâmetros de qualidade tecnológica e PH (SCHMITID *et al.*, 2009; SUMAR *et al.*, 2012). Dessa forma, mesmo que o efeito de LASRC tenha se apresentado significativo sobre PH, este não será considerado um parâmetro preditivo para as características de panificação.

A capacidade de retenção utilizando o solvente água (WSRC), está associada a capacidade de absorção de água pela farinha de trigo, sendo de suma importância no desenvolvimento das propriedades viscoelásticas da massa e no rendimento da produção de pães (GARCIA-SANTAMARIA; HUA; SNELLER, 2018).

Do ponto de vista tecnológico, a água proporciona a união das proteínas que dão origem ao glúten, controla a consistência da massa, dissolve os sais e hidrata o amido, deixando-o mais digerível e fornece meio propício ao desenvolvimento da atividade enzimática (QUEJI; SCHEMIN; TRINDADE, 2006).

**Tabela 8** – Médias para interação entre linhagens de trigo em VCU2 em diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Clevelândia – CLE; Pato Branco – PB; Campos Novos – CMN; Itapejara – ITP) para Capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), e Capacidade de retenção de água (WSRC). UTFPR, *Campus* Pato Branco – PR, 2019.

GENÓTIPOS	LASRC				
	AMBIENTES				
	REN	CLE	PB	CMN	ITP
UTFT 140542	102cA	102bA	102cA	100cA	103bA
UTFT 141457	106bA	104bA	107bA	104bA	90cB
UTFT 141620	103cA	92cB	95dB	88eC	88cC
TBIO MESTRE	103cA	103bA	96dB	105bA	105bA
TBIO TIBAGI	108bB	110aB	106bB	95dC	122aA
UTFT 141463	112aB	112aB	112aB	120aA	120aA
UTFT 141506	101cB	101bB	106bA	93dC	107bA
GENÓTIPOS	WSRC				
	AMBIENTES				
	REN	CLE	PB	CMN	ITP
UTFT 140542	98aA	98aA	98aA	91aB	89bB
UTFT 141457	79cB	76bB	86bA	75cB	73cB
UTFT 141620	101aA	80bB	78cB	81bB	80cB
TBIO MESTRE	93bA	93aA	86bB	97aA	97aA
TBIO TIBAGI	68dA	72bA	73cA	73cA	76cA
UTFT 141463	77cA	77bA	77cA	73cA	73cA
UTFT 141506	92bA	92aA	97aA	93aA	85bB

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente para Skott e Knott a 5% de probabilidade de erro.

Na tabela 7 constam as médias dos genótipos nos ambientes de ensaios de VCU 1. Em relação ao caractere WSRC, os valores variaram entre 63 (UTFT 15776 em REN) à 119 g / 100 g (TBIO Mestre em REN e ITP). A testemunha TBIO Mestre, apresentou maior absorção de água nos ambientes de REN e ITP. No ambiente de CLV a linhagem UTFT 15100 se destacou, com 103 g / 100 g.

Segundo GAINES (2000) os genótipos com WSRC  $\leq$  51 g / 100 g são ideais para a produção de biscoito. Dentre os genótipos avaliados, todos apresentaram valores superior a absorção de água, o que é desejável na fabricação



linhagens UTFT 140542, UTFT 141506 e a testemunha TBIO Mestre apresentam maior WSRC. Em PB as linhagens UTFT 140542 e UTFT 141506 se destacaram. No ambiente de CMN a maior absorção de água foi entre as linhagens UTFT 140542, UTFT 141506 e a testemunha TBIO Mestre. Em ITP a testemunha TBIO Mestre foi a única com maior WSRC. Portanto, as linhagens UTFT 140542, UTFT 141506 e a cultivar TBIO Mestre podem ser utilizadas na fabricação de pães com base na classificação de WSRC (figura 4 – B).

**Tabela 9** – Correlação fenotípica de Person entre os caracteres capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC), sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS), rendimento de grãos (RG) e peso do hectolitro (PH) para linhagens e cultivares de trigo em VCU1 nos ambientes de Renascença – PR, Itapejara – PR e Clevelândia – PR. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2019.

