



Área: Tecnologia de Alimentos

VALORES GENOTÍPICOS/BLUP PARA CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS EM LINHAGENS DE TRIGO TROPICAL

Chainheny Gomes de Carvalho, Diana Jhulia Palheta de Sousa, Bárbara Biduski, Bianca Camargo Aranha, Telma Elita Bertolin, Maicon Nardino*

Laboratório do Programa Trigo UFV, Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

*E-mail: nardino@ufv.br

RESUMO – O trigo é um cereal chave do ponto de vista da segurança alimentar, como uma das principais fontes de carboidratos da dieta humana, é considerado o segundo cereal mais produzido no mundo. No Brasil, embora a produção está muito aquém da demanda nacional, os atributos tecnológicos de qualidade também são cruciais para o atendimento da indústria e dos consumidores. O objetivo deste estudo foi avaliar linhagens de trigo quanto as características tecnológicas, para a seleção de potenciais cultivares usando metodologia de modelos mistos REML/BLUP. A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal de Viçosa - UFV, na área pertencente ao Departamento de Agronomia-DAA, sendo utilizadas 14 linhagens de trigo desenvolvidas pelo Programa Trigo – UFV. A composição centesimal foi realizada com o equipamento NIR, no qual foram coletados os dados de proteína, amido, cinzas, fibra, gordura, além da avaliação de PH. Posteriormente foi realizada a análise de deviance e os componentes de variância foram estimados via máxima verossimilhança restrita – REML. Os valores genotípicos foram obtidos subsequentemente, via BLUP. A fim de identificar padrões de associações entre as características tecnológicas, foi realizada a análise de correlação linear de Pearson, e a significância avaliada via teste *t* a 5% de probabilidade. Há presença de variabilidade genética para as avaliações de proteína, gorduras, amido, fibras e cinzas segundo os valores de h^2 . Na avaliação dos BLUP observa-se linhagens com valores superiores VI_130679, VI_14055, VI_09037 e VI_14050 para proteína, gordura, fibra e amido. Foram observadas correlações negativas significativas entre proteína \times amido e gordura \times fibra.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., qualidade tecnológica, trigo tropical, variabilidade genética.

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma das culturas mais produzidas e consumidas no mundo, sendo matéria-prima essencial para a fabricação de inúmeros produtos de consumo alimentar como pães, bolos e biscoitos. Os alimentos derivados do trigo estão presentes na base da pirâmide alimentar e representam fontes de fibras, vitaminas, proteínas e carboidratos (SCHEUER et al., 2011).

No cenário agrícola, o Brasil é caracterizado como um dos principais importadores da cultura, cuja média de importações no ano de 2020 foi de 6.8 milhões de ton. de grãos (CONAB, 2021a). A safra agrícola brasileira estimada para fevereiro de 2021, é de 2.693 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021b). Do total da produção nacional aproximadamente 90% da produção brasileira concentra-se predominantemente na Região Sul (CONAB, 2017).

No Brasil, são realizados diversos ensaios para seleção de genótipos com características agrônômicas desejáveis, para a recomendação de cultivares melhoradas no mercado agrícola. Esses experimentos precisam cumprir as exigências estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que delimita as diretrizes para definir o valor de uma nova cultivar e seu registro, conhecidas como Valor de Cultivo e Uso (VCU) (BRASIL, 2007).

Nesse contexto, os programas de melhoramento genético têm alcançado maior notoriedade. Na cultura do trigo, assim como em outras cultivares, esses programas buscam produzir linhagens com elevada produtividade de grãos, resistência às principais doenças, tolerância aos fatores abióticos, tais como seca e calor, e ainda elevada qualidade industrial. Estas características são primordiais para atender as exigências dos produtores e indústrias moageiras, uma vez que o trigo é comercializado de acordo com a qualidade do grão (BOSCHINI et al., 2011).

A qualidade tecnológica do trigo é o resultado do processo de interação de três fatores, basicamente: genética, manejo e condições edafoclimáticas. Portanto, a análise da qualidade tecnológica de linhagens de trigo é uma etapa crucial nos programas de melhoramento, que normalmente acontece em pré-lançamento da cultivar para o adequado posicionamento e recomendação (FRANCESCHI et al., 2009).

O objetivo deste estudo foi avaliar linhagens de trigo quanto as características tecnológicas, para a seleção de potenciais cultivares utilizando metodologia de modelos mistos REML/BLUP.



