

<https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2018>

## Seleção de linhagens de trigo do Programa de Melhoramento Genético da UTFPR em ensaios multi-ambientes

### Selection of wheat strains of the UTFPR Genetic Improvement Program in multi-environment trials

Ana Claudia Rosa

[pbanacaudia@hotmail.com](mailto:pbanacaudia@hotmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Lucas Vinicius Dallacorte

[Lucasv.dallacorte@gmail.com](mailto:Lucasv.dallacorte@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Tatieli Simionatto

[TatieliSimionatto@hotmail.com](mailto:TatieliSimionatto@hotmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Maiara Cecília Panho

[maiarapanho@alunos.utfpr.edu.br](mailto:maiarapanho@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Giovani Benin

[benin@utfpr.edu.br](mailto:benin@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

#### RESUMO

O objetivo desse estudo foi identificar linhagens de trigo superiores em caracteres agronômicos e de qualidade industrial, no Programa de Melhoramento Genético da UTFPR, para possível lançamento de cultivares. Seis linhagens de trigo e três testemunhas foram avaliadas em ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU2), na safra 2017/18, em três locais de cultivo. 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, teste de comparação de médias e à análise de adaptabilidade e estabilidade. Destacaram-se as linhagens UTFT 141463, UTFT 140542 e UTFT 141506 por evidenciarem superioridade nos caracteres agronômicos e de qualidade industrial, sendo estas candidatas para possível lançamento de cultivares mais adaptadas a região.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Triticum aestivum* L. Qualidade de Panificação. Interação genótipo-ambiente.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to identify superior wheat lines in agronomic traits and industrial quality, of Genetic Breeding Program of UTFPR, for the possible release of a cultivar. Six wheat lines and three witness were evaluated in Value for Cultivation and Use (VCU2), in the 2017/18 crop season in three environments. The evaluated traits were: grain yield, hectoliter weight, sedimentation in sodium dodecyl sulfate, lactic acid retention capacity and water retention capacity. Data were submitted to analysis of variance, means test, and to analysis of adaptability and stability. UTFT 141463, UTFT 140542 and UTFT 141506 lines were highlighted by showed superiority in agronomic traits and industrial quality, and these are candidates for possible release of cultivars more adaptable for region.

**KEYWORDS:** *Triticum aestivum* L. Baking quality. Genotype-environment interaction.

**Recebido:** 31 ago. 2018.

**Aprovado:** 15 ago. 2018.

#### Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

A adoção bem-sucedida de novas cultivares de trigo depende, em grande parte, do rendimento de grãos e da estabilidade do caractere em diferentes ambientes. Além de um bom desempenho agrônomico, a qualidade de panificação dos grãos é essencial para atender a demanda dos consumidores. O melhoramento genético direcionado para a qualidade de panificação é um dos grandes desafios no desenvolvimento de cultivares de trigo (Michel et al., 2018). Frente ao exposto, o Programa de Melhoramento Genético da UTFPR concentra-se em desenvolver genótipos mais produtivos e adaptados às condições edafoclimáticas da região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina.

O programa teve início em 2006 e, atualmente, conta com populações segregantes, englobando populações em F<sub>2</sub> até populações F<sub>5</sub>. Além disso, conta com linhagens em ensaios preliminares e linhagens em ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU). A condução das populações segregantes é realizada pelo método populacional modificado. Por este método, da geração F<sub>2</sub> até a F<sub>4</sub>, as populações são conduzidas em *bulk*. Este método consiste em misturar plantas da população segregante com sucessivas autofecundações, buscando atingir a homozigose. Na geração F<sub>5</sub>, é realizada seleção de linhas das progênies, e comparadas com os genitores e testemunhas adaptadas à região.

