



Influência da composição química de sementes de arroz sob a germinação e vigor

Helder Lucas do Nascimento Silva¹; Oziane Paula Cabral^{1*}; Ivonete Hoss²; Queli Ruchel³; Heloisa Aguiar Santos¹

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

² Doutoranda em Química Orgânica, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

³ Coordenadora e Docente do curso de Bacharelado em Engenharia Agronômica, Universidade La Salle - Lucas do Rio Verde, MT.

Resumo: O arroz (*Oryza sativa* L.) é o terceiro produto agrícola mais importante no Brasil, com destaque para o Mato Grosso como maior produtor de arroz de terras altas. O cultivo exige práticas de manejo adequadas e tecnologias que garantam alta qualidade de grãos e sementes. Este estudo teve como objetivo analisar a composição química de lotes de sementes de quatro cultivares de arroz (ANa 9005 CL, ANa 8001, ANa 6311 e ANa 5015) e relacioná-la com a germinação e vigor. O experimento foi conduzido no laboratório multidisciplinar do Centro Universitário La Salle, em Lucas do Rio Verde (MT), entre fevereiro e março de 2024. Foram realizados testes de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, além de análises bromatológicas em triplicata, incluindo matéria seca, umidade, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta. As cultivares ANa 9005 CL, ANa 8001 e ANa 6311 apresentaram desempenho semelhante nos testes fisiológicos, enquanto a ANa 5015 destacou-se por apresentar alterações químicas e baixo vigor. Houve diferenças entre cultivares nos teores de matéria seca e extrato etéreo, mas não em proteína bruta e fibra bruta. Conclui-se que a composição química das sementes pode influenciar significativamente sua germinação e vigor.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.; Envelhecimento acelerado; Condutividade elétrica; Proteínas; Bromatologia.

Influence of the chemical composition of rice seeds on germination and vigor

Abstract: Rice (*Oryza sativa* L.) is the third most important agricultural product in Brazil, with Mato Grosso standing out as the largest producer of upland rice. Cultivation requires appropriate management practices and technologies to ensure high grain and seed quality. This study aimed to analyze the chemical composition of seed lots from four rice cultivars (ANa 9005 CL, ANa 8001, ANa 6311, and ANa 5015) and relate it to germination and vigor. The experiment was carried out at the Multidisciplinary Laboratory of the La Salle University Center, Lucas do Rio Verde (MT), between February and March 2024. Germination, accelerated aging, and electrical conductivity tests were performed, along with triplicate bromatological analyses of dry matter, moisture, crude protein, ether extract, and crude fiber. Cultivars ANa 9005 CL, ANa 8001, and ANa 6311 showed similar physiological performance, whereas ANa 5015 exhibited chemical alterations and low vigor. Differences were observed in dry matter and ether extract contents, but not in crude protein and crude fiber. It is concluded that the chemical composition of seeds may significantly influence their germination and vigor.

Keywords: *Oryza sativa* L.; Accelerated aging; Electrical conductivity; Proteins; Bromatology.

Introdução

Entre os cereais cultivados, o arroz (*Oryza sativa L.*) se destaca por representar cerca de 20% da ingestão calórica recomendada para a população mundial. Trata-se de um alimento essencial para grande parte da humanidade, constituindo a base da dieta de milhões de pessoas (Alam *et al.*, 2024).

Além de ser amplamente consumido, o grão contribui de forma significativa para a segurança alimentar, pois fornece nutrientes fundamentais, especialmente para comunidades em situação de vulnerabilidade. Portanto, o arroz exerce papel estratégico na promoção da saúde, no atendimento das necessidades nutricionais e no fortalecimento da segurança alimentar em escala global (Alam *et al.*, 2024).

No contexto agrícola brasileiro, o arroz ocupa a terceira posição em relevância econômica, atrás apenas da soja e do milho. O Rio Grande do Sul se destaca como o principal estado produtor, responsável por aproximadamente metade da produção nacional, sendo a maior parte (cerca de 80%) proveniente do cultivo irrigado (Ferreira e Moraes, 2017).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2024), o arroz é uma cultura importante para o agronegócio brasileiro, em 2023/2024, a produção nacional alcançou 10,58 milhões de toneladas, acompanhada da expansão da área destinada ao cultivo em sequeiro, sobretudo no estado do Mato Grosso, e da consolidação do cultivo irrigado em Tocantins, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul.

O desenvolvimento de variedades de arroz de alto rendimento é fundamental para atender à crescente demanda mundial e assegurar a estabilidade econômica das regiões produtoras (Meena *et al.*, 2023). Segundo Das *et al.* (2020), entre as estratégias utilizadas, a criação de híbridos tem se destacado por proporcionar expressivos ganhos de produtividade, reforçando o papel da cultura na segurança alimentar global.

Nos últimos anos, as pesquisas têm avançado na compreensão da base genética que relaciona o rendimento de grãos ao conteúdo nutricional do arroz. Foram identificadas áreas genéticas de características quantitativas associadas tanto à produtividade quanto a parâmetros como teor de proteína e lipídios. A incorporação de ferramentas de genômica e metabolômica nos programas de melhoramento genético tem ampliado a capacidade de prever o desempenho dos híbridos, favorecendo simultaneamente a produtividade e a qualidade nutricional (Huang, 2024).

