



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**AQUILA DE OLIVEIRA MELO**

**ANÁLISE DIGITAL NA INTERPRETAÇÃO DO TESTE DE TETRAZÓLIO  
EM SEMENTES DE ARROZ DE SEQUEIRO**

**RIO LARGO – AL**

**2025**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**AQUILA DE OLIVEIRA MELO**

**ANÁLISE DIGITAL NA INTERPRETAÇÃO DO TESTE DE TETRAZÓLIO**  
**EM SEMENTES DE ARROZ DE SEQUEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Campus de Engenharia e ciências agrárias – CECA e à Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como parte dos requisitos para a graduação no curso de Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. João Luciano De Andrade Melo Junior

RIO LARGO – AL

2025

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 – 1512

M528a      Melo, Aquila de Oliveira.

Análise digital na interpretação do teste de tetrazólio em sementes de arroz de sequeiro. /  
Aquila de Oliveira Melo. – 2025.

30 f.: il.

Orientador(a): João Luciano de Andrade Melo Júnior.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em  
Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de  
Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. *Oryza sativa* L. 2. Vigor. 3. Processamento de imagens. I. Título.

CDU: 633.18

Folha de Aprovação

**AQUILA DE OLIVEIRA MELO**

**METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DO ARROZ DE SEQUEIRO PELO  
TESTE DE TETRAZÓLIO E ANÁLISE DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do curso de  
Agronomia do Campus de Engenharias e  
Ciências Agrárias da Universidade  
Federal de Alagoas, como requisito  
parcial à obtenção do título de Agrônomo.  
Aprovado em 20 de outubro de 2025.

**Banca examinadora:**



Documento assinado digitalmente

**JOAO LUCIANO DE ANDRADE MELO JUNIOR**

Data: 11/11/2025 21:13:33-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Orientador – Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo Junior, Campus de Engenharias  
e Ciências Agrárias/UFAL)



Documento assinado digitalmente

**IVOMBERG DOURADO MAGALHAES**

Data: 14/11/2025 08:14:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Examinador – Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães, Campus de Engenharias e  
Ciências Agrárias/UFAL)



Documento assinado digitalmente

**LUAN DANILO FERREIRA DE ANDRADE MELO**

Data: 13/11/2025 20:58:06-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Examinador – Prof. Dr. Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo, Campus de  
Engenharias e Ciências Agrárias/UFAL)

## DEDICATÓRIA

Em especial à minha filha Eliza Morena. Que ao nascer, segurei pela primeira vez em meus braços sua pequena vida, transformando-me e fazendo-me acreditar em um futuro melhor mesmo nos momentos mais difíceis. Passei madrugadas estudando por você, pois queria ser alguém que te inspirasse a não desistir. Muitas das vezes você fez-se presente nos meus momentos mais cansativos. Mesmo distante muitas das vezes queria ser mais presente em seus momentos e, porém você me deu força para continuar e não desistir. Deixo-lhe esta dedicatória, Brugela.

À minha família: meus genitores Valter Melo e Tânia de Oliveira e a minha companheira Danielly Aparecida.

E aqueles com resiliência, que nunca desistem de seus objetivos!

**Eu Dedico!**

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente, agradeço a Adonai, por sua benevolência em conceder saúde, paz e uma boa família.*

*À minha mãe, que mesmo vinda de uma realidade difícil, sempre acreditou na educação e sempre me apoiou.*

*Ao meu pai, um homem sábio e humilde, a quem admiro muito por sua simplicidade em ver o mundo com bons olhos e muita fé em D'us.*

*À minha bisavó, que D'us ilumine-te Dona Alice Ferreira, que me alegrou bastante quando estive triste, nas tardes de domingo quando eu a visitava.*

*À minha prima Rafaela Moura, que com seu humor sarcástico no CECA, tornou muitos dias mais engraçados, isso quando ela aparecia uma vez ao mês.*

*À minha parceira, mesmo não tendo me apoiado, ela esteve sempre ao meu lado em todos momentos, um apoio emocional insubstituível, uma companhia pacífica de uma calma inabalável.*

*Ao meu orientador Dr. João Luciano Melo, que me aceitou no laboratório de fitotecnia, homem boa alma de pura bondade, que D'us te ilumine e ajude a muitos outros alunos.*