A partir das linhas selecionadas, ensaios preliminares são realizados. As melhores linhagens nos ensaios preliminares são posteriormente conduzidas em ensaios de VCU. Os ensaios de VCU, do programa de melhoramento da UTFPR, abrange regiões de cultivo de trigo I e II dos estados do Paraná e Santa Catarina, conduzidos em no mínimo dois locais por região, durante dois anos. Estes ensaios também são conhecidos como ensaios multi-ambientes, os quais visam avaliar e selecionar genótipos para a região de interesse. A avaliação de genótipos selecionados pelo Programa de Melhoramento de trigo da UTFPR se faz necessária para obter informações capazes de caracterizar o potencial agrônomico destas linhagens. Os ensaios de VCU, em diferentes anos e locais, fornecem subsídios para o lançamento de cultivares adaptados à região.

O objetivo desse trabalho foi selecionar linhagens de trigo do Programa de Melhoramento da UTFPR, e identificar linhagens superiores para caracteres agrônomicos e de qualidade industrial, mais adaptadas e estáveis, para futuro lançamento de uma cultivar.

## MÉTODOS

Os ensaios de VCU2 foram conduzidos na safra agrícola de 2017/2018, nos municípios de Renascença - PR, Itapejara - PR e Clevelândia - PR. As linhagens avaliadas foram UTFT 140542, UTFT 141620, UTFT 141457, UTFT 141506, UTFT 141463, UTFT 141608, e como testemunhas foram avaliadas as cultivares TBIO Iguçu, TBIO Mestre e TBIO Tibagi.

Os ensaios foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela foi constituída de seis linhas com 5 m de comprimento cada e com espaçamento entre linhas de 0,20 m, totalizando área de 6 m<sup>2</sup>. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise de solo. Os tratos culturais para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas foram realizados preventivamente de acordo com as recomendações técnicas para a cultura (RCBPTT, 2018).

Os caracteres agrônomicos 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>.

O volume de sedimentação dodecil sulfato de sódio (SDS) foi determinado de acordo com o método descrito por PEÑA et al. (1985). Para a realização do teste de SDS, demandam-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 ≈ 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.

A determinação da capacidade de retenção de solventes (SRC), capacidade de Retenção de ácido láctico (LASRC) e capacidade de retenção de água (WSRC) foram realizadas de acordo com o método 56-11 (AACC, 2000). Para realização destes testes, amostras de grãos (80 g) foram trituradas com moinho analítico, modelo IKA A11 BS32 e padronizadas em peneira de malha 250µm. Foram utilizadas quatro soluções [carbonato de sódio (5%), ácido láctico (5%), sacarose (50%) e água destilada (5%)]; em seguida 1 g de farinha foi adicionada em tubos para centrífuga de 15,0 mL e, posteriormente, 5,0 mL do apropriado solvente em solução foi acrescentado. A mistura foi agitada por 5 segundos, em seguida as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 1500 rpm. Por fim, as amostras foram colocadas à temperatura ambiente por 20 minutos. Assim o sobrenadante foi removido dos tubos e o precipitado obtido drenado por 15 minutos e, então pesado. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Os dados foram submetidos a análise da variância (ANOVA) pelo teste F. O efeito de genótipo foi considerado como fixo e de locais como aleatórios. As médias foram agrupadas por Scott e Knott ( $p < 0,05$ ), utilizando software Genes (CRUZ, 2016). Os dados também foram graficamente analisados para interpretação da interação genótipo x ambiente, utilizando análise de genótipo ideal do software GGE biplot (Genotype and Genotype by Environment) (YAN, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância (ANOVA) (Tabela 1) apresentou interação genótipo x ambiente (G x A) significativa para ambos os caracteres avaliados.

Tabela 1. Resumo da análise variância para 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 hectolitro (PH) de ensaios de linhagens e cultivares em VCU2 de trigo avaliados em ensaio multi-ambientes. UTFPR, Campus Pato Branco – PR, 2018.