O arroz é composto principalmente por carboidratos, além de conter proteínas, lipídios, vitaminas e minerais. A quantidade e a proporção desses nutrientes no grão podem variar em função de fatores como o genótipo, as condições climáticas, a adubação, as características do

solo, bem como os processos de beneficiamento, armazenamento e cozimento (Mamata *et al.*, 2018; Sultana *et al.*, 2022).

A tecnologia de sementes, como segmento do processo de produção, tem procurado aprimorar os testes usados para avaliar o potencial fisiológico (germinação e vigor) das mesmas, com o objetivo de que os resultados expressem o potencial de desempenho do lote de sementes (Gao *et al.*, 2024).

No Brasil, diferentes metodologias têm sido aplicadas em pesquisas e rotinas laboratoriais para a avaliação do vigor de sementes. Entre elas, destacam-se os testes que submetem as sementes a condições de estresse, como o teste de envelhecimento acelerado. O teste de envelhecimento acelerado é amplamente reconhecido como uma ferramenta eficiente para estimar o vigor de sementes em diferentes espécies. Esse método possibilita distinguir lotes que, embora apresentem taxas de germinação semelhantes, diferem quanto ao seu potencial fisiológico (Marcos-Filho, 2016).

O processo de envelhecimento das sementes envolve a deterioração progressiva que ocorre nas fases finais do desenvolvimento, resultando em perdas irreversíveis no seu potencial fisiológico. Essas mudanças afetam as células, provocando alterações anatômicas e fisiológicas, que se intensificam sob condições de estresse, representando uma etapa natural do ciclo de vida da planta até a senescência (Silva *et al.*, 2025).

Outro método amplamente utilizado, é o teste de condutividade elétrica, que avalia a liberação de eletrólitos pelas sementes após sua imersão em água por um período determinado. Sementes que apresentam danos ou degradação nas membranas celulares tendem a liberar maiores quantidades desses eletrólitos, o que indica menor vigor fisiológico (Silva *et al.*, 2024). Ascoli e Silva (2023) afirmam que, o teste de condutividade elétrica é consistente na determinação do vigor de sementes de distintos genótipos de arroz, principalmente no apontamento de lotes com baixo desempenho fisiológico.

Diante da relevância da composição química das sementes para a germinação e o vigor de plântulas, este estudo teve como objetivo avaliar a influência desses fatores em diferentes cultivares de arroz cultivadas em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso.

Material e métodos

Implantação do experimento

As análises foram conduzidas no Laboratório Multidisciplinar do Centro Universitário La Salle – Unilasalle Lucas, localizado em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, avaliando-se quatro cultivares de arroz. As

sementes foram coletadas diretamente do armazém a granel em agosto de 2023 e armazenadas em sacos do tipo Kraft, em temperatura ambiente. As cultivares submetidas às análises foram a ANa 8001, ANa 9005 CL, ANa 6311 e ANa 5015.

Para a avaliação do potencial fisiológico das sementes, foram realizados os seguintes procedimentos: o teste de germinação, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), acompanhado da aferição do comprimento da raiz e da parte aérea em 10 plantas selecionadas aleatoriamente por repetição; o teste de envelhecimento acelerado (Krzyszowski e Vieira, 2020), utilizando oito repetições de 50 sementes por tratamento; e o teste de condutividade elétrica, seguindo a metodologia descrita por Ferreira *et al.* (2017). Adicionalmente, foram conduzidos testes bromatológicos para quantificação dos componentes das reservas das sementes, incluindo umidade, matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta. Todas as análises bromatológicas foram realizadas em triplicata, conforme os métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Teste de germinação, comprimento de raiz e parte aérea

O teste de germinação foi conduzido com oito repetições de 50 sementes de arroz, utilizando papel Germitest como substrato. A quantidade de água destilada aplicada correspondia a 2,5 vezes o peso seco do papel, sendo as amostras alocadas em sacos plásticos e incubadas em sala de germinação com temperatura controlada de 25 °C (± 2 °C). As avaliações ocorreram no 5º e 14º dias após a montagem do teste, considerando-se a porcentagem de plantas normais, conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Paralelamente, realizou-se a medição do comprimento da raiz e da parte aérea de 10 plântulas selecionadas aleatoriamente por repetição, utilizando régua graduada, e os resultados foram expressos em centímetros por planta.

Teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado em caixas “gerbox”, com compartimentos separados por uma tela, sendo que na caixa, adicionou-se 40 mL de água desionizada e na parte superior da tela, colocou-se as sementes de arroz, em seguida, colocou-se o teste na estufa à 41 °C durante 120 horas. Após este período, montou-se o teste de germinação, conforme metodologia de Krzyszowski *et al.* (2020).