	LASRC	WSRC	SDS	RG
LASRC	-			
WSRC	-0.0954 <sup>ns</sup>	-		
SDS	-0.031 <sup>ns</sup>	0.44*	-	
RG	0.1227 <sup>ns</sup>	0.0252 <sup>ns</sup>	0.114 <sup>ns</sup>	-
PH	-0.3365 <sup>ns</sup>	0.0259 <sup>ns</sup>	0.1925 <sup>ns</sup>	0.4233*

\*\* Significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro, pelo teste t, respectivamente.

<sup>ns</sup> Não significativo.

**Tabela 10** – Correlação fenotípica de Person entre os caracteres capacidade de retenção de ácido láctico (LASRC), capacidade de retenção de água (WSRC), sedimentação ao dodecil sulfato de sódio (SDS), rendimento de grãos (RG) e peso do hectolitro (PH) para linhagens e cultivares de trigo em VCU2 nos ambientes de Renascença – PR, Clevelândia – PR, Pato Branco-PR, Campos Novos – SC e Itapejara – PR. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2019.

	LASRC	WSRC	SDS	RG
LASRC	-			
WSRC	-0.5293 <sup>ns</sup>	-		
SDS	0.3016 <sup>ns</sup>	0.4879 <sup>ns</sup>	-	
RG	-0.3442 <sup>ns</sup>	-0.1678 <sup>ns</sup>	-0.6043 <sup>ns</sup>	-
PH	-0.8743*	0.6943 <sup>ns</sup>	-0.0431 <sup>ns</sup>	0.1012 <sup>ns</sup>

\*\* Significativo a 1 e 5% de probabilidade de erro, pelo teste t, respectivamente.

<sup>ns</sup> Não significativo.

Foi observada correlação positiva e significativa, de média magnitude, entre WSRC x SDS (0.44) (tabela 9). Essa correlação pode ser explicada pelo fato de a WSRC estar relacionada com a capacidade de absorção de água pelos constituintes da farinha (glúten, amido danificado e pentosanas) (KWEON *et al.*, 2011). O SDS está relacionado diretamente com a força de glúten (W) e qualidade

da proteína. Desta forma, as proteínas gliadinas e gluteninas, associadas a água, acompanhado de grânulos de amido e sob agitação mecânica, formam uma rede proteína que retém o CO<sub>2</sub> produzido no processo fermentativo, denominada glúten, que confere capacidade de absorção, coesividade, viscosidade e elasticidade da massa (WIESER, 2007). Quanto maior a WSRC melhor a qualidade da massa panificável.

## 6 CONCLUSÕES

As características agronômicas e de qualidade tecnológica industrial são influenciadas pela interação GxA.

As linhagens dos ensaios de VCU1: UTFT 15100 e UTFT 15895; e em VCU2: UTFT 141463 e UTFT 140542; se mostraram superiores para o teste de SDS.

As linhagens dos ensaios de VCU 1 UTFT 15786, UTFT 15895 e UTFT 140481 e do ensaio de VCU 2 UTFT 141463 e UTFT 141457 evidenciaram excelente desempenho em LASRC. Adicionalmente, as linhagens do ensaio de VCU 1 UTFT 15443 e UTFT 15515 e ensaio de VCU 2 UTFT 15100 e UTFT 15895 foram superiores para o teste de WSRC.

As linhagens UTFT 15895, UTFT 140481 (VCU1), UTFT 141463, UTFT 140542 e UTFT 141506 (VCU 2) apresentaram superioridade para mais de um caractere avaliado (RG, PH, SDS, LASRC e WSRC). Essas linhagens demonstraram alta média produtiva, bons índices de qualidade industrial e estabilidade. Desta forma, as linhagens possuem potencial de lançamento de cultivar.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo a Instrução normativa nº 38 de 30 de novembro de 2010, o trigo deve seguir critérios de identidade e qualidade da farinha, o qual têm evoluído continuamente em resposta aos avanços tecnológicos das indústrias. Os programas de Melhoramento genético buscam suprir essa demanda. Desta forma, é imprescindível a realização de testes visando a avaliação das características de qualidade industrial dos grãos e farinha de trigo.