Fator de variação	GL	Quadrados Médios				
		LASRC	WSRC	SDS	RG (kg ha <sup>-1</sup> )	PH (kg hL <sup>-1</sup> )
Genótipos	8	815,9**	731,1**	119,3**	900215,5 <sup>ns</sup>	23,66**
Ambientes	2	80,8 <sup>ns</sup>	55,3 <sup>ns</sup>	25,0**	35358719,5**	3,67 <sup>ns</sup>
Gen x Amb	16	99,9**	47,6**	3,0**	856394,6**	3,11**
Resíduo	48	2,7	9,18	0,35	61367,1	1,28
Bloco	2	0,0	17,69	0,02	313219,1	3,94
Média		103,22	83,52	17,71	3313,71	73,8
CV (%)		1,59	3,62	3,34	7,47	1,53

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

Para o rendimento de grãos (RG) o ambiente de cultivo Itapejera (ITAP) apresentou os maiores valores. Neste ambiente, as linhagens UTFT 141506, UTFT 141620 e a testemunha TBIO Mestre tiveram maior rendimento de grãos, com 5528.6, 5422.0 e 5144.3 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em contrapartida, o genótipo UTFT 140542 manifestou menor rendimento de grãos (2678.3 kg ha<sup>-1</sup>). O ambiente de Renascença (REN) revelou os menores valores para

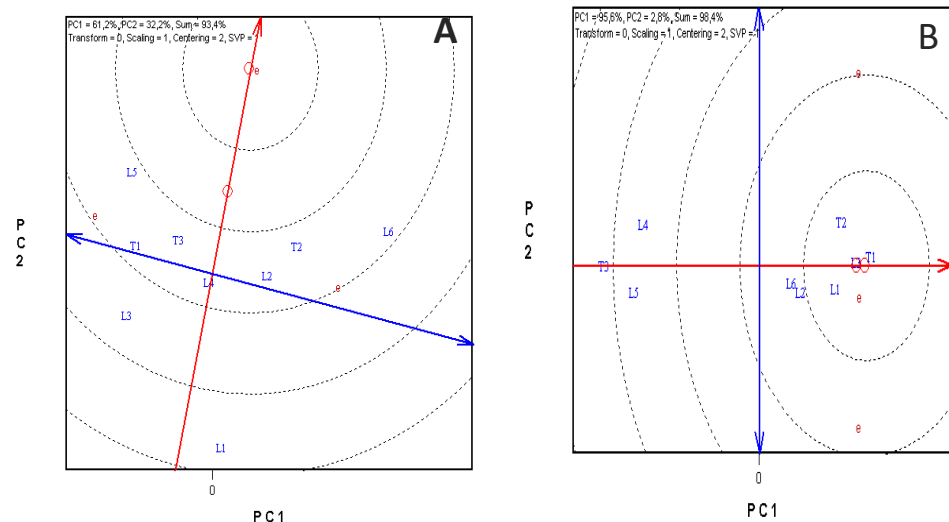
RG, exceto para a linhagem UTFT 140542. Em REN as linhagens e cultivares avaliadas não revelaram diferenças para RG (Tabela 2).

Tabela 2. Médias para interação entre linhagens de trigo e diferentes ambientes de cultivo (Renascerça – REN; Itapejara – ITAP; Clevelândia – CLE) para rendimento de grãos (RG) e peso hectolitro (PH). UTFPR, Campus Pato Branco - PR, 2018.

Linhagens	RG (kg ha <sup>-1</sup> )			PH (kg hL <sup>-1</sup> )		
	REN	ITAP	CLE	REN	ITAP	CLE
TBIO Iguaçu	3184,2 Ba	4602,0 Ab	2091,0 Cb	75,7 Aa	77,3 Aa	76,4 Aa
TBIO Mestre	2934,7 Ba	5144,3 Aa	2470,2 Ca	73,7 Ab	72,3 Ac	73,1 Ab
TBIO Tibagi	3157,9 Ba	4768,3 Ab	2259,3 Cb	73,2 Ab	71,0 Ac	72,0 Ab
UTFT 140542	2954,3 Aa	2678,3 Ad	2338,0 Bb	74,2 Ab	74,9 Ab	73,4 Ab
UTFT 141457	2987,3 Ba	4693,3 Ab	2449,0 Ca	73,7 Ab	73,6 Ab	72,3 Ab
UTFT 141463	3240,2 Ba	3703,0 Ac	2222,3 Cb	73,3 Ab	70,4 Bc	70,7 Bb
UTFT 141608	2992,7 Ba	4534,0 Ab	2163,9 Cb	73,3 Ab	74,0 Ab	73,0 Ab
UTFT 141620	3211,7 Ba	5422,0 Aa	2045,9 Cb	75,7 Aa	75,8 Aa	73,4 Bb
UTFT 141506	2873,2 Ba	5528,6 Aa	2819,8 Ba	74,1 Bb	76,1 Aa	76,1 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.