*A todos os membros do laboratório de fitotecnia que me ajudaram em meu experimento – Késsia, Elda, Aline, Ludmila, Thaíse e Carine.*

*Ao Keven que ajudou em todas as etapas do meu experimento do TCC mesmo não sendo sua responsabilidade, nunca vou esquecer de sua camaradagem e da sua amizade.*

*A Liandra minha parceira de experimento, passamos horas e mais horas de várias semanas, a cortar arroz.*

*A Sarah que nos ajudou bastante no experimento, além de uma excelente perícia em corte de sementes com lâmina, muito obrigado Sarah pela sua ajuda.*

*Ao professor Roger do setor de apicultura, que me guiou por uma bela caminhada de aprendizado sobre o mundo das abelhas e da sua importância na preservação do planeta.*

*A minhas irmãs Valtania, Ravenna e prima-irmã Rafaela, mesmo que não tenham contribuído na minha formação acadêmica, vocês sempre vão estar presente em meus pensamentos mesmo que não demonstre.*

*Ao Matheus, Michelangelo e Bruno, trilhamos o mesmo caminho pelo breve momento na apicultura e tivemos bons momentos juntos.*

*Aos meus amigos João Victor, Madison, Diógenes e Gustavo meus parceiros membros da “esquadrilha da fumaça”, nós tivemos bons momentos na barraca de lanche da tia, nunca vou esquecer de vocês e parem de fumar!*

*Ao Rayones Holanda o melhor meliponicultor de urucu-nordestina de Viçosa, ao Thiago e Jonata recentes amigos de zootecnia.*

*E a todos os outros cujo nome não lembrei, e que me veem como amigo!*

## RESUMO

A fisiologia de sementes é um dos principais requisitos que influenciam na natureza da produtividade agropecuária. Dentro dos testes tradicionais usados para avaliar vigor destaca-se o teste de tetrazólio, que possibilita analisar o vigor e a viabilidade das sementes a partir da coloração dos tecidos vivos como indicativo do funcionamento metabólico embrionário. Apesar disso, esse teste necessita da interpretação da análise visual técnica humana, que em grande parte é subjetiva, o que pode comprometer a sistematização dos resultados. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho estabelecer e validar metodologias de avaliação da viabilidade de sementes de arroz de sequeiro (BRS A502) pelo teste de tetrazólio, através da análise digital de imagens. Foi utilizada a análise visual humana assistida por imagens digitais escaneadas, correlacionando os resultados para uma melhor determinação das classes de viabilidade para o arroz. O experimento foi realizado no Laboratório de Fitotecnia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), no município de Rio Largo - AL. As sementes de arroz foram colocadas em duas soluções de 2,3,5 trifenil tetrazólio (0,05 e 0,075%) em três períodos de tempo exposição de coloração (1:30, 2:30 e 3:30h), em um delineamento inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 2x3+1, com quatro repetições de 25 sementes cada. Como pré-condicionamento entre rolo de papel, o método de corte longitudinal ao eixo embrionário, sob uma faixa de temperatura de 25°C. Após o tratamento com sal, as sementes foram escaneadas, as imagens geradas foram avaliadas e as sementes classificadas de acordo com os diferentes padrões de tons de vermelho presentes nos embriões vivos. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes vivas e vigorosas, tendo a concentração de 0,075% a 2,5h apresentado maior viabilidade germinativa, diferenciando-se significativamente dos demais períodos de 1,5 e 3,5h. Na concentração de 0,05% identificou-se menores resultados. A metodologia proposta se mostrou eficiente para avaliação da viabilidade de sementes de arroz pelo teste de tetrazólio, recomendando-se a concentração de 0,075% e o tempo de coloração de 2,5 horas. As classes de vigor (1 a 4) demonstrou ser um método prático e confiável para distinguir o potencial fisiológico das sementes.