2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimento de Campo

O experimento de campo foi realizado na área experimental da Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão – UEPE, Professor Diogo Alves de Melo, pertencente ao Departamento de Agronomia/DAA da Universidade Federal de Viçosa/UFV na safra agrícola de 2020.

Foram avaliadas 14 linhagens utilizadas no experimento em estágio de avaliação final desenvolvidas pelo Programa Trigo - UFV. As linhagens utilizadas foram VI_9007, VI_9031, VI_9037, VI_130679, VI_130755, VI_130758, VI_131313, VI_14001, VI_14022, VI_14026, VI_14050, VI_14055, VI_14088 e VI_14118.

A adubação de base consistiu de 300 kg ha⁻¹ de NPK (08-28-16) com adição em cobertura de 90 kg ha⁻¹ de N dividido em dois estádios fenológicos, 50% no início do afilhamento e 50% no emborrachamento, fases 21 e 45 segundo escala de Zadoks, et al. (1974). O nitrogênio usado foi na forma de ureia (45% N), totalizando 200 kg ha⁻¹. O controle químico das plantas daninhas foi realizado utilizando o ingrediente ativo metsulfuron metil na dose de 5g ha⁻¹ do produto comercial, aproximadamente 20 dias após a emergência das plantas. Para o controle químico de pulgões (*Metopolophium dirhodum* e *Sitobion avenae*) utilizou-se o ingrediente ativo acetamiprida em dose de 375 g ha⁻¹ de produto comercial na fase de pós-antese. Para doenças, não foi realizado o controle químico, a fim de verificar a reação natural dos genótipos. O experimento foi realizado com irrigação por aspersão, semanalmente.

2.2 Análises tecnológicas

As avaliações tecnológicas foram realizadas no Laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo. Grãos de trigo inteiros foram escaneados de 400 para 2.498 nm em espectrofotômetro de NIR (DS2500, Foss, Dinamarca) com célula de carga circular. Registrou-se os parâmetros de umidade, proteínas, fibras, gorduras, cinzas e amido.

O peso hectolitro (PH) dos grãos de trigo foi determinado com utilização de balança modelo Dalle Molle, seguindo a metodologia descrita nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992), sendo os resultados expressos em kg hL⁻¹.

2.2 Análises genética-estatísticas

O conjunto de dados das 14 linhas de trigo, foi inicialmente submetido a inspeção para identificação da presença/ausência de outliers. Posteriormente os dados foram submetidos a análise de modelos mistos, considerando genótipo como efeito aleatório e repetição como efeito fixo, como segue o modelo: $y = Xr + Zg + e$, onde y é vetor de observações; r : é o vetor para efeitos de repetições, fixos; g : é o vetor de efeitos para genótipos, aleatório e e : é o vetor de efeitos residuais, aleatório. X e Z : são as matrizes de incidência para os respectivos efeitos.

A análise de deviance (ANADEV) foi realizada a partir do teste de razão de verossimilhança, considerando qui-quadrado = 3.86 para 1GL com 5% de probabilidade. Após a observação de significância para ANADEV foram estimados os componentes de variância via máxima verossimilhança restrita - REML, e posteriormente foram obtidos os valores genotípicos para os efeitos de genótipos para os componentes de médias, preditos via melhor preditor linear não viesado, - BLUP. Os valores genotípicos foram obtidos subsequentemente, via BLUP.

A fim de identificar padrões de associações entre as características tecnológicas, foi realizada a análise de correlação linear de Pearson, e a significância avaliada via teste t a 5% de probabilidade. Todas as análises foram desenvolvidas no software R Studio, com auxílio do *package metan* (OLIVOTO; LÚCIO, 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de deviance mostrou o efeito significativo das linhagens para as variáveis avaliadas (Tabela 1) e evidenciou a existência de variabilidade genética para os caracteres estudados, de acordo com o teste da razão de máxima verossimilhança a 1% de probabilidade. O fator genético foi mais expressivo quando comparado ao efeito ambiental para a variância fenotípica dos caracteres analisados.