Em Clevelândia (CLE) as linhagens UTFT 141506 (2819.8 kg ha<sup>-1</sup>) e UTFT 141457 (2448.0 kg ha<sup>-1</sup>), e a cultivar TBIO Mestre (2470.2 kg ha<sup>-1</sup>) foram as mais produtivas. Para as demais linhagens não ocorreu diferença estatística. Assim, alguns genótipos como UTFT 141506 se mostraram produtivos em ambos locais. Entre os locais estudados, a linhagem UTFT 141620 apresentou maior média e estabilidade, seguido de UTFT 141506 e TBIO Mestre (Figura 1). Singh et al. (2018), estudando genótipos de trigo em três locais, evidenciaram alta variação de caracteres agrônômicos, incluindo o rendimento de grãos, devido ao ambiente de cultivo e resalta respostas diferentes dos genótipos estudados.



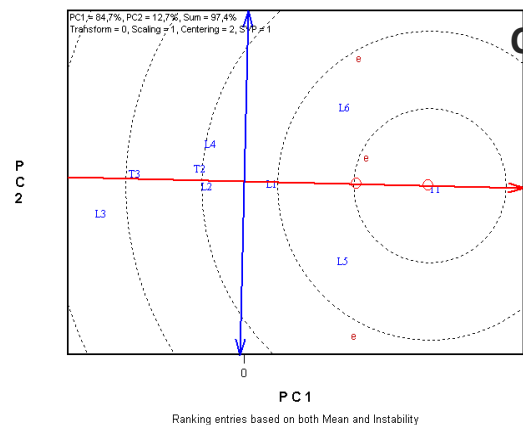


Figura 1 – Classificação de genótipo ideal baseada nos diferentes ambientes de cultivo para rendimento de grãos (A), sedimentação dodecil sulfato de sódio (B) e peso do hectolitro (C). L1: UTFT 140542; L2: UTFT 141620; L3: UTFT 141457; L4: UTFT 141506; L5: UTFT 141463; L6: UTFT 141608; T1: TBIO Iguaçu; T2: TBIO Mestre; T3: TBIO Tibagi. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

O peso hectolitro (PH) é uma propriedade que apresenta grande importância na comercialização do produto, uma vez que os preços praticados consideram este parâmetro como um indicativo de qualidade e rendimento na extração de farinha (Corrêa et al., 2006). A cultivar TBIO Iguaçu apresentou maior média de PH em ambos os ambientes de cultivo, seguido pelas linhagens UTFT 141620 e UTFT 14150.

Tabela 3. Médias para interação entre linhagens de trigo e diferentes ambientes de cultivo (Renascença – REN; Itapejara – ITAP; Clevelândia – CLE) para (LASRC), sedimentação dodecil sulfato de sódio (SDS).