O teste de condutividade elétrica foi realizado pelo método massal, utilizando quatro repetições de 50 sementes intactas, selecionadas visualmente. As amostras foram imersas em 75 mL de água destilada em bêqueres de 100 mL e mantidas a 25 °C por 24 horas (Ferreira *et al.*, 2017). Após a embebição das sementes, efetuou-se a leitura com o condutivímetro KASVI

K53-001, e os resultados foram obtidos dividindo-se o valor da condutividade elétrica pela massa úmida das sementes, sendo expressos em $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Testes bromatológicos

O teor de umidade e de matéria seca das sementes de arroz foi determinado pelo método gravimétrico. Inicialmente, pesaram-se 150 g de cada amostra, que foram levadas à estufa para secagem a 105 °C por 16 horas. Em seguida, as amostras foram retiradas e colocadas em dessecador para resfriamento, sendo posteriormente pesadas, e as massas registradas. Este procedimento de aquecimento e resfriamento foi repetido até que se atingisse peso constante, definido como a diferença inferior a 0,001 g entre duas pesagens consecutivas. A porcentagem de matéria seca e de umidade foi calculada a partir da diferença entre os pesos inicial e final.

Para a determinação do extrato etéreo, a extração dos lipídios foi realizada conforme os métodos analíticos da AOSA (2009), utilizando-se aparelho automático TECNAL TE-044-5/50, equipado com seis extractores, suporte para cartuchos e tubos coletores de éter. Inicialmente, os reboilers foram identificados e previamente secos em estufa a 105 °C por 12 horas. Em seguida, pesaram-se 1,5 g da amostra moída e seca, que foram submetidas à extração por ebulação, condensação e destilação de 50 mL de éter de petróleo, durante 2 horas a 85 °C e 2 horas a 95 °C. Após a extração, os reboilers contendo os lipídios extraídos foram secos em estufa a 105 °C por 30 minutos e resfriados em dessecador à temperatura ambiente. Por fim, os reboilers foram pesados novamente, e a tara registrada, permitindo o cálculo da porcentagem de gordura extraída e a análise estatística dos dados.

A análise de proteína bruta foi realizada por meio dos processos de digestão, destilação e titulação das amostras, seguindo o método padrão de Kjeldahl e as recomendações da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1984). Trata-se de uma determinação indireta, uma vez que não quantifica diretamente a proteína, mas sim o nitrogênio orgânico total. O teor de proteína bruta é, então, obtido pela multiplicação do teor de nitrogênio total por um fator de conversão de 6,25.

No processo de digestão, utilizaram-se 0,500 g de amostra moída, 1,0 g de mistura catalisadora composta por sulfato de potássio (K_2SO_4) e sulfato de cobre (CuSO_4), e 5,0 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Os tubos foram transferidos para o bloco digestor e aquecidos gradativamente até atingir 405 °C, assegurando a completa digestão. Durante esse processo, os grupos proteicos são convertidos em amônia (NH_3), que, em reação com o ácido sulfúrico, forma sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) (Silva e Queiroz, 2002).

No processo de destilação, realizado com o aparelho destilador TECNAL TE-0364, utilizaram-se 40 mL de hidróxido de sódio (NaOH) e 5 mL de ácido bórico (H_3BO_3) como

solução receptora em um Erlenmeyer de 125 mL, resultando na liberação de aproximadamente 50 mL de amônia, identificada pela coloração verde cristalina. A titulação foi determinada pelo método de viragem utilizando o ácido sulfúrico 0,1 mol/L até atingir a coloração rosa. Método pela qual é quantificado total de amônia presente na solução final (Silva e Queiroz, 2002).

A determinação da fibra bruta foi realizada conforme os métodos analíticos da AOSA (2009). Inicialmente, pesaram-se 0,350 g da amostra desengordurada, acondicionadas em sacos de TNT selados, que foram hidratadas com água destilada por 30 minutos. Em seguida, adicionaram-se 3 L de ácido sulfúrico 0,255 N na cuba para digestão. O aparelho foi programado para 100 °C, e a amostra foi submetida à ebulação por 30 minutos. Após esse período, o ácido sulfúrico foi descartado, e a amostra foi lavada quatro vezes com água destilada em fervura por 5 minutos cada.

Posteriormente, acrescentaram-se 3 L de hidróxido de sódio (NaOH) 0,313 N na cuba, programando-se novamente a temperatura para 100 °C. A amostra foi inserida após o início da ebulação e mantida em fervura por 30 minutos, seguida de quatro lavagens com água destilada fervente por 5 minutos cada.

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. Finalmente, as amostras foram calcinadas em mufla a 550 °C por 1 hora, resfriadas em dessecador, pesadas e, a partir dessas medidas, calculou-se o teor de fibra bruta.

Análise estatística

Os dados referentes ao potencial fisiológico foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) e, quando significativos, foi realizado o teste de comparação de médias de Tukey, também a 5% de probabilidade. Para a interpretação e comparação dos resultados das análises bromatológicas, utilizaram-se média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação. Subsequentemente, os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, ambos com nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

A análise de variância, na Tabela 1, mostrou diferença estatística para os testes conduzidos nas cultivares de arroz para o teste de germinação padrão (G), primeira contagem (PC), comprimento de raiz (CPR), comprimento de parte aérea (CPA), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE).

Tabela 1 - Resultados dos testes de germinação padrão, comprimento de raiz e parte aérea, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica.

Cultivar	G (%)	PC (%) ¹	CPR (cm)	CPA (cm)	EA (%)	CE ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
ANa 9005 CL	59,50 a*	33,75 a	13,49 a	6,58 ab	73,67 a	1,92 a
ANa 8001	57,50 a	20,50 b	11,80 ab	5,50 b	72,50 a	2,42 b
ANa 6311	49,50 a	13,75 bc	12,41 ab	6,58 ab	70,00 a	2,25 ab
ANa 5015	19,00 b	3,50 c	10,51 b	8,05 a	18,25 b	3,90 c
CV (%)	12,40	33,08	34,12	38,94	7,91	8,55

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Primeira contagem do teste de germinação (PC) (%), teste de germinação (G) (%), comprimento de raiz (CPR) (cm), comprimento de parte aérea (CPA) (cm), envelhecimento acelerado (EA) (%) e condutividade elétrica (CE) ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).

No teste de germinação padrão, as cultivares ANa 9005 CL (59,50%), ANa 8001 (57,50%) e ANa 6311 (49,50%) não apresentaram diferença significativa entre si, porém diferiram da cultivar ANa 5015 (19%), que apresentou redução de 40,50% em relação à cultivar com maior percentual de germinação. Esses valores estão abaixo do mínimo (80%) exigido para a comercialização de sementes de arroz no Brasil, conforme a Instrução Normativa nº 45 (BRASIL, 2013). No entanto, Ascoli e Silva (2021), em seu estudo, observaram médias de 94% para a cultivar ANa 9005 CL e de 88,16% para a cultivar ANa 8001 no teste de germinação padrão.

Os baixos índices de germinação padrão observados nessas cultivares podem ter sido adquiridos durante o período de armazenamento. De acordo com Silva *et al.* (2024), o envelhecimento das sementes constitui um processo natural que provoca a peroxidação lipídica, a degradação das membranas celulares e a desorganização do núcleo. Dessa forma, conforme a espécie, o potencial fisiológico das sementes pode ser reduzido durante o armazenamento, comprometendo ou até mesmo impedindo a germinação.

Os resultados de vigor obtidos por meio dos testes de primeira contagem de germinação, comprimento de raiz e parte aérea, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica demonstraram sensibilidade suficiente para distinguir os lotes em diferentes níveis de vigor.

Ao comparar as cultivares no teste de germinação da primeira contagem, observou-se que a cultivar ANa 9005 CL apresentou o maior valor (33,75%), indicando maior número de plântulas germinadas aos cinco dias em relação às demais cultivares. As cultivares ANa 8001 (20,50%) e ANa 6311 (13,75%) não diferiram estatisticamente entre si, sendo que a cultivar ANa 6311 também não apresentou diferença significativa em relação à ANa 5015 (3,50%), a qual obteve a menor porcentagem, evidenciando menor vigor. Em seu estudo, Ascoli e Silva (2021) relataram médias de 84,91% para a cultivar ANa 9005 CL e 78,33% para a cultivar ANa

8001 no teste de primeira contagem da germinação, concluindo que a cultivar ANa 9005 CL é superior a ANa 8001 em seus índices fisiológicos.

Segundo Yadav *et al.* (2023), o vigor das plântulas é um elemento decisivo para o rendimento final do arroz, refletindo-se diretamente no desenvolvimento inicial das plantas. O comprimento da raiz e parte aérea são parâmetros fundamentais na avaliação do estabelecimento inicial.

A análise de variância, realizada por meio do teste F, evidenciou efeitos significativos ao nível de 5% para as variáveis comprimento das raízes e da parte aérea. Observou-se que as cultivares com maior taxa de germinação apresentaram maior comprimento radicular, sendo 13,49 cm, 12,41 cm e 11,80 cm para as cultivares ANa 9005 CL, ANa 6311 e ANa 8001, respectivamente. Quanto ao comprimento da parte aérea, os valores variaram entre 5,50 cm, registrado para a cultivar ANa 8001, e 8,05 cm, observado na cultivar ANa 5015, sendo esta última a maior taxa de crescimento registrada.

Os dados de comprimento de raiz estão dentro da faixa de valores relatada por Hossain *et al.* (2020), que observaram variação entre 10,89 cm e 14,22 cm em cultivares de arroz. Entretanto, os valores obtidos ficam abaixo da faixa observada para o comprimento da parte aérea, que variou entre 8,93 cm e 12,99 cm.

Por outro lado, a cultivar com menor taxa de germinação (ANa 5015) apresentou menor desenvolvimento radicular (10,51 cm), embora tenha exibido maior crescimento da parte aérea (8,05 cm). A variação observada nesses componentes morfológicos evidencia a influência da germinação nos estádios de crescimento destas cultivares.

Embora a cultivar ANa 5015 tenha apresentado menor porcentagem de germinação, destacou-se com o maior comprimento de parte aérea (8,05 cm), contrastando com seu baixo vigor fisiológico. Essa discrepância reforça que a avaliação do vigor deve considerar múltiplos parâmetros, e não apenas o crescimento inicial da parte aérea.

No teste de envelhecimento acelerado, verificou-se que as cultivares ANa 9005 CL (73,67%), ANa 8001 (72,50%) e ANa 6311 (70,00%) não diferiram significativamente entre si, enquanto a cultivar ANa 5015 (18,25%) apresentou desempenho inferior, confirmando seu baixo vigor mesmo sob condições de estresse. Esses resultados corroboram os observados no teste de germinação, uma vez que as médias das cultivares também não apresentaram diferenças significativas entre si.

Os valores obtidos foram inferiores aos relatados em outras pesquisas. Em seu estudo, Garcia e Coelho (2021) observaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre lotes de duas cultivares de arroz, com médias de 66% e 68% de vigor. Para Barbosa *et al.* (2021), os

resultados foram ainda mais elevados, com 84%, 86% e 89%, indicando comportamento uniforme entre os lotes e boa consistência nos testes de envelhecimento acelerado.

Observaram-se diferenças significativas entre as cultivares avaliadas no teste de condutividade elétrica, indicando variações na integridade das membranas celulares e, consequentemente, no vigor das sementes. A cultivar ANa 9005 CL apresentou o menor valor de condutividade ($1,92 \mu\text{S cm}^{-1}$), evidenciando maior integridade das membranas e menor lixiviação de eletrólitos. A cultivar ANa 6311 ($2,25 \mu\text{S cm}^{-1}$), não diferiu da ANa 9005 CL, situando-se em um grupo intermediário de vigor. A cultivar ANa 8001 apresentou valor ligeiramente superior ($2,42 \mu\text{S cm}^{-1}$), diferindo da cultivar ANa 9005 CL e posicionando-se em nível intermediário de desempenho. Por outro lado, a cultivar ANa 5015 apresentou a maior condutividade elétrica ($3,90 \mu\text{S cm}^{-1}$), diferindo significativamente das demais e confirmando seu menor vigor fisiológico, já evidenciado nos testes de germinação e envelhecimento acelerado.

Esses resultados reforçam a eficiência do teste de condutividade elétrica na diferenciação do potencial fisiológico das sementes, uma vez que valores mais baixos de CE estão associados à melhor conservação da estrutura das membranas celulares e maior capacidade de retenção de solutos, refletindo maior vigor e viabilidade. Portanto, ao comparar os resultados obtidos com os valores do teste de condutividade elétrica, verifica-se que o aumento da lixiviação de compostos orgânicos está associado à redução da viabilidade e do vigor das sementes, como evidenciado nos valores observados para a cultivar ANa 5015.

As diferenças observadas entre as cultivares deveu-se à presença de sementes acometidas por fungos na cultivar ANa 5015. Nessa cultivar, as sementes germinadas foram classificadas como normais, embora apresentassem infecções secundárias, conforme definido pela RAS (Brasil, 2009), em que as raízes sofreram deterioração indireta devido à alta incidência de fungos provenientes das sementes não germinadas.

No que se refere aos resultados das análises de composição química das cultivares avaliadas, a Tabela 2 apresenta as médias das concentrações de matéria seca, umidade, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta.

Tabela 2 - Resultado das análises bromatológicas de Umidade, Matéria seca, Proteína bruta, Extrato etéreo e Fibra bruta de sementes de diferentes cultivares de arroz.

Análise bromatológica	ANa 9005 CL	ANa 8001	ANa 6311	ANa 5015	C.V. (%)
Umidade (%)	9,96 c	10,44 ab*	10,19 bc	10,51 a	1,16
Matéria Seca (%)	90,04 a	89,56 bc	89,81 ab	89,49 c	0,13
Proteína Bruta (%)	9,69 a	9,62 a	10,16 a	9,36 a	3,48
Extrato Etéreo (%)	2,35 a	1,20 b	0,80 b	1,19 b	21,80
Fibra Bruta (%)	16,10 a	15,26 a	15,79 a	12,53 a	15,04

*Médias seguidas das mesmas letras, nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as cultivares de arroz quanto ao teor de umidade. A cultivar ANa 8001 apresentou o maior valor médio de umidade (10,44%), não diferindo estatisticamente da ANa 6311 (10,19%) e da ANa 5015 (10,51%). Por outro lado, a cultivar ANa 9005 CL apresentou o menor valor (9,96%), diferindo das demais. Segundo Khatun *et al.* (2023), a umidade variou de 8,52% a 10,61%, apresentando diferenças entre as cultivares de arroz analisadas. Por sua vez, Panda *et al.* (2024) relataram valores de umidade variando entre 6,0% e 19,0% em cultivares de arroz.

Apesar das variações estatísticas observadas entre as diferentes cultivares, a umidade está em teores adequados para sementes de arroz e se mostrou um fator crucial para garantir um armazenamento adequado das sementes. A manutenção da umidade abaixo do limite recomendado é essencial para preservar a qualidade e a viabilidade das sementes de arroz durante o armazenamento. As variações no teor de umidade podem provocar alterações nos parâmetros físico-químicos que influenciam diretamente a qualidade nutricional do arroz (Naveed *et al.*, 2023).

A matéria seca das diferentes cultivares variou de 89,49% (ANa 5015) a 90,04% (ANa 9005 CL). As cultivares apresentaram diferenças significativas entre si, sendo que a ANa 9005 CL apresentou a maior concentração de matéria seca. Essa cultivar diferiu significativamente das ANa 8001 (89,56%) e ANa 5015, porém não apresentou diferença significativa em relação à ANa 6311 (89,81%). Por sua vez, a ANa 6311 apresentou diferença significativa em relação à ANa 5015.

Em seu estudo, Hossain *et al.* (2020) observaram teores de matéria seca ligeiramente superiores, variando de 92,13% a 93,77%, evidenciando diferenças entre as cultivares de arroz analisadas. Esses resultados indicam que as sementes analisadas atingiram a maturidade fisiológica, caracterizada pelo máximo acúmulo de matéria seca e pela redução do teor de

umidade, fatores essenciais para a manutenção da qualidade fisiológica durante o armazenamento.

Observa-se que os teores médios de proteína bruta variaram de 9,36% (ANa 5015) a 10,16% (ANa 6311), não havendo diferença estatisticamente significativa entre as cultivares avaliadas. Esse resultado indica que as quatro cultivares apresentam composição proteica semelhante, independentemente de suas diferenças genéticas. O coeficiente de variação de 3,48% evidencia boa precisão experimental e homogeneidade entre as amostras, reforçando a consistência dos dados obtidos para esse parâmetro bromatológico.

Ridla *et al.* (2023) relataram que o teor médio de proteína bruta nas amostras de arroz variou entre 9,61% e 12,07%, evidenciando diferenças significativas entre os moinhos avaliados. Por sua vez, Khatun *et al.* (2023) observaram uma ampla variação nos teores de proteína bruta, oscilando entre 5,9% e 14,32%. Esses dados indicam que as cultivares analisadas apresentaram teores adequados em proteína, provando que o arroz integral continua a fornecer uma contribuição relevante como fonte de proteína.

O equilíbrio entre a síntese e a degradação de proteínas constitui um processo de renovação celular altamente controlado durante a germinação, permitindo a transição da fase de quiescência para o metabolismo ativo após a imersão das sementes (Sano *et al.*, 2022). Yamuangmorn *et al.* (2024) afirmam que, durante a germinação, a quebra de compostos armazenados, como lipídios e proteínas, fornece energia para a muda em crescimento.

Han *et al.* (2014), em sua análise fosfoproteômica, revelaram alterações significativas na fosforilação de proteínas envolvidas na modificação proteica e na regulação transcripcional durante a germinação, destacando as primeiras 12 horas após a imersão como uma fase crítica de transdução de sinais. Além disso, três componentes da via de sinalização dos brassinosteróides apresentaram aumento expressivo na fosforilação nos estágios iniciais da germinação. Portanto, proteínas associadas ao metabolismo energético, como as da glicólise e do ciclo do TCA, são fundamentais para o fornecimento de energia (Kim *et al.*, 2009).

Ao analisar o teor de extrato etéreo nas cultivares de arroz, observa-se que a cultivar ANa 9005 CL se destaca, apresentando 2,35% de extrato etéreo, valor significativamente superior em comparação às demais cultivares, que registraram 0,80% (ANa 6311), 1,19% (ANa 5015) e 1,20% (ANa 8001), as quais se igualaram estatisticamente. O coeficiente de variação de 21,80% reforça a hipótese de que as infestações podem ter contribuído para uma maior dispersão nos resultados do extrato etéreo.

Quando comparados à literatura, esses valores encontram-se na faixa considerada ideal para teores lipídicos em cultivares de arroz. Em sua pesquisa, Khatun *et al.* (2023) observaram

teores de gordura variando entre 0,89% e 2,49%, confirmando o baixo conteúdo lipídico característico do arroz. De forma semelhante, Hossain *et al.* (2020) registraram conteúdos de lipídios variando de 1,23% a 1,97% entre as variedades analisadas.

Segundo Huang (2024), o arroz possui um teor reduzido de lipídios, correspondendo aproximadamente a 0,5% a 1% de sua massa total. Esses lipídios estão predominantemente localizados na camada de farelo, contendo ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico e o ácido linolênico. Hazra e Das (2024) relatam que durante o processo de germinação, ocorre uma redução no teor de gordura bruta.

Por fim, a análise de fibra bruta das cultivares variou de 12,53% na ANa 5015 a 16,10% na ANa 9005 CL, apresentando um coeficiente de variação de 15,04% e não demonstrando diferenças estatísticas significativas entre as cultivares. Em seu estudo, Hossain *et al.* (2020) observaram ampla variação na fibra bruta, de 5,53% a 13,28%, evidenciando a forte influência da variedade sobre esse componente. No entanto, Ridla *et al.* (2023) relataram teores médios de fibra bruta variando de 9,10% a 15,14% nas amostras de arroz, com diferenças estatisticamente significativas entre as cultivares analisadas, indicando que os teores obtidos neste estudo estão em concordância com os valores encontrados na literatura.

Segundo Barros-Neto *et al.* (2014), a celulose, presente nas paredes celulares das sementes, é o principal componente que caracteriza a fibra bruta. A preservação da integridade dos tecidos vegetais é fundamental para a saúde da semente, impactando diretamente no sucesso da germinação, assim como na manutenção da viabilidade e do vigor.

Embora não tenha apresentado diferença estatística, quando correlacionado ao teste de condutividade elétrica, interpreta-se que a fibra bruta tem influência direta na qualidade da parede celular das sementes, onde menor teor de fibra bruta resulta na maior lixiviação de íons no teste de condutividade elétrica.

Com base nos resultados obtidos, é possível observar que há relação entre a composição química das sementes de arroz com a germinação e vigor, de modo que, as cultivares com maiores valores de composição química resultaram em maiores porcentagens de germinação.

Conclusões

Os resultados evidenciaram que a composição química das sementes exerce influência sobre a germinação e o vigor das cultivares avaliadas. Em especial, os teores de umidade, matéria seca e extrato etéreo mostraram maior relação com o desempenho fisiológico, enquanto os teores de proteína bruta e fibra bruta apresentaram menor variação entre as cultivares.

Este estudo contemplou apenas quatro cultivares de arroz (ANa 9005 CL, ANa 8001, ANa 6311 e ANa 5015), sendo recomendável que futuras pesquisas ampliem o número de cultivares e considerem fatores adicionais, como o tratamento e a desinfecção das sementes, a análise de diferentes lotes de uma mesma cultivar, a aplicação de pré-embebição para acelerar a absorção de água, cortes no pericarpo ou a realização do teste de germinação com avaliação estendida até 21 dias.

Referências

- ALAM, M.; LOU, G.; ABBAS, W.; OSTI, R.; AHMAD, A.; BISTA, S.; AHIAKPA, J. K.; HE, Y. Improving rice grain quality through ecotype breeding for enhancing food and nutritional security in Asia–Pacific region. **Rice**, v. 17, n. 1, p. 47, 2024.
- AOSA, I. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca, NY: Association of Official Seed Analysts, 2009. 341 p.
- ASCOLI, C.; SILVA, A. da. Relationship between electrical conductivity and physiological performance of rice seeds. **Nativa**, v. 9, n. 2, p. 182-193, 2023.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS., A. AOAC (1984) OfficialMethods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemists**. 14th Edition, AOAC,Arlington. - References – Scientific Research Publishing.
- BARBOSA, R. M.; JESUS, M. A. DE.; PEREIRA, R. A.; JUNIOR-GOMES, G. A. Electrical conductivity and ethanol release to assess red rice seed vigor1. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 4, p. 791-798, 2021.
- BARROS-NETO, J. J. S.; ALMEIDA, F. A. C.; QUEIROGA, V. P.; GONÇALVES, C. C. **Sementes: estudos tecnológicos**. Aracaju: IFS, [s.d.].
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº45**. Brasília, DF: MAPA, 2013. 22 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 398 p.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: safra 2023/24 12º levantamento. Brasília, DF: Conab, 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-2023-2024/12o-levantamento-safra-2023-2024>.
- DAS, P.; ADAK, S.; LAHIRI MAJUMDER, A. Genetic manipulation for improved nutritional quality in rice. **Frontiers in Genetics**, v. 11, p. 776, 2020.
- FERREIRA, C. M.; MORAIS, O. P. Formação da matriz produtiva do arroz no Brasil. **Planeta Arroz**, v. 17, n. 61, p. 18-19, 2017.

FERREIRA, L. B. S.; FERNANDES, N. A.; AQUINO, L. C.; DA SILVA, A. R.; NASCIMENTO, W. M.; LEÃO-ARAÚJO, E. F. Temperature and seed moisture content affect electrical conductivity test in pea seeds. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 04, p. 410-416, 2017.

GAO, Y.; ZHAO, X.; LIU, X.; LIU, C.; ZHANG, K.; ZHANG, X.; ZHOU, J.; DONG, G.; WANG, Y.; HUANG, J.; YANG, Z.; ZHOU, Y.; YAO, Y. OsRAV1 regulates seed vigor and salt tolerance during germination in rice. **Rice**, v. 17, n. 1, p. 56, 2024.

GARCIA, J.; COELHO, C. M. M. Accelerated aging predicts the emergence of rice seedlings in the field. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3Supl1, p. 1397-1410, 2021

HAN, C.; YANG, P.; SAKATA, K.; KOMATSU, S. Quantitative proteomics reveals the role of protein phosphorylation in rice embryos during early stages of germination. **Journal of proteome research**, v. 13, n. 3, p. 1766-1782, 2014.

HAZRA, A.; DAS, S. The molecular and metabolic events behind different germination stages of rice seeds: A metabolomics perspective. **JSFA reports**, v. 4, n. 3, p. 118-134, 2024.

HOSSAIN, A. K. M. Z.; KABIR, H.; HOSSAIN, M. A.; RAHMAN, T.; SAGAR, A.; RAUF, F. Seed quality status of rice varieties based on physical properties, seed health and proximate composition. **International Journal of Plant and Soil Science**, v. 32, n. 20, p. 14-24, 2020.

HUANG, Y. Nutrient Content and Yield in Rice: Genetic Intersections and Breeding Opportunities. **Rice Genomics and Genetics**, v. 15, 2024.

KHATUN, L.; RAY, S.; BARUAH, D. C. Impact of germination versus non-germination on nutritional and functional potentials of two rice varieties (Ranjit and Ahu Kalogoria) available in three different districts of Assam, India. **J Food Technol Res**, v. 10, p. 103-21, 2023.

KIM, S. T.; WANG, Y.; KANG, S. Y.; KIM, S. G.; RAKWAL, R.; KIM, Y. C.; KANG, K. Y. Developing rice embryo proteomics reveals essential role for embryonic proteins in regulation of seed germination. **Journal of proteome research**, v. 8, n. 7, p. 3598-3605, 2009.

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

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B.; MARCOS-FILHO, J. (Org.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 2020.

MACHADO, C. G. MARTINS, C. C.; SANTANA, D. G.; CRUZ, S. C. S.; OLIVEIRA, S. S. C. Adequação do teste de condutividade elétrica para sementes de *Pisum sativum* subsp. Arvense. **Ciência Rural**, v. 41, p. 988-995, 2011.

MAMATA, K.; RAJANNA, M. P.; SAVITA, S. K. Assessment of genetic parameters for yield and its related traits in F2 populations involving traditional varieties of rice (*Oryza sativa* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 2210-2217, 2018.

MARCOS-FILHO, J. **Seed physiology of cultivated plants**. Londrina: Abrates, 2016.

MEENA, D.; KUMAR, M.; SONI, R. K. Assessment of genetic diversity for grain yield in rice (*Oryza sativa L.*) genotypes under humid South Eastern Plain of Rajasthan, India. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 35, n. 18, p. 971-977, 2023.

NAVEED, A.; ZUBAIR, M.; BAIG, A.; FARID, M.; AHMED, W.; REHMAN, R.; AYUB, M. A.; HASSOUN, A.; CROPOTOVA, J. Effect of storage on the nutritional and antioxidant properties of brown Basmati rice. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 5, p. 2086-2098, 2023.

PANDA, K. K.; BISHT, S. S.; MISHRA, R.; SAHU, P. K.; PANDA, A. K.; SUBEDI, R. Nutritional analysis of rice landraces from southern Odisha, India. **Food Science & Nutrition**, v. 12, n. 1, p. 227-238, 2024.

RIDLÀ, M.; FIRDAYANTI, F.; LACONI, E. B.; ASIKIN, N. Rice Bran Quality Based on Physical Properties and Chemical Composition Estimation in Maros Regency, South Sulawesi. **Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan**, v. 33, n. 2, 2023.

SANO, N.; LOUNIFI, I.; CUEFF, G.; COLLET, B.; CLÉMENT, G.; BALZERGUE, S.; HUGUET, S.; VALOT, B.; GALLAND, M.; RAJJOU, L. Multi-omics approaches unravel specific features of embryo and endosperm in rice seed germination. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 867263, 2022.

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

SILVA, I. J.; MELO, S. G. F.; CABRAL, C. M.; FRANCINO, D. M. T.; LAVIOLA, B. G.; NERY, M. C. Vigor of canola seeds through accelerated aging test and anatomical alterations. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 49, p. e022124, 2025.

SILVA, K. A.; BENEDITO, C. P.; TORRES, S. B.; ALVES, V. M. D.; SOUSA, G. D. Viability and vigor of *Moringa oleifera* Lam. seeds by means of rapid tests. **Revista Ciência Agronômica**, v. 56, p. e202392387, 2024.

SULTANA, S.; FARUQUE, M.; ISLAM, M. R. Rice grain quality parameters and determination tools: a review on the current developments and future prospects. **International Journal of Food Properties**, v. 25, n. 1, p. 1063-1078, 2022.

YADAV, P. S. S.; ADHIKARI, R.; PAUDEL, P.; SHAH, B.; POKHREL, S.; PURI, S.; ADHIKARI, R.; BHUJEL, S. Effect of different chemical priming agents on physiological and morphological characteristics of rice (*Oryza sativa L.*). **Helijon**, v. 9, n. 11, 2023.

YAMUANGMORN, S.; SAENJUM, C.; PROM-U-THAI, C. Germination alters the bioactive compounds of pigmented and non-pigmented rice varieties in fresh and year-old stored seeds. **Food Chemistry: X**, v. 24, p. 102005, 2024.