A maioria das variáveis, exceto gordura e cinzas apresentou elevados valores para o parâmetro herdabilidade de sentido amplo de 0,72 (proteína) a 0,97 (PH). Para a acurácia seletiva a variação da magnitude foi de alta (85,3%) a muito alta (97,6%) (RESENDE; DUARTE, 2007). Como a acurácia seletiva retrata a qualidade das informações e dos procedimentos adotados na predição dos valores genéticos, infere-se que o experimento realizado teve elevada variabilidade genética e precisão na seleção de linhagens.



Tabela 1 – Resultados dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos para variáveis de qualidade avaliadas com NIR em 14 linhagens de trigo do PROGRAMA TRIGO UFV, Viçosa – MG, 2021.

| Parâmetros | Proteína | Gordura | Fibra | Cinzas | Amido | PH |
|--------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\hat{\sigma}_g^2$ | 0.459 | 0.008 | 0.004 | 0.006 | 0.577 | 6.891 |
| $\hat{\sigma}_F^2$ | 0.974 | 0.019 | 0.008 | 0.018 | 0.883 | 7.230 |
| \hat{h}_a^2 | 0.727 | 0.691 | 0.746 | 0.591 | 0.850 | 0.976 |
| Ac | 0.853 | 0.831 | 0.864 | 0.768 | 0.922 | 0.988 |
| CVg (%) | 5.402 | 5.725 | 2.375 | 4.433 | 1.301 | 3.528 |
| CVr (%) | 5.727 | 6.635 | 2.401 | 6.394 | 0.948 | 0.783 |
| CV ratio | 0.943 | 0.863 | 0.989 | 0.693 | 1.372 | 4.507 |
| LRT | 7.92 | 6.45 | 8.79 | 3.70 | 16.67 | 31.07 |
| Pr(>Chisq) | 0.00488 | 0.01112 | 0.00302 | 0.05434 | 0.00004 | 0.00000 |

$\hat{\sigma}_g^2$: variância genética; $\hat{\sigma}_F^2$: variância fenotípica; \hat{h}_a^2 : herdabilidade no sentido amplo; Ac: acurácia seletiva; CVg: coeficiente de variação genético; CVr: coeficiente de variação residual; CVratio: razão entre CVg/CVr; LRT: teste de razão de verossimilhança; e Pr(>Chisq): probabilidade do teste de qui-quadrado com 1 GL = 3.86.

As estimativas do BLUP para teor de proteína, gordura, fibra, cinzas, amido e PH encontram-se na Figura 1. Para os teores de proteínas, as linhagens VI_130679, VI_14118, VI_14001, VI_14026, VI_130755 e VI_14022 obtiveram os maiores valores (Figura 1-A). A concentração de proteína é utilizada como o principal parâmetro na avaliação da qualidade de panificação do trigo, visto que, pode se apresentar com alta frequência como glúten ou proteínas formadoras de glúten, cujas propriedades melhoram a capacidade de absorção de água, extensibilidade, elasticidade da massa (LAZE et al., 2020), além de conferir maior valorização no mercado (XUE et al., 2019).

No caso dos lipídeos, as linhagens VI_130578, VI_14118, VI_14088, VI_14022 e VI_14055 se destacaram positivamente (Figura 1-B). Os lipídeos são constituintes secundários essenciais na farinha de trigo, pois estão envolvidos na formação de uma monocamada de fluido viscoelástico na interface ar-água (JANSSEN et al., 2020), que propicia a estabilidade das células de gás na massa durante as etapas de fabricação do pão (CHUNG et al., 2009).

Em relação aos teores de fibras, as linhagens VI_130755, VI_14022, VI_14050, VI_14050, VI_14118 e VI_14088 foram as mais promissoras (Figura 1-C). Dentre os componentes bioquímicos do farelo, a fibra é a que mais afeta a qualidade do pão (KHALID et al., 2017). Isso devido à alta capacidade de absorção de água que reduz a atividade do glúten na retenção da estrutura do pão durante a fermentação e cozimento (ZHANG et al., 2018).

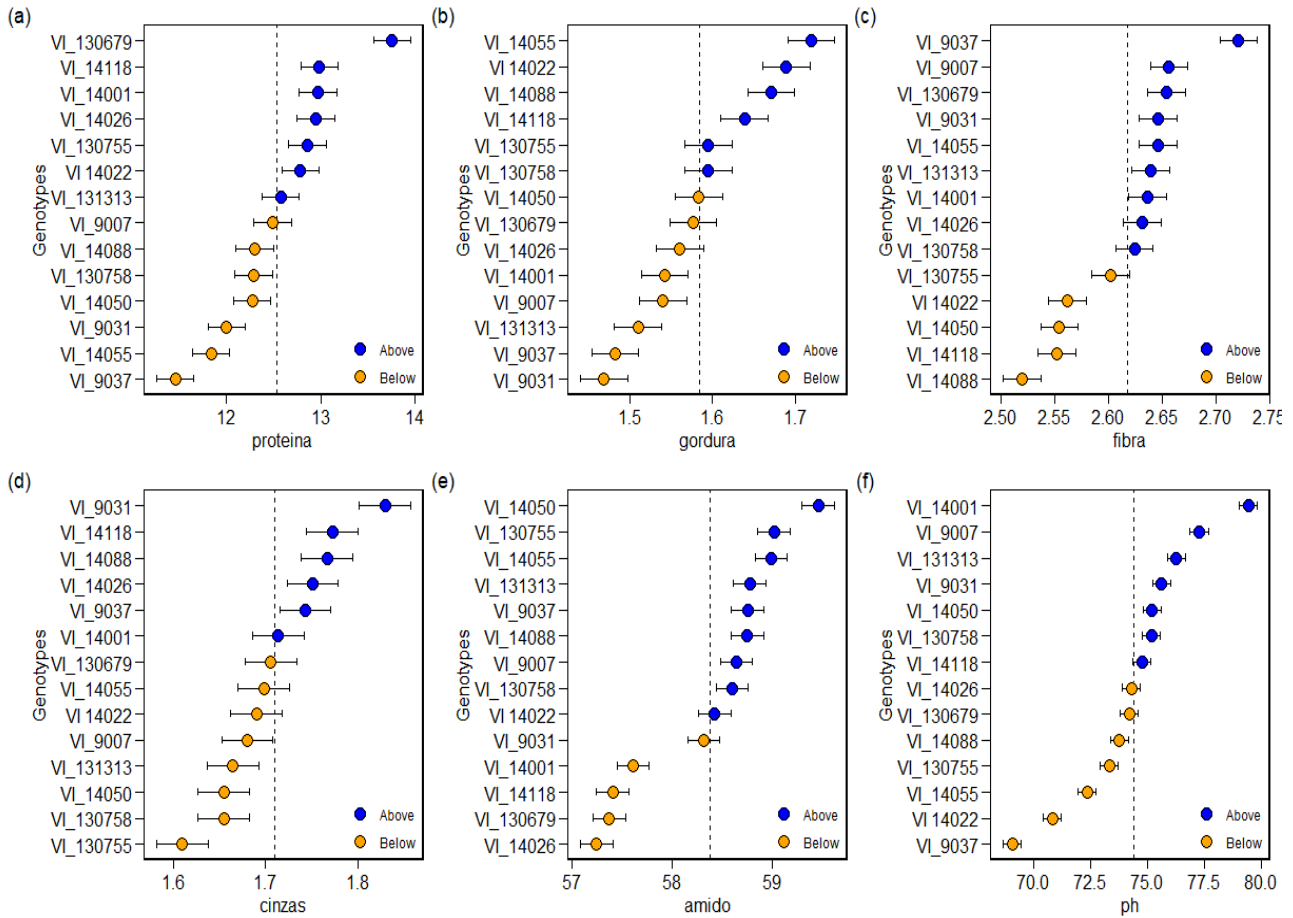
Quanto aos teores de cinzas, as linhagens VI_130679, VI_9031, VI_14118, VI_14088, VI_14026, VI_9037 e VI_14001 mostraram os melhores resultados. O teor de cinzas está diretamente associado ao teor de impurezas na farinha, e pode acarretar em uma cor indesejável da massa (SEZER et al., 2017). Nesse contexto, as farinhas derivadas das linhagens com altos valores de cinzas são inferiores as qualidades exigidas pelo mercado consumidor.

As linhagens VI_14050, VI_130755, VI_14055, VI_131313, VI_9037, VI_14088, VI_9007, VI_130758 e VI_14022 apresentaram maior teor de amido (Figura 1-E). Esse resultado mostra que essas linhagens possuem o desempenho necessário para a fabricação de pães e macarrão, pois, as propriedades físico-químicas do amido relacionam-se a maior pegajosidade, elasticidade e dureza da massa da farinha de trigo (LI et al., 2017).

Na análise do PH, as linhagens VI_14001, VI_9007, VI_131313, VI_9031, VI_14050, VI_130758 e VI_14118 atingiram os valores mais elevados, o que influi na maior qualidade final da farinha de trigo, e, conseqüentemente, em sua seleção e compra pelo consumidor (TAHERI et al., 2021).



Figura 1 – Resultados dos BLUP da avaliação de 14 linhagens de trigo para seis características de qualidade tecnológica, obtidas com auxílio do NIR. Viçosa-MG/UFV.



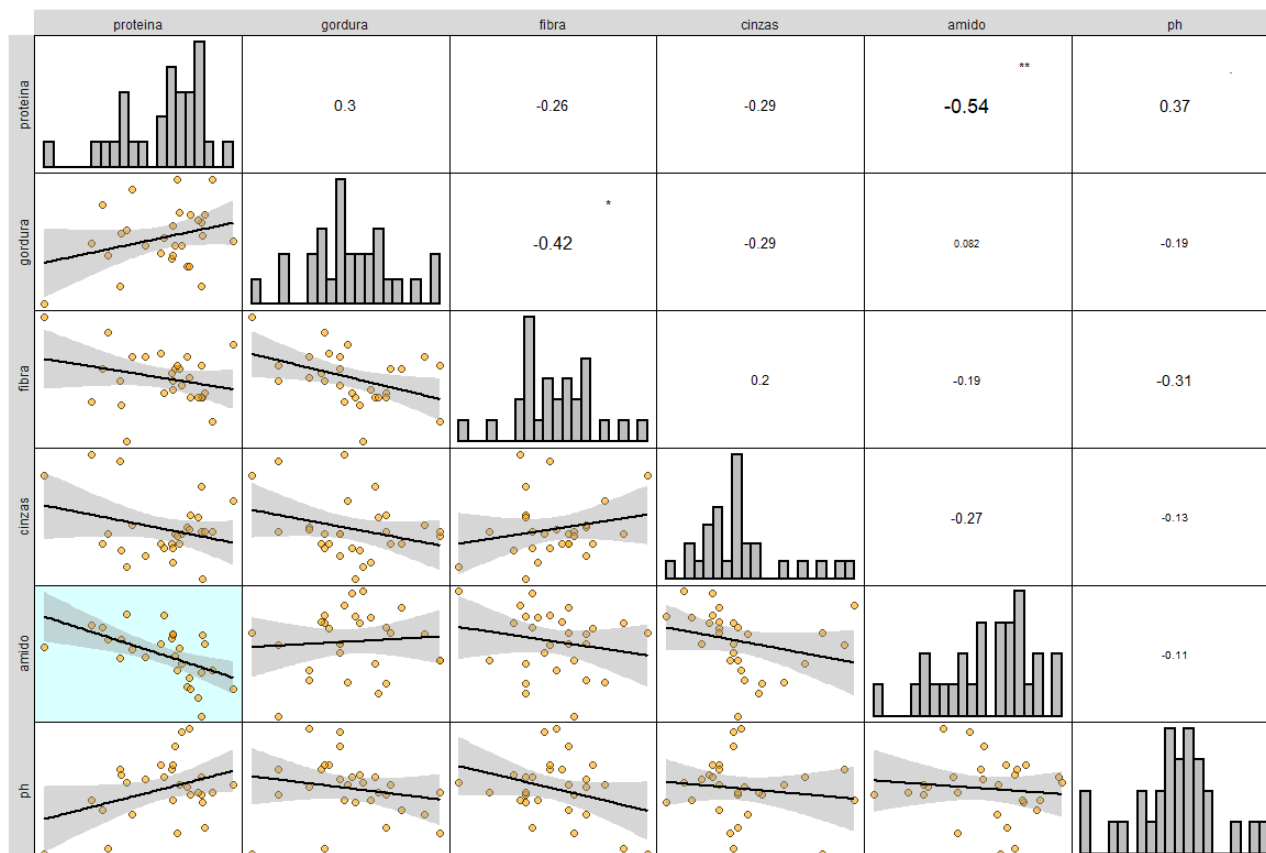
As linhagens VI_14118, VI_14001, VI_130758 e VI_131313 expressaram os melhores desempenhos para a maioria das variáveis analisadas, simultaneamente. No entanto, as linhagens VI_14050 e VI_130679 mostraram-se inferiores concomitantemente para quatro caracteres estudados e não são recomendadas para utilização no setor industrial, em termos de qualidade tecnológica do trigo.

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica foram calculadas entre todos os caracteres em estudo (Figura 2), e permitiram avaliar a magnitude e o direcionamento das influências de um caráter sobre o outro, revelando a associação entre os caracteres avaliados. A maior correlação significativa foi entre os caracteres fibra × umidade (0,65), com magnitude mediana, devido as fibras apresentarem elevada afinidade com a água e competirem por ela com outros polímeros (ROSELL et al., 2010).

As variáveis proteína e PH, mostraram associação positiva entre elas, porém com baixa magnitude (0,37). Ressalta-se que coeficientes de correlação baixos não indicam falta de associação entre as características, mas ausência da relação causa e efeito (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). A variável gordura apresentou associação negativa e de magnitude moderada quando correlacionada com a variável umidade (-0,65) e fibra (-0,42). Tendência semelhante foi observada entre as variáveis proteína e amido (-0,54).



Figura 2 – Resultados da análise de correlação fenotípica entre sete variáveis obtidas da avaliação de 14 linhagens de trigo obtidas com auxílio do NIR. Viçosa-MG/UFV.



4 CONCLUSÃO

Os valores de h^2 indicam presença de variabilidade genética entre as características de proteínas, gorduras, fibras, amido e cinzas.

As linhagens VI_14118, VI_14001, VI_130758 e VI_131313 do Programa Trigo-UFV demonstram potencialidade para avançarem nos testes finais, pois seus valores de BLUP são satisfatórios.

A análise de correlação indicou a presença de efeitos significativos entre as variáveis estudadas, principalmente correlações negativas significativas entre proteína \times amido e gordura \times fibra.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG e o Laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo-RS.

6 REFERÊNCIAS

- BOSCHINI, A. P. M. et al. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 5, p. 450-457, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Legislação brasileira sobre sementes e mudas: Lei 10.711, de 05 de agosto de 2003, Decreto n° 5.153, de 23 de julho de 2004 e outros**. Brasília: MAPA/SDA/CSM, 2007. 39p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal: trigo (dezembro-2020)**. Brasília: Conab, 2021a. 6p.



- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Grãos | Safra 2020/1 – 5º levantamento**. Brasília: Conab, 2021b.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. NETO, A. A. de O.; SANTOS, C. M. R. (Org.). **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. 218p.
- CHUNG, O. K. et al. Wheat lipids. **In: Wheat: chemistry and technology**. St Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc (AACC), 2009. p. 363-399.
- FRANCESCHI, L. de et al. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1624-1631, 2009.
- JANSSEN, F. et al. The role of lipids in determining the air-water interfacial properties of wheat, rye, and oat dough liquor constituents. **Food Chemistry**, v. 319, p. 126-565, 2020.
- KHALID, K. H. et al. Whole wheat bread: effect of bran fractions on dough and end-product quality. **Journal of Cereal Science**, v. 78, p. 48-56, 2017.
- LAZE, A. et al. Wheat protein fraction to grain quality characteristics of soft Albanian wheat. [s.l.: s.n.].
- LI, M. et al. Multilevel structure of wheat starch and its relationship to noodle eating qualities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, n. 5, p. 1042-1055, set. 2017.
- OLIVOTO, T.; LÚCIO, A. D. Metan: an R package for multi-environment trial analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 6, p. 783-789, fev. 2020.
- RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.
- ROSELL, C. M. et al. Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab. **European Food Research and Technology**, v. 231, n. 4, p. 535-544.
- SCHEUER, P. M. et al. Trigo: características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.
- SEZER, B. et al. A novel method for ash analysis in wheat milling fractions by using laser-induced breakdown spectroscopy. **Journal of Cereal Science**, v. 78, p. 33-38, 2017.
- TAHERI, A. et al. Investigating quantitative and qualitative performance of bread wheat genotypes under different climatic conditions. **Gesunde Pflanzen**, 2021.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.
- XUE, C. et al. Protein composition and baking quality of wheat flour as affected by split nitrogen application. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1-11, mai. 2019.
- ZADOKS, J. C. et al. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, p. 415-421, 1974.
- ZHANG, H. et al. Preparation and modification of high dietary fiber flour: a review. **Food Research International**, v. 113, p. 24-35, 2018.