Linhagens	LASRC			WSRC		
	REN	ITAP	CLE	REN	ITAP	CLE
TBIO Iguaçu	106,0 Bb	120,2 Aa	99,6 Cd	87,9 Ac	86,4 Ab	91,4 Ab
TBIO Mestre	103,2 Ac	102,3 Ac	100,6 Ad	93,2 Ab	93,4 Aa	98,0 Aa
TBIO Tibagi	108,2 Bb	122,6 Aa	110,0 Bb	68,1 Be	76,4 Ac	72,7 Ac
UTFT 140542	102,1 Ac	103,5 Ac	102,0 Ad	98,5 Aa	89,6 Ba	93,0 Bb
UTFT 141457	106,5 Ab	90,6 Bd	104,4 Ac	79,7 Ad	73,2 Ad	76,7 Ac
UTFT 141463	115,8 Ba	120,7 Aa	117,1 Ba	76,6 Ad	73,2 Ad	75,9 Ac
UTFT 141608	92,4 Ad	91,2 Ad	92,2 Ae	78,3 Ad	78,6 Ac	78,3 Ac
UTFT 141620	82,4 Ce	88,3 Bd	92,8 Ae	74,4 Bd	80,5 Ac	80,5 Ac
UTFT 141506	103,0 Bc	107,3 Ab	101,1 Bd	102,0 Aa	85,5 Cb	93,0 Bb
	SDS					
	REN	ITAP	CLE			
TBIO Iguaçu	21,1 Aa	22,0 Aa	21,0 Aa			
TBIO Mestre	20,0 Aa	20,1 Ab	21,0 Aa			
TBIO Tibagi	12,0 Bd	13,6 Ad	11,0 Ce			
UTFT 140542	19,3 Bb	22,1 Aa	19,0 Bb			
UTFT 141457	20,3 Aa	19,6 Ab	16,6 Bc			
UTFT 141463	20,1 Ba	22,0 Aa	20,5 Ba			
UTFT 141608	13,8 Ac	13,5 Ad	13,5 Ad			
UTFT 141620	13,3 Bc	15,1 Ac	11,1 Ce			
UTFT 141506	18,6 Bb	20,0 Ab	17,1 Cc			

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

A sedimentação fornece estimativas de força de glúten. A cultivar TBIO Iguçu e a linhagem UTFT 141463 apresentaram maiores valores de SDS para ambos os ambientes de cultivo (Tabela 3). Em Itapejara os genótipos com maior valor foram TBIO Iguçu (22.0), UTFT 140542 (22.1) e UTFT 141463 (22.0). Em Clevelândia, TBIO Iguçu (21.0), TBIO Mestre (21.0) e UTFT 141463 (20.5) tiveram maior SDS. As linhagens UTFT 141506, UTFT 141620 e a cultivar TBIO Tibagi apresentaram maior oscilação de SDS quando cultivadas em diferentes ambientes. A análise de genótipo ideal (Figura 1 – B) comprova, entre locais, o genótipo com melhor desempenho em SDS e boa estabilidade fenotípica sendo o UTFT 141463, seguido de TBIO Iguçu e UTFT 140542. Além disso, UTFT 141463 e TBIO Iguçu possuem força de glúten forte, segundo classificação de Mandarino (1993), indicando que estas apresentam potencial para o processo de panificação (PEÑA, 2000).

Os padrões de qualidade são influenciados pelo genótipo, pelo ambiente e por sua interação (GxA) (Williams et al., 2008). Todas as características de qualidade estudadas apresentaram interação GxA, corroborando com outros estudos (MA & STUTZEL, 2014; GUZMÁN et al., 2016). Estudos realizados por DUYVEJONCK, et al (2012) relatam que a capacidade de retenção em ácido láctico está associada a formação da rede elástica pela gluteninas, proteína responsável pela força de glúten e elasticidade da massa. Em Renascença e Clevelândia o genótipo UTFT 141463 apresentou o melhor desempenho para LASRC, em Itapejara os maiores valores foram dos genótipos TBIO Tibagi, TBIO Iguçu e UTFT 141463. Estudo realizado por PIKE e MACRITCHIE (2004) demonstraram que farinhas com valores com LASRC maiores que 100g/100g podem ser adequadas para a fabricação de pães. Nesse sentido, o genótipo UTFT 141463 possui aptidão adequada para fabricação de pães.

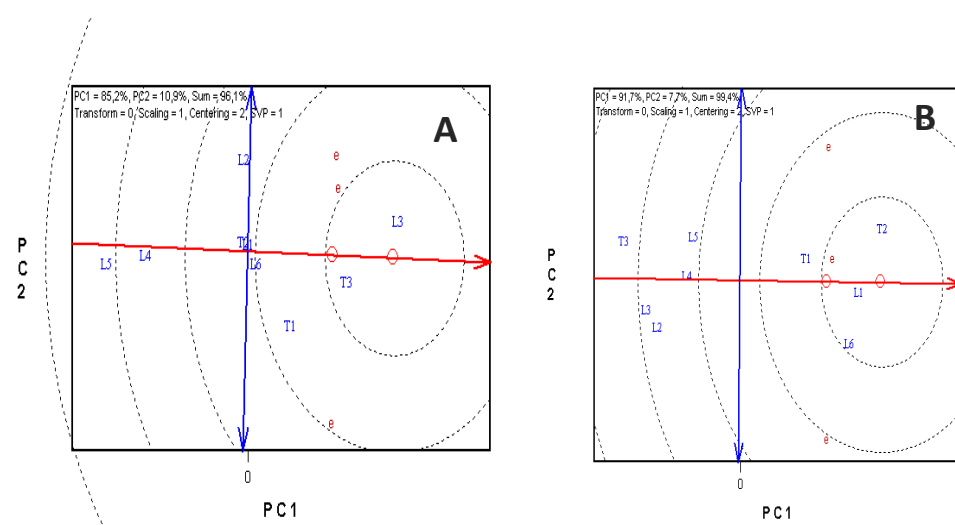


Figura 2 – Classificação de genótipo ideal baseada nos diferentes ambientes de cultivo para LASRC (A) e WSCR (B). L1: UTFT 140542; L2: UTFT 141620; L3: UTFT 141457; L4: UTFT 141506; L5: UTFT 141463; L6: UTFT 141608; T1: TBIO Iguçu; T2: TBIO Mestre; T3: TBIO Tibagi. UTFPR, Campus Pato Branco, 2018.

A capacidade de retenção em 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 requerem alta capacidade de absorção de água, pois é necessário a adição de um maior volume de água para obter produtos de qualidade. Em Renascença (REN) as linhagens UTFT 141506 e UTFT 140542 apresentaram maior WSRC, com 102.0g/100g e 98.5g/100g respectivamente. Em Itapejara (ITAP) a cultivar TBIO Mestre (93.4g/100g) e a linhagem UTFT 140542 apresentaram maior WSRC. Em Clevelândia (CLE) a

cultivar TBIO Mestre foi a única com maior WSCR. Desta maneira, as linhagens UTFT 140542, UTFT 141506 e a cultivar TBIO Mestre podem ser utilizados para fabricação de pães na classificação de WSRC.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As linhagens UTFT 141463, UTFT 140542 e UTFT 141506 apresentaram superioridade para mais de um caractere avaliado (RG, 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 recomendada para a região Sudoeste do Paraná e Oeste de Santa Catarina.

### AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela concessão da bolsa de inovação e financiamento do projeto. Ao Professor Dr. Giovani Benin, pela orientação e oportunidade de aprendizado.

### REFERÊNCIAS

AACC - **AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS**. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists, 11th ed. St. Paul: AACC International, 2000.

Cruz, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum*. v.38, n.4, p.547-552, 2016.

DUYVEJONCK Annelies E.; LAGRAIN, Bert.; DORNEZ, Emmie.; DELCOUR, Jan A, COURTIN, Christophe 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, jun. 2012.

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. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816300688>. Acesso em 15 de Agosto de 2018.

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.

Michel, S., Kummer, C., Gallee, M., Hellinger, J., Ametz, C., Akgöl, B., & Buerstmayr, H. **Improving the baking quality of bread wheat by genomic selection in early generations**. *Theoretical and Applied Genetics*, 131(2), 477-493, 2018

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.

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.

RCBPTT - **Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2018. Cascavel, PR, Coodetec, 2018, 258 p.

Singh, C., Srivastava, P., Sharma, A., Kumar, P., Chhuneja, P., Sohu, V. S., & Bains, N. S. Stability analysis for grain yield and some quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L). **Journal of Applied and Natural Science**, 10(1), 466-474, 2018.

Williams, R.M., O'Brien, L., Eagles, H.A., Solah, V.A., Jayasena, V., 2008. The influences of genotype, environment, and genotype environment interaction on wheat quality. **Australian Journal of Agricultural Research** 59, 95 e 111.

Yan, W. and L.A. Hunt, 2001. Interpretation of genotype X environment interaction for winter wheat yield in Ontario. **Crop Sci.**, 41: 19-25.