**Palavras-Chave:** *Oryza sativa* L.; vigor; processamento de imagens.

## ABSTRACT

The Seed physiology is one of the main requirements that influence the nature of agricultural productivity. Within the traditional tests used to assess vigor, stands out the tetrazolium test, which makes it possible to analyze the vigor and viability of the seeds as from on the coloration of living tissues as an indicator of embryonic metabolic operation. Despite that, this test needs from the interpretation of human technical visual analysis, which is largely subjective, which can compromise the systematization of results. Given the exposed, the objective of this work was to establish and validate methodologies for evaluating the viability of upland rice seeds (BRS A502) using by the tetrazolium test, through digital image analysis. Human visual analysis was used, assisted by digital scanned images, correlating the results for a better determination of viability classes for rice. The experiment was conducted in the Laboratory of Phytotechnics from the Federal University of Alagoas (UFAL), at the Engineering and Agricultural Sciences Campus (CECA), in the municipality of Rio Largo - AL. Rice seeds were placed in two solutions of 2,3,5-triphenyltetrazolium (0.05 and 0.075%) in for three periods exposure times (1:30, 2:30 and 3:30h), in a completely randomized design, in a 2x3+1 factorial arrangement, with four replicates of 25 seeds each. As preconditioning between paper roll, the longitudinal cutting method to the embryonic axis, under a temperature range of 25°C. After treatment with salt the seeds were scanned, the generated images were evaluated and the seeds classified according to the different patterns of red tones present in the live embryos. The results were expressed as a percentage of live and vigorous seeds, with the concentration of 0.075% in 2.5 hours presented higher germinative viability, differing significantly from the other periods of 1.5 and 3.5 hours. At a concentration of 0.05%, lower results were identified. The proposed methodology proved efficient for evaluating the feasibility of rice seeds rice by tetrazolium test, a concentration of 0.075% is recommended for a coloring time of 2.5 hours. The vigor classes (1 to 4) have proven to be a practical and reliable method for distinguishing the physiological potential of seeds.

**Keywords:** *Oryza sativa* L.; vigor; image processing.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fluxograma dos procedimentos do teste controle. ....	20
<b>Figura 2.</b> Fluxograma do teste de tetrazólio. ....	22
<b>Figura 3.</b> Classes de vigor e viabilidade de sementes de arroz na concentração 0,075%. .....	24

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Porcentagem de sementes viáveis de Arroz, em função de concentrações do sal de tetrazólio e períodos de coloração. ....	23
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Origem.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Importância econômica do arroz .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Cultivar de sequeiro BRS A502.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Testes de vigor e Importância do teste de tetrazólio .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5</b>	<b>Uso da análise computacional de imagens em sementes.....</b>	<b>189</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Delineamento experimental .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Teste de germinação como controle.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>Realização do teste de tetrazólio.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>26</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma monocotiledônea do mesmo grupo das gramíneas, pertence à família Poaceae. É morfológicamente pequena com seu caule oco, em sua fase reprodutiva gera pequenas flores verdes e seu fruto é chamado de cariopse (Santos et al., 2006). A *O. sativa* é um dos principais alimentos básicos do mundo, entretanto, com valor baixo em relação a outros cereais, como trigo, cevada e milho, sendo mais comum em países em subdesenvolvimento (Azambuja et al., 2012).

A produção de arroz no Brasil está em torno de 10,6 milhões de toneladas, sendo liderados pelos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por 8,2 milhões de toneladas de arroz, correspondendo 77,4% da produção nacional. Seguidos por Tocantins, Mato Grosso e Maranhão com a produção aproximada de 1,4 milhão de toneladas representando 13% da produção, sendo os 5 maiores estados produtores, responsáveis por cerca 90% da produção nacional total (IBGE, 2024).

Para o arroz de sequeiro, a região Nordeste é a segunda mais produtiva do país com a produção estimada para a safra 2024/2025 de 334,7 mil toneladas, sendo superada somente pela região Centro-Oeste com aproximadamente de 544,7 mil toneladas (Conab, 2025). E para que ocorra ainda mais produtividade, variedades como a BRS A502 estão sendo empregadas. Essa cultivar tem resistência ao acamamento (tombamento das hastes e ramos), é semiprecoce, tem elevada produtividade, sendo semelhante com as variedades de inundação (grupo *indica*), além disso, seu grão apresenta bom tamanho com baixo índice de quebra durante o beneficiamento, e bem aceito nas indústrias alimentícias (Furtini et al., 2020).

Apesar de existir variedades específicas para o cultivo inundado ou sequeiro, para atestar o potencial genético e serem comercializadas, as sementes devem apresentar padrões mínimos de qualidade comprovados a partir de testes laboratoriais, já que alta qualidade fisiológica, representa alta produtividade em campo, por serem responsáveis pelo estabelecimento, crescimