

Influência da composição química de sementes de trigo na germinação e vigor

Oziane Paula Cabral^{1*}; Queli Ruchel²; Ivonete Hoss³; Akilla Justino da Silva Ribeiro⁴; Helder Lucas do Nascimento Silva¹; Heloisa Aguiar Santos¹

¹ Engenheiro (a) Agrônomo (a), Universidade La Salle - Lucas do Rio Verde, MT. *Autor para correspondência: ozianepaulacabral@gmail.com.

² Coordenadora e Docente do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, Universidade La Salle - Lucas do Rio Verde, MT.

³ Doutoranda em Química Orgânica, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

⁴ Discente do curso de Bacharelado em Engenharia Química, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.

Resumo: O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos principais cereais para a alimentação humana em escala global, a produção exige tecnologia e manejo adequados para garantir a produtividade e a qualidade das sementes. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da composição química de três cultivares de trigo na capacidade de germinação e vigor. O estudo foi conduzido no laboratório do Centro Universitário La Salle - Unilasalle/Lucas, em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso. As sementes utilizadas foram as cultivares BR 18, BRS 264 e BRS 404. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. As sementes foram submetidas aos testes padrão de germinação, primeira contagem e envelhecimento acelerado. Os dados foram submetidos a análise de variância, determinados a partir do teste de Tukey a 5% de significância para comparação de médias. Para a análise bromatológica, realizaram-se avaliações em triplicata dos teores de matéria seca, umidade, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta nos lotes das cultivares estudadas. Os resultados foram interpretados por meio da média aritmética, do desvio padrão e do coeficiente de variação. As cultivares BR 18 e BRS 264 não se distinguiram estatisticamente entre si no teste de germinação. A cultivar BRS 404 apresentou a menor percentagem em vigor. As cultivares não diferiram entre si somente nos teores de fibra bruta. Conclui-se que componentes químicos, como matéria seca, proteína, extrato etéreo, umidade e fibra bruta, influenciam positivamente na germinação e vigor das sementes de trigo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; Bromatologia; Envelhecimento acelerado; Matéria Seca; Proteínas.

INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF WHEAT SEEDS ON GERMINATION AND VIGOR

Abstract: Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the main cereal crops for human consumption worldwide. Its production requires appropriate technology and management practices to ensure both productivity and seed quality. The objective of this study was to evaluate the influence of the chemical composition of three wheat cultivars on germination capacity and vigor. The study was conducted in the laboratory of the Centro Universitário La Salle – Unilasalle/Lucas, in Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, Brazil. The seed cultivars used were BR 18, BRS 264, and BRS 404. A completely randomized experimental design was adopted. The seeds were subjected to standard germination tests, first count, and accelerated aging. Data were analyzed by analysis of variance (ANOVA), and means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. For the bromatological analysis, triplicate evaluations were carried out to determine the levels of dry matter, moisture, crude protein, ether extract, and crude fiber in the seed lots of the cultivars studied. Results were interpreted using arithmetic mean, standard deviation, and coefficient of variation. The BR 18 and BRS 264 cultivars did not differ significantly in the germination test. The BRS 404 cultivar showed the lowest vigor percentage. The cultivars only showed no differences in crude fiber content. It is concluded that chemical components such as dry matter, protein, ether extract, moisture, and crude fiber positively influence the germination and vigor of wheat seeds.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; Bromatology; Accelerated aging; Dry matter; Proteins.

Introdução

Os cereais apresentam um papel essencial na alimentação dos seres humanos, tanto em termos de saúde, por sua abundância em nutrientes e fibras, quanto em termos tecnológicos, devido à diversidade de maneiras em que podem ser consumidos (Tierl *et al.*, 2020). De acordo com a FAO (2023), os cereais estão classificados como o principal grupo em produção mundial de 2000 a 2021, representando a maior parcela na quantidade produzida (32 %), e no valor total de produção (30 %) em 2021.

O trigo (*Triticum aestivum* L.) constitui uma importante fonte de nutrientes para aproximadamente 40% da população global (Giraldo *et al.*, 2019). Em 2023, a produção mundial de trigo totalizou aproximadamente 799 milhões de toneladas (FAO, 2024). Em 2024, o trigo teve uma produção total de 8,8 milhões toneladas de grãos e área de 3,06 milhões de hectares no Brasil, sendo os três principais estados produtores o Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais (CONAB, 2024).

O desenvolvimento de cultivares de trigo mais adaptadas às diversas condições de cultivo tem proporcionado sementes de alta qualidade, o que resulta em ganhos de produtividade e qualidade industrial. A grande maioria dos programas de melhoramento genético tem como principais objetivos para a seleção de cultivares a elevada estabilidade produtiva e a resistência a pragas e doenças (Oliveira-Neto e Santos, 2017). Segundo Bazzo *et al.* (2021), “sementes de qualidade são caracterizadas por apresentarem elevado potencial fisiológico, sanidade e altos percentuais de pureza física e genética”.

A qualidade do trigo pode ser dividida em duas características principais, sendo a qualidade externa, que envolve a falta de materiais estranhos, danos e perdas por fatores climáticos, tipo do solo e umidade de grãos na colheita. Já a qualidade interna inclui parâmetros como densidade, dureza do grão e composição química, que envolve o teor de proteína, amido e umidade, além do potencial de processamento, que abrange a qualidade de moagem, o uso final e a atividade enzimática (Iqbal, Shams e Fatima, 2022).

O vigor das sementes constitui um dos principais atributos da qualidade fisiológica. Dados confiáveis sobre o vigor dos lotes de sementes são essenciais para complementar os resultados do teste de germinação. Sementes vigorosas, sem dúvida, possuem potencial para garantir uma emergência rápida e uniforme das plântulas no campo, aumentando a probabilidade de um estabelecimento adequado do plantio e de sua conservação durante o armazenamento, mesmo diante de uma ampla gama de condições ambientais (Marcos-Filho, 2020).

Fatores ambientais, como a temperatura, exercem influência direta sobre a atividade enzimática nos estágios de germinação e pós-germinação, impactando a mobilização de reservas, incluindo proteínas. Esse parâmetro também pode interferir na absorção de água e, consequentemente, na velocidade de germinação (Sghaier *et al.*, 2022).

O interesse prático na tecnologia de sementes é despertado pelo conhecimento da composição química, já que a presença e quantidade de compostos como óleo e proteína podem influenciar significativamente o vigor e a capacidade de armazenamento das sementes. Além disso, essa composição química desempenha um papel crucial no consumo de energia das plantas durante o seu crescimento (Oliveira *et al.*, 2024).

Tendo em vista que a escolha da cultivar correta, em conformidade com as características de cultivo e a composição química da semente influencia diretamente na produtividade, este trabalho teve por objetivo avaliar a composição química de sementes de três cultivares de trigo e a sua influência sob a germinação e vigor.

Material e Métodos

Implantação do experimento

O experimento foi conduzido no laboratório multidisciplinar do Centro Universitário La Salle - Unilasalle/Lucas, situado em Lucas do Rio Verde - Mato Grosso. No experimento, foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado e utilizou-se sementes de três cultivares de trigo difundidas pela Embrapa, sendo elas a BR 18, BRS 264, BRS 404.

As cultivares são destinadas para o cultivo no cerrado em sistemas irrigados e de sequeiro, em regiões como o Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo. Estas cultivares são conhecidas por sua resistência a doenças como brusone do trigo (*Pyricularia grisea*) e ferrugem do colmo (*Puccinia graminis*), alta produtividade, precocidade e qualidade na produção de farinha, sendo todas pertencentes à classe comercial trigo pão (Sousa, 2002; Chagas *et al.*, 2018a; Albrecht, 2021).

Para a avaliação do potencial fisiológico, foram conduzidos testes de germinação, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Para o teste de vigor, foi utilizado o teste de envelhecimento acelerado, seguindo a metodologia utilizada por Favoretto *et al.* (2024). Estes testes tiveram início no dia 20 de fevereiro de 2024, até o dia 08 de março de 2024.

Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido utilizando rolos de papel toalha Germitest, nos quais foram colocadas oito subamostras de 50 sementes para cada lote, totalizando 400 sementes por

tratamento. Essas sementes foram semeadas entre três folhas de papel substrato para germinação, umedecidas com uma quantidade de água destilada equivalente a duas vezes e meia a massa do substrato. Em seguida, as amostras foram mantidas em um germinador tipo câmara vertical B.D.O, a uma temperatura de 20 °C e sob regime de luz constante.

As avaliações foram realizadas aos quatro e oito dias após a semeadura, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos e observados para cada amostra com a percentagem média de plântulas normais.

Teste de envelhecimento acelerado

Com a utilização de caixas plásticas (Gerbox), cada compartimento individual é equipado com mini-câmaras e, dentro delas, uma bandeja de tela de aço inoxidável inserida. As sementes foram distribuídas na bandeja de forma a criar uma camada única sobre a superfície da tela. No interior de cada compartimento individual, foram inseridos 40 mL de água destilada, evitando contato da água com a tela/sementes, em seguida, as amostras foram colocadas em estufa, adotando as combinações de temperatura e período de condicionamento de 43 °C por 48 horas (Favoretto *et al.*, 2024). Após esse período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao processo de germinação (Brasil, 2009). Os resultados foram então expressos em percentagem.

Bromatologia

As análises bromatológicas foram realizadas seguindo os métodos de análise do Instituto Adolfo Lutz (2008), em triplicata, com a quantificação em percentagem do grau de umidade (U), matéria seca (MS), fibra bruta (FB) e proteína bruta (PB). Para a determinação do extrato etéreo (EE) foi usado o método analítico conforme descrito pela AOSA (2009). A primeira análise bromatológica foi realizada no dia 06 de fevereiro de 2024 e a última no dia 16 de fevereiro de 2024.

Determinação do grau de umidade (U %) e matéria seca (MS %)

Para determinar o grau de umidade presente nas sementes de trigo, adotou-se o método gravimétrico. Inicialmente, foram pesadas 150 g de cada amostra e estas foram submetidas à secagem em estufa por 16 horas, a uma temperatura de 105 °C. Em seguida, as amostras foram recolhidas e deixadas em um dessecador para resfriamento antes de serem pesadas novamente e terem suas massas registradas. Esse procedimento de aquecimento e resfriamento foi repetido até que se atingisse um peso constante ou mínimo, isto é, até que a diferença entre duas pesagens consecutivas fosse inferior a 0,001 g. Por fim, calculou-se a diferença entre o peso inicial e o peso final para a determinação do teor de matéria seca final e do grau de umidade.

Determinação de extrato etéreo (EE %)

Foi utilizado o método analítico descrito pela AOSA (2009) para a extração dos lipídios, utilizando o equipamento automático TECNAL TE-044-5/50, que conta com seis extratores, suporte para cartuchos e tubos coletores de éter. Os Reboilers, previamente numerados e secos em estufa a 105 °C durante 12 horas, foram identificados e pesados. Em seguida, adicionaram-se, em cada um deles, 1,5 g da amostra moída e seca.

A extração foi realizada durante 2 horas a 90 °C e mais 2 horas a 95 °C, com a ebulição, condensação e destilação de 50 mL de éter de petróleo. Posteriormente, os Reboilers contendo as amostras lipídicas foram secos em estufa a 105 °C por 30 minutos e, então, mantidos em dessecador até atingirem a temperatura ambiente. Após o resfriamento, os valores de tara de cada Reboiler foram novamente pesados e registrados, para o cálculo do percentual de gordura extraída. Todos os dados foram submetidos à análise estatística.

Determinação de proteína bruta (PB %)

Para a determinação da proteína bruta, foi utilizado o método convencional de Kjeldahl, conforme as diretrizes da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1984). Esse método é classificado como indireto, pois mensura o nitrogênio orgânico total, em vez da concentração direta de proteína. O teor de proteína bruta é determinado através da multiplicação do valor de nitrogênio total pela constante de conversão de 6,25.

Durante o processo de digestão, foram adicionados 0,500 g da amostra moída, 1,0 g de uma mistura catalisadora composta por sulfato de potássio (K_2SO_4) e sulfato de cobre ($CuSO_4$), além de 5,0 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Os tubos foram gradualmente aquecidos no bloco digestor até alcançar a temperatura de 420 °C, permitindo assim a completa digestão da amostra. Segundo Silva e Queiroz (2002), nesse processo, as proteínas são convertidas em amônia, que reage com o ácido sulfúrico, formando sulfato de amônio $[(NH_4)_2SO_4]$.

A destilação foi realizada em destilador automático (TECNAL TE-0364), empregando 40 mL de hidróxido de sódio (NaOH) e, como solução receptora, 5 mL de ácido bórico (H_3BO_3) em frasco Erlenmeyer de 125 mL. Esse procedimento resultou na liberação de cerca de 50 mL de amônia, de coloração verde cristalina. A titulação foi realizada utilizando ácido sulfúrico 0,1 mol/L através do método de viragem, até que a solução adquirisse uma tonalidade rosa. Essa técnica possibilitou a determinar a concentração total de amônia na solução final, conforme detalhado por Silva e Queiroz (2002).

Determinação de fibra bruta (FB %)

Inicialmente, foram pesados 0,350 g da amostra isenta de gordura, acondicionados em sacos de TNT selados. As amostras foram embebidas em água destilada por 30 minutos. Em

seguida, adicionaram-se 3 litros de ácido sulfúrico 0,255 N em um recipiente para a digestão. O equipamento foi ajustado para atingir a temperatura de 100 °C, mantendo-se as amostras na solução por 30 minutos. Após esse período, o ácido sulfúrico foi eliminado e as amostras foram enxaguadas com água destilada fervente por 5 minutos, repetindo-se esse procedimento quatro vezes.

Em seguida, adicionaram-se 3 litros de hidróxido de sódio 0,313 N ao recipiente para a digestão, programando novamente o equipamento para alcançar 100 °C. Quando a solução iniciou a ebulição, as amostras foram inseridas e mantidas por 30 minutos, repetindo-se, em seguida, o procedimento de lavagem com água destilada fervente por 5 minutos, também por quatro vezes.

Após as lavagens, as amostras foram secas com papel toalha, lavadas com álcool etílico a 95% e, posteriormente, secas em estufa a 105 °C por 8 horas. Após completa secagem, as amostras foram resfriadas em dessecador por 30 minutos, pesadas e, em seguida, calculou-se o teor de fibra bruta com a seguinte fórmula:

$$\%FB = \frac{(PC + \%FB) - (PC + \%C)}{PA\%MS(105^{\circ}C)} \times 100$$

Onde:

FB = Fibra bruta;

PC = Peso do cadinho;

C = Cinza;

PA = Peso da amostra;

MS (105°C) = Matéria seca a 105°C.

Análise estatística

Utilizou-se o software Sisvar para a análise de variância, aplicando-se a comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. As análises bromatológicas foram conduzidas em triplicata, utilizando-se a média aritmética, o desvio-padrão e o coeficiente de variação para interpretação e comparação dos resultados.

Resultados e Discussões

Germinação e vigor

Com base nos resultados, não houve diferenças estatísticas para a primeira contagem de germinação (PCG). No entanto, foram observadas variações significativas para a germinação padrão (GE) e o envelhecimento acelerado (EA). A Tabela 1 apresenta os valores percentuais

dessas variáveis. O teste de Tukey ($\leq 0,05$) indicou diferenças significativas nos resultados obtidos para GE e EA.

Tabela 1 - Valores da primeira contagem do teste de germinação (PCG), do teste de germinação padrão (GE) e teste de envelhecimento acelerado (EA) realizados em sementes de diferentes cultivares de trigo.

Cultivares	PCG (%)	GE (%)	EA (%)
BR 18	95,50 a*	98,25 ab	99,00 a
BRS 404	94,25 a	94,50 b	93,75 b
BRS 264	97,50 a	98,75 a	98,50 a
C.V. (%)	2,33	1,96	2,16

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

C.V.: Coeficiente de Variação.

Na primeira contagem da germinação (PCG), realizada aos quatro dias após a semeadura, as cultivares não apresentaram diferenças estatísticas, indicando níveis semelhantes de vigor. No teste de germinação padrão (GE), as cultivares BR 18 (98,25 %) e BRS 264 (98,75 %) não diferiram estatisticamente entre si, sendo responsáveis pelos maiores percentuais de germinação. Observou-se que a cultivar BRS 404 (94,50 %) diferiu estatisticamente apenas da cultivar BRS 264.

Todas as cultivares apresentaram percentuais de germinação superiores a 80 %, valor mínimo estabelecido para comercialização conforme a Instrução Normativa MAPA nº 45/2013 (Brasil, 2013). De acordo com Chagas *et al.* (2018b), a elevada germinação observada em sementes de melhor qualidade pode ser atribuída ao fato de o teste de germinação ser conduzido em condições controladas e favoráveis, que permitem a plena expressão dos atributos fisiológicos das sementes, o que raramente ocorre em condições de campo.

O teste de envelhecimento acelerado apresentou diferença estatística entre os tratamentos, com a cultivar BRS 404 (93,75 %) diferenciando-se das demais. As cultivares BR 18 e BRS 264 apresentaram maiores percentuais de germinação, com 99,00 % e 98,50 %, respectivamente, evidenciando maior vigor.

Esses resultados estão em concordância com Favoretto *et al.* (2024), que observaram correlação significativa em testes de envelhecimento acelerado realizados com sementes de trigo a 43 °C por 48 horas. Nessa condição, os resultados foram obtidos de forma mais rápida em comparação com a metodologia tradicional recomendada na literatura (41 °C por 72 horas), representando uma economia de 24 horas no processo. Portanto, a combinação de 43 °C por 48

horas demonstrou desempenho positivo, sendo eficaz na identificação de sementes com maior vigor.

Interações entre germinação, vigor e composição química

No contexto da tecnologia de sementes, o conhecimento da composição química é essencial. Componentes como proteínas, lipídios e carboidratos são constituintes cruciais na estrutura das sementes, portanto, alterações na composição das reservas do embrião podem afetar os processos de germinação e vigor das sementes (Soares *et al.*, 2024).

Os resultados das análises bromatológicas dos lotes das cultivares de trigo avaliadas estão apresentados na Tabela 2, contendo as médias percentuais de matéria seca (MS), umidade (U), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra bruta (FB).

Tabela 2 - Composição química das sementes de diferentes cultivares de trigo, representadas pelas médias em percentagem.

Análise bromatológica	BR 18	BRS 404	BRS 264
Matéria seca	88,86 b*	89,43 a	88,52 c
Proteína bruta	15,54 ab	17,02 a	14,58 b
Extrato etéreo	4,36 a	2,74 ab	1,70 b
Umidade	11,14 b	10,57 c	11,48 a
Fibra bruta	4,65 a	4,93 a	5,16 a

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observou-se variação estatística entre todas as cultivares quanto aos teores de matéria seca. A cultivar BRS 404 apresentou o maior teor (89,43 %), seguida pela BR 18 (88,86 %) e, por fim, pela BRS 264, que apresentou o menor valor (88,52 %). A matéria seca do farelo de trigo é composta por carboidratos, minerais e proteínas, correspondendo a aproximadamente 72 % (Iqbal, Shams e Fatima, 2022).

A utilização da matéria seca presente nas reservas das sementes está diretamente associada ao processo de germinação, uma vez que tais reservas são mobilizadas para sustentar o desenvolvimento inicial da plântula. Nesse contexto, Abbas (2009) verificou, em sua pesquisa com sementes de trigo, uma redução significativa no teor de matéria seca durante a germinação, atingindo o valor mínimo seis dias após o início do processo. Esse comportamento foi atribuído à elevada absorção de água, que promove o aumento do peso fresco das sementes e dos brotos. De forma semelhante, Andrade, Coelho e Padilha (2019) concluíram que determinados

genótipos de sementes de milho apresentam maior eficiência na utilização e mobilização dessas reservas, resultando em plântulas com maior vigor.

Quanto aos teores de proteína bruta, o lote de sementes da cultivar BR 18 (15,54 %) não divergiu estatisticamente das cultivares BRS 404 (17,02 %) e BRS 264 (14,58 %). A cultivar BRS 404 apresentou os maiores teores, diferindo estatisticamente apenas da cultivar BRS 264. A composição proteica do trigo varia de 10 % a 18 % da matéria seca total (Irge, 2017; Iqbal, Shams e Fatima, 2022).

Silva (2023), em seu trabalho, obteve teores de proteína semelhantes para as cultivares BRS 264, com 15,8 %, e BRS 404, com 17,6 %. Escalera *et al.* (2023) encontraram teores de proteína bruta de 14,8 % para a BRS 264. Em sua pesquisa, Kulathunga *et al.* (2021) observaram que os teores de proteína em sementes de trigo variaram entre 15,9 % e 18,4 %. Assim, os teores encontrados nas cultivares estudadas, embora apresentem diferenças estatísticas, são compatíveis com alto vigor e excelente germinação.

Ries *et al.* (1976) demonstraram que o vigor das plântulas está significativamente relacionado ao tamanho das sementes e ao teor de proteína, sendo, contudo, mais fortemente associado à quantidade de proteína por semente em cultivares de trigo. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), os teores de proteína são capazes de causar variações nos níveis de vigor das sementes e influenciar positivamente na germinação.

A mobilização das proteínas de reserva durante a germinação afeta diretamente a qualidade proteica das sementes germinadas. Enzimas ativadas após a embebição degradam as proteínas estocadas em aminoácidos, que passam a ser utilizados na síntese de novas proteínas e outros compostos essenciais ao desenvolvimento inicial, elevando assim o teor proteico (Bagarinao *et al.*, 2024).

As sementes apresentam proteínas com múltiplas funções, produzidas ao longo do desenvolvimento e da maturação, posteriormente armazenadas e degradadas durante o processo germinativo. Em testes realizados com sementes de amendoim, os resultados mostraram que os teores totais de proteínas e lipídios foram significativamente degradados após a germinação (Rao *et al.*, 2018).

Segundo Liu *et al.* (2018) estudos de interação proteína-proteína evidenciam uma complexa rede funcional entre proteínas relacionadas ao metabolismo energético e outras categorias proteicas. A análise de vias metabólicas revela intrincadas redes regulatórias no embrião e no endosperma, responsáveis pela coordenação do processo germinativo em sementes de trigo.

O extrato etéreo dos lotes apresentou diferença significativa apenas entre as cultivares BR 18 (4,36 %) e BRS 264 (1,70 %). O lote da cultivar BRS 404, com teor de 2,74 %, não apresentou variação estatística em relação às demais cultivares. Apesar de ter apresentado o menor teor, a BRS 264 obteve resultados semelhantes aos relatados por Escalera *et al.* (2023), que observaram 1,68 %.

Estudos relatam ampla variação nos teores de lipídios entre diferentes tipos e cultivares de trigo. Andersson *et al.* (2013) identificaram níveis entre 2,04 % e 3,6 %, enquanto Fraś, Wiśniewska e Gołębiewski (2020) observaram valores de 1,9 % a 2,6 % em três cultivares analisadas. Já Kulathunga *et al.* (2021) relataram teores variando de 1,25 % a 2,53 %.

Sibian, Saxena e Riar (2017) observaram que, em sementes de trigo, a capacidade de absorção de lipídios durante a germinação foi maior, evidenciando que a germinação foi responsável por esse aumento. Além disso, esse fator apresentou correlação positiva com a qualidade da proteína, devido à hidrofobicidade da superfície proteica e à sua capacidade de reter glóbulos de lipídios.

No estudo realizado por Ammar *et al.* (2023), foram realizadas análises por componentes principais, correlações entre metabólitos e agrupamento hierárquico, as quais evidenciaram distintas mudanças dinâmicas nos metabólitos do embrião e do endosperma durante a germinação das sementes de trigo. Os resultados indicam que o embrião está principalmente envolvido no metabolismo de proteínas e lipídios, enquanto o endosperma atua como reserva de amido nesse processo.

Esses dados reforçam a importância dos compostos energéticos presentes nas sementes, como lipídios e proteínas. Conforme demonstrado por estudos em algodão, a massa da semente e o conteúdo calórico total de lipídios, proveniente da soma dos lipídios e das proteínas, mostraram forte associação com o vigor inicial das plântulas de algodão de terras altas (Snider *et al.*, 2016). Esses achados sugerem que, assim como no algodão, o maior conteúdo energético das sementes de trigo, especialmente proveniente de lipídios e proteínas, pode contribuir significativamente para o vigor das plântulas.

Referente ao grau de umidade, observou-se que os lotes apresentaram variação de 11,48 % a 10,57 %, com diferença significativa entre todas as cultivares. O lote da cultivar BRS 404 apresentou o menor grau de umidade em sua composição química, com valor de 10,57 %, quando comparado às demais cultivares. Esses resultados são próximos quando comparados aos relatados por Kulathunga *et al.* (2021), que identificaram valores de umidade em torno de 10,0 a 10,5 % na farinha de cultivares de trigo, e inferiores aos de Scheuer *et al.* (2011), que registraram 12,96 % e 13,21 % em diferentes cultivares de trigo.

A umidade é um fator crítico para a qualidade fisiológica das sementes, influenciando diretamente a germinação e o vigor. Laxmi, Chaturvedi e Richa (2015) verificaram aumento nos parâmetros da composição proximal das amostras à medida que se prolongaram os períodos de embebição e germinação, destacando maior elevação na umidade (12,29 %) da farinha de trigo.

Em sementes de arroz, Ranmeechai *et al.* (2022) demonstraram que o grau de umidade ideal para máxima germinação (98 e 99 %) situa-se entre 10 e 12 %, e que valores abaixo ou acima dessa faixa reduzem a germinação, seguindo tendência quadrática. Portanto, embora se trate de espécies distintas, observa-se que, tanto para trigo quanto para arroz, a manutenção da umidade em níveis adequados é crucial para preservar o desempenho germinativo e a qualidade das sementes.

Não foram observadas alterações significativas nos teores de fibra bruta nos lotes de todas as cultivares, sendo estes de 4,65 % para a BR 18, 4,93 % para a BRS 404 e 5,16 % para a BRS 264. Esses teores estão acima dos relatados por Escalera *et al.* (2023), que observaram valores máximos de 2,8 % e mínimos de 2,3 % em cultivares de trigo, sendo que, para a cultivar BRS 264, encontraram um teor de apenas 1,68 %.

Por outro lado, Abbas (2009) observou aumento significativo no teor de fibra bruta em sementes de trigo, associando essa elevação exclusivamente ao período de germinação. De forma semelhante, Laxmi, Chaturvedi e Richa (2015) relataram que a fibra bruta, constituída por celulose, lignina e hemiceluloses, tende a apresentar elevação expressiva ao longo do processo germinativo.

Dessa forma, os teores de fibra bruta observados diferem dos relatados na literatura, possivelmente devido a variações nas condições experimentais. A estabilidade entre os lotes indica pouca influência do fator genético nesse parâmetro, reforçando a importância de investigar o papel da germinação e de fatores ambientais na composição de fibra bruta das sementes.

Diante dos resultados apresentados, a germinação e o vigor das cultivares de trigo analisadas está diretamente atrelada à composição química, considerando que os teores de matéria seca, proteína, extrato etéreo, grau de umidade e fibra bruta, quando em níveis adequados, podem ser cruciais no vigor e germinação destas sementes.

Conclusão

De acordo com os testes e análises realizadas, pode-se concluir que os teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, grau de umidade e fibra bruta influenciaram positivamente

na germinação e no vigor das sementes das cultivares de trigo BR 18, BRS 404 e BRS 264. Esses resultados fornecem subsídios para programas de melhoramento e para a escolha de cultivares com maior potencial de germinação e vigor.

Referências

ABBAS, T. A. A. Nutritional value of germinated wheat. **Al-Mustansiriyah Journal of Science**, v. 20, n. 2, p. 41-46, 2009.

ALBRECHT, J. C. **Cultivar Trigo BRS 264**: precocidade, qualidade industrial e altos rendimentos para o cerrado do Brasil Central. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 14 p. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225213/1/Cultivar-trigo-BRS-264-Circular-tecnica-49.pdf> >. Acesso em: 20 fev. 2024.

AMMAR, M. K.; HANAFI, R. S.; CHOUCRY, M. A.; HANDOUSSA, H. Structural, functional, nutritional composition and analytical profiling of *Triticum aestivum* L. **Applied Biological Chemistry**, v. 66, n. 1, p. 48, 2023. Disponível em: < <https://doi.org/10.1186/s13765-023-00804-3> >. Acesso em: 16 jun. 2025.

ANDERSSON, A. A. M.; ANDERSSON, R.; PIIRONEN, V.; LAMPI, A. M.; NYSTRÖM, L.; BOROS, D.; FRÁŠ, A.; GEBRUERS, K.; COURTIN, C. M.; DELCOUR, J. A.; RAKSZEGI, M.; BEDO, Z.; WARD, J. L.; SHEWRY, P. R.; ÅMAN, P. Contents of dietary fibre components and their relation to associated bioactive components in whole grain wheat samples from the healthgrain diversity screen. **Food chemistry**, v. 136, n. 3-4, p. 1243-1248, 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.074> >. Acesso em: 16 jul. 2025.

ANDRADE, G. C. de; COELHO, C. M. M.; PADILHA, M. S. Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 488-497, 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n4227354> >. Acesso em: 20 jul. 2025.

AOSA, I. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, NY: Association of Official Seed Analysts, 2009. 341 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS., A. AOAC (1984) Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**. 14th Edition, AOAC, Arlington. - References - Scientific Research Publishing. Disponível em: < <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1300500> >. Acesso em: 20 mar. 2024.

BAGARINAO, N. C.; KING, J.; LEONG, S. Y.; AGYEI, D.; SUTTON, K.; OEY, I. Effect of germination on seed protein quality and secondary metabolites and potential modulation by pulsed electric field treatment. **Foods**, v. 13, n. 11, p. 1598, 2024. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/foods13111598> >. Acesso em: 05 ago. 2025.

BAZZO, J. H. B.; GARCIA, E. B.; MARINHO, J. L.; GOMES, D.; SILVA, S. R.; ZUCARELI, C. Vigor de sementes e adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Cultura Agronômica**, v. 30, n. 1, p. 39-50, 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2021v30n1p39-50> >. Acesso em: 15 mar. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº45**. Brasília, DF: MAPA, 2013. 22 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 398 p.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. São Paulo, SP: FUNEP, 2012. 590 p.

CHAGAS, J. H.; SOARES SOBRINHO, J.; PIRES, J. L. F.; SÓ E SILVA, M.; ALBRECHT, J. C.; CUNHA, G. R. da.; MORESCO, E. R. **Informações fitotécnicas para potencializar o desempenho produtivo da cultivar de trigo BRS 404 no Cerrado do Brasil Central**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2018a. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214032/1/Circular33-Chagas-corrigido.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

CHAGAS, J. T. FARIAS, J.; SOUZA, R.; JÚNIOR, S. F.; COSTA, M. G. Germinação e vigor de sementes crioulas de feijão-caupi. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 9, p. 487-498, 2018b. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2018a/germinacao%20e%20vigor.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2025.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2023/24 9º levantamento**. v.11, n. 9, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2023-2024/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 19 jun. 2024.

ESCALERA, R. A. V.; PIMENTEL, J. R.; CARVALHO, I. R.; SZARESKI, V. J.; JAQUES, L. B. A.; BARBOSA, M. H.; CONTE, G. G.; BORTOLI, A. C.; FERREIRA, C. D.; RADUNZ, A. L.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T. Physiological and biochemical potential of wheat seeds produced in different brazilian states. **Revista Thema**, v. 22, n. 1, p. 104-121, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.15536/thema.V22.2023.104-121.2995>>. Acesso em: 26 jul. 2025.

FAO. **World Food and Agriculture: Statistical Yearbook 2023**. Rome, IT: FAO. 2023. 384 p. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/5c272dc7-e1b8-486a-b323-6babb174eee0>. Acesso em: 15 abr. 2024.

FAO. **Agricultural production statistics 2010–2023**. FAOSTAT Analytical Briefs, No 96. Rome. 16 p. 2024. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd3755en>>. Acesso em: 15 abr. 2024

FRAŚ, A.; WIŚNIEWSKA, M.; GOŁĘBIEWSKI, D. Estimation of technological value and chemical composition of selected common wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). **Plant Breeding and Seed Science**, v. 81, p. 3-18, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.37317/pbss-2020-0001>>. Acesso em: 22 jul. 2025.

FAVORETTO, M. de M. G.; KRZYZANOWSKI, F. C.; EMRICH, P. P.; ZUCARELI, C. Standardization of the accelerated aging test for evaluation of wheat seed vigor. **Journal of**

Seed Science, v. 46, p. e202446007, 2024. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46279725>>. Acesso em: 20 mar. 2024.

GIRALDO, P.; BENAVENTE, E.; MANZANO-AGUGLIARO, F.; GIMENEZ, E. Worldwide research trends on wheat and barley: A bibliometric comparative analysis. **Agronomy**, v. 9, n. 7, p. 352, 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/agronomy9070352>>. Acesso em: 27 jul. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

IRGE, D. D. Chemical Composition and Nutritional Quality of Wheat, Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter), Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Rice (*Oryza sativa*) - A Review. **Food Science and Quality Management**, v. 59, p. 6-12, 2017. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/234684512.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2025.

IQBAL, M. J.; SHAMS, N.; FATIMA, K. Nutritional quality of wheat. In: ANSARI, M. R. **Wheat-recent advances**. London, UK: IntechOpen, 2022. Disponível em: < <https://doi.org/10.5772/intechopen.104659>>. Acesso em: 21 jul. 2025.

KULATHUNGA, J.; REUHS, B. L.; ZWINGER, S.; SIMSEK, S. Comparative study on kernel quality and chemical composition of ancient and modern wheat species: Einkorn, emmer, spelt and hard red spring wheat. **Foods**, v. 10, n. 4, p. 761, 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/foods10040761>>. Acesso em: 20 jul. 2025.

LAXMI, G.; CHATURVEDI, N.; RICHA, S. The impact of malting on nutritional composition of foxtail millet, wheat and chickpea. **Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 5, n. 5, 2015. Disponível em: < <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20163002604>>. Acesso em: 03 ago. 2025.

LIU, Y.; HAN, C.; DENG, X.; LIU, D.; LIU, N.; YAN, Y. Integrated physiology and proteome analysis of embryo and endosperm highlights complex metabolic networks involved in seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 229, p. 63-76, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.06.011>>. Acesso em: 06 ago. 2025.

MARCOS-FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C. *et al.* **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR: ABRATES, 2020. p. 17-72.

OLIVEIRA, G. R. F. de.; HIRAI, W. Y.; FERREIRA, D. S.; SILVA, K. P. O. M. da.; SILVA, G. C.; MORAES, T. B.; MASTRANGELO, C. B.; PEREIRA, F. M. V.; PEREIRA-FILHO, E. R.; SILVA, E. A. A. da. Spectroscopy technologies to screen peanut seeds with superior vigor through “Chemical Fingerprinting”. **Agronomy**, v. 14, p. 1-17, 2024. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/agronomy14112529>>. Acesso em: 06 jul. 2025.

OLIVEIRA-NETO, A. A. de.; SANTOS, C. M. R. **A cultura do trigo**. Brasília, DF: Conab, 2017. 218 p. Disponível em: < <https://livros.unb.br/index.php/estante/catalog/book/242>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

RANMEECHAI, N.; LACAP, A. T.; TAC-AN, M. I. A.; BAYOGAN, E. R. V. Seed germination and vigor of four Philippine rice varieties as influenced by hydropriming and storage at various durations. **Philippine Journal of Science**, v. 151, n. 2, p. 755-765, 2022.

RAO, H.; CHEN, C.; TIAN, Y.; LI, Y.; GAO, Y.; TAO, S.; XUE, W. Germination results in reduced allergenicity of peanut by degradation of allergens and resveratrol enrichment. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 50, p. 188-195, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.015>>. Acesso em: 21 jul. 2025.

RIES, S. K.; AYERS, G.; WERT, V.; EVERSON, E. H. Variation in protein, size and seedling vigor with position of seed in heads of winter wheat cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 56, n. 4, p. 823-827, 1976. Disponível em: < <https://doi.org/10.4141/cjps76-134>>. Acesso em: 08 jul. 2025.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. de.; MIRANDA, M. Z. de.; OGLIARI, P. J.; TORRES, G.; LIMBERGER, V.; MONTENEGRO, F. M.; RUFFI, C. R.; BIONDI, S. Characterization of Brazilian wheat cultivars for specific technological applications. **Food Science and Technology**, v. 31, p. 816-826, 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000300041>>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SIBIAN, M. S.; SAXENA, D. C.; RIAR, C. S. Effect of germination on chemical, functional and nutritional characteristics of wheat, brown rice and triticale: a comparative study. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 13, p. 4643-4651, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1002/jsfa.8336>>. Acesso em: 20 jul. 2025.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, R. F. da. **Avaliação do potencial da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) em Alagoas**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2023. Disponível em: < <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/15469>>. Acesso em: 27 jul. 2025.

SGHAIER, A. H.; TARNAWA, Á.; KHAEIM, H.; KOVÁCS, G. P.; GYURICZA, C.; KENDE, Z. The effects of temperature and water on the seed germination and seedling development of rapeseed (*Brassica napus* L.). **Plants**, v. 11, n. 21, p. 2819, 2022. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/plants11212819>>. Acesso em: 09 ago. 2025.

SNIDER, J. L.; COLLINS, G. D.; WHITAKER, J.; CHAPMAN, K. D.; HORN, P. The impact of seed size and chemical composition on seedling vigor, yield, and fiber quality of cotton in five production environments. **Field crops research**, v. 193, p. 186-195, 2016. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.05.002>>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SOARES, J. M.; BATISTA, T. B.; SILVA, M. F. D.; RODRIGUES, N. S.; DIAS, D. C. F. D. S.; SILVA, L. J. D. Classification of the physiological potential of soybean seed lots using infrared spectroscopy and chemometric methods. **Journal of Seed Science**, v. 46, p. e202446009, 2024. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/2317-1545v46278267>>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SOUSA, P. G. BR 18-Terena: cultivar de trigo para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 1039-1043, 2002. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000700019>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

TIERI, M.; GHELFI, F.; VITALE, M.; VETRANI, C.; MARVENTANO, S.; LAFRANCONI, A.; GODOSÍCONE, J.; TITTA, L.; GAMBERA, A.; ALONZO, E.; SCIACCA, S.; RICCARDI, G.; BUSCEMI, S.; DEL RIO, D.; SUMANTRA, R.; GALVANO, F.; BECK, E.; GROSSO, G. Whole grain consumption and human health: an umbrella review of observational studies. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 71, n. 6, p. 668-677, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/09637486.2020.1715354>>. Acesso em: 14 abr. 2024.