As características avaliadas evidenciaram variabilidade genética entre o conjunto de linhagens do Programa de Melhoramento da UTFPR para rendimento de grãos e qualidade tecnológica industrial. A disponibilidade de linhagens com alta média produtiva e bons índices de qualidade industrial e estabilidade, evidencia o potencial dessas novas linhagens para futuras recomendações como novas cultivares para a Região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina.



## REFERÊNCIAS

ATWELL, WA. Wheat flour. Eagen press handbook series. **American Association of Cereal Chemists. St. Paul**, 2001.

BETTGE, AD *et al.* Adaptation of AACC method 56-11, solvent retention capacity, for use as an early generation selection tool for cultivar development. **Cereal Chemistry**, 79, n. 5, p. 670–674, 2002.

BLACKMAN, JA; GILL, AA. A comparison of some small-scale tests for bread-making quality used in wheat breeding. **The Journal of Agricultural Science**, v. 95, n. 1, p. 29–34, 1980.

BLUMENTHAL, C *et al.* Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. **Cereal chemistry**, 1995.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução normativa no 38, de 30 de novembro de 2010, 2010.

CARSON, Gordon R; EDWARDS, Nancy M *et al.* Criteria of wheat and flour quality. **Wheat: chemistry and technology**, n. Ed. 4, p. 97–118, 2009.

CLARKE, FR *et al.* Gluten index compared with sds-sedimentation volume for early generation selection for gluten strength in durum wheat. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 90, n. 1, p. 1–11, 2010.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. [S.l.]: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>>, 2018.

CORRÊA, Paulo C *et al.* Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 665–670, 2006.

COSTA, Mariana Souza. Avaliação da qualidade industrial de linhagens de trigo por meio de métodos físico-químicos, reológicos e de panificação. 2013.

CRUZ, Cosme Damião. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 35, n. 3, p. 271–276, 2013.

DENČIĆ, SRBISLAV; MLADENOV, NOVICA; KOBILJSKI, BORISLAV. Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. **International Journal of Plant Production**, v. 5, n. 1, p. 71–82, 2012.

DUYVEJONCK, Annelies E *et al.* Relative contribution of wheat flour constituents to solvent retention capacity profiles of european wheats. **Journal of Cereal Science**, v. 53, n. 3, p. 312–318, 2011.

FAVARATO, Luiz Fernando *et al.* Adubação nitrogenada e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Bragantia**, v. 71, n. 1, 2012.

GAINES, Charles. Collaborative study of methods for solvent retention capacity profiles (aacc method 56-11). **Cereal Foods World**, v. 45, n. 7, p. 303–306, 2000.

GARCIA-SANTAMARIA, Gioconda; HUA, Duc; SNELLER, Clay. Quantitative trait loci associated with soft wheat quality in a cross of good by moderate quality parents. **PeerJ**, v. 6, p. e4498, 2018.

GERMANI, Rogério. Características dos grãos e farinhas de trigo e avaliações de suas qualidades. **Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro. 56p**, 2008.

GRAYBOSCH, Robert A *et al.* Environmental modification of hard red winter wheat flour protein composition. **Journal of Cereal Science**, v. 22, n. 1, p. 45–51, 1995.

GUARIENTI, Eliane Maria. Qualidade industrial de trigo. **Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)**, 1996.

GUPTA, RB; BATEY, IL; MACRITCHIE, F. Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. **Cereal Chem**, v. 69, n. 2, p. 125–131, 1992.

GUTTIERI, Mary J *et al.* Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. **Crop Science**, v. 41, n. 2, p. 327–335, 2001.

GUZMÁN, Carlos *et al.* 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.

HADDAD, Y *et al.* Rheological behaviour of wheat endosperm—proposal for classification based on the rheological characteristics of endosperm test samples. **Journal of cereal Science**, v. 34, n. 1, p. 105–113, 2001.

HRUŠKOVÁ, Marie; ŠVEC, Ivan; KARAS, Jan. Solvent retention capacity values in relation to the czech commercial wheat quality. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 11, p. 2421–2428, 2012.

HRUŠKOVÁ, Marie; ŠVEC, Ivan. Wheat hardness in relation to other quality factors. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 27, n. 4, p. 240–248, 2009.

IBGE. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola**. [S.l.]: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=destaques>>, 2018.

INTERNATIONAL tenth ed. AACC (Ed.). **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, MN, USA, 2000.

JAEKEL, Leandra Zafalon *et al.* Influence of xylanase addition on the characteristics of loaf bread prepared with white flour or whole grain wheat flour. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 4, p. 844–849, 2012.

JENNER, CF. Starch synthesis in the kernel of wheat under high temperature conditions. **Functional Plant Biology**, v. 21, n. 6, p. 791–806, 1994.

KATYAL, Mehak *et al.* Diversity in quality traits amongst indian wheat varieties i: flour and protein characteristics. **Food chemistry**, v. 194, p. 337–344, 2016.

KWEON, Meera; SLADE, Louise; LEVINE, Harry. 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, Juan *et al.* 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.

MA, Donghui; STÜTZEL, Hartmut. 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, JMG. Aspectos importantes para a qualidade do trigo. 1993.

MCDONALD, GK; SUTTON, BG; ELLISON, FW. The effect of time of sowing on the grain yield of irrigated wheat in the namoi valley, new south wales. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 34, n. 3, p. 229–240, 1983.

MÓDENES, Aparecido Nivaldo; SILVA, AM da; TRIGUEROS, Daniela Estelita Goes. Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 508–512, 2009.

MOIRAGHI, Malena *et al.* Relationship between soft wheat flour physicochemical composition and cookie-making performance. **Cereal Chemistry**, v. 88, n. 2, p. 130–136, 2011.

MOONEN, Johannes HE; SCHEEPSTRA, Auke; GRAVELAND, Aris. Use of the sds-sedimentation test and sds-polyacrylamidegel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat for bread-making quality. **Euphytica**, v. 31, n. 3, p. 677–690, 1982.

ORTOLAN, Fernanda. Genótipos de trigo do paraná—safra 2004: Caracterização e fatores relacionados à alteração de cor de farinha. 2006.

PARO, Patricia *et al.* Associação de gluteninas de alta massa molecular e qualidade de panificação em trigo: análise de proteínas e marcadores moleculares. 2011.

PASHA, Imran; ANJUM, Faqir M; BUTT, MS. 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, Dora. M.J.S. **Influência das pentosanas nas propriedades funcionais do glúten e amido de trigo**. Monografia (Monografia (Tese de doutorado)) — Universidade de Aveiro, 2005.

PELEGRIN, A. J. *et al.* 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, p. 4389–4394, 2016.

PEÑA, R J *et al.* Variation in quality characteristics associated with some spring 1b/1r translocation wheats. **Journal of cereal science**, v. 12, n. 2, p. 105–112, 1990.

Peña, RJ and others. Durum wheat for pasta and bread-making. comparison of methods used in breeding to determine gluten quality-related parameters. **Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, Serie A: Séminaires Méditerranéennes**, n. 40, p. 423–430, 2000.

POMERANZ, Y. Wheat: Chemistry and technology. **American Association of Cereal Chemists**, n. 3, p. 407–456, 1988.

PORTER, John R; GAWITH, Megan. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. **European journal of agronomy**, v. 10, n. 1, p. 23–36, 1999.

PRESTON, KR *et al.* Effects of frost and immaturity on the quality of a canadian hard red spring wheat. **Cereal Chem**, v. 68, n. 2, p. 133–138, 1991.

QUEJI, Mary de F Dias; SCHEMIN, MH; TRINDADE, JLF. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. uepg. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 12, p. 21–29, 2006.

RAM, Sewa *et al.* 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.

RCBPTT. **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2012**. Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale., 2011.

SCHEUER, P. M. *et al.* Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211–222, 2011.

SCHMIDT, D. A. M. *et al.* Variabilidade genética em trigos brasileiros a partir de caracteres componentes da qualidade industrial e produção de grãos. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 43–52, 2009.

SILVA, C. L. **Caracterização de Genótipos Brasileiros de Trigo para Eficiência de uso do Nitrogênio e Qualidade Industrial em Multi-Ambientes**. Monografia (Monografia (Dissertação)) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

SILVA, J. A. G. DA. *et al.* Correlação de acamamento com rendimento de grãos e outros caracteres de interesse agrônômico em plantas de trigo. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, 2006.

SILVA, R. C. **Qualidade tecnológica e estabilidade oxidativa de farinha de trigo e fubá irradiados**. Monografia (Monografia (Dissertação (Mestrado em Ciências))) — Universidade de São Paulo, 2003.

SILVA, Simone Alves *et al.* Composição de subunidades de gluteninas de alto peso molecular (hmw) em trigos portadores do caráter “stay-green”. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 679–683, 2004.

SLADE, Louise.; LEVINE, Harry. Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients. **The science of cookie and cracker production**, p. 23–141, 1994.

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

SURMA, M. *et al.* Effect of genotype, environment and their interaction on quality parameters of wheat breeding lines of diverse grain hardness. **Plant Production Science**, v. 15, n. 3, p. 192–203, 2012.

TÔSTO, Sérgio Gomes *et al.* Aspectos geoespaciais da produção de trigo. **Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite**, n. 106, p. 24, 2013.

USDA, United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production>>: [s.n.], 2018.

WARDLAW, I.F.; WRIGLEY, C.W. Heat tolerance in temperate cereals: an overview. **Aust. J. Plant Physiol**, n. 21, p. 695–703, 1994.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, v. 24, n. 2, p. 115–1119, 2007.

WILLIAMS, R.M. *et al.* The influences of genotype, environment, and genotype environment interaction on wheat quality. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 95, n. 59, p. 111, 2008.

YAN, Weikai.; HUNT, L.A. Interpretation of genotype x environment interaction for winter wheat yield in ontario. **Crop Sci**, n. 41, p. 19–25, 2001.

ZHANG, Li-li *et al.* Study on the quality of nils of wheat. **Agricultural Sciences in China**, n. 7, p. 140–147, 2008.

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A – Classificação em Tipos do trigo (<i>T. aestivum</i>) do Grupo 1, destinados diretamente à alimentação humana. Limites máximos de tolerância expresso em %/ peso.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO B – Classificação em Classes do trigo (<i>T. aestivum</i>) do Grupo 2, destinado à moagem e outras finalidades.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO C – Classificação em Tipos do trigo (<i>T. aestivum</i> e <i>T. durum</i>) do Grupo 2, destinados à moagem e outras finalidades.....</b>	<b>56</b>

**ANEXOS**

**ANEXO A** – Classificação em Tipos do trigo (*T. aestivum*) do Grupo 1, destinados diretamente à alimentação humana. Limites máximos de tolerância expresso em %/ peso.

TIPOS	Matérias Estranhas e Impurezas	Danificados por Insetos	Danificados pelo Calor, Mofados e Ardidos	Chochos, Triguilhos e Quebrados
1	0,30	0,30	0,10	0,75
2	0,50	0,70	0,20	1,50
3	0,70	1,00	0,50	2,50
Fora de tipo	1,50	2,00	1,00	5,00

Fonte: MAPA (2010).



**ANEXO B** – Classificação em Classes do trigo (*T. aestivum*) do Grupo 2, destinado à moagem e outras finalidades.

Classes	Força de Glúten (Valor mínimo expresso em $10^{-4}$ J)	Estabilidade (Tempo expresso em minutos)	Número de Queda (Valor mínimo expresso em segundos)
Melhorador	300	14	250
Pão	220	10	220
Doméstico	160	6	220
Básico	100	3	200
Outros usos	Qualquer	Qualquer	Qualquer

Fonte: MAPA (2010).

**ANEXO C** – Classificação em Tipos do trigo (*T. aestivum* e *T. durum*) do Grupo 2, destinados à moagem e outras finalidades.

Tipos	Peso do Hectolitro (Valor mínimo expresso em Kg hl <sup>-1</sup> )	Matérias Estranhas e Impurezas (% máximo)	Danificados por Insetos (% máximo)	Danificados pelo Calor, Mofados e Ardidos (% máximo)	Chochos, Triguilhos e Quebrados (% máximo)	Total de Defeitos (% máximo)
1	78	1,00	1,50	0,50	1,50	2,50
2	75	1,50	1,00	1,00	2,50	3,00
3	72	2,00	2,00	2,00	5,00	7,00
Fora de tipo	Menor que 72	Maior que 2,00	Maior que 2,00	10	Maior que 5,00	Maior que 7,00

Fonte: MAPA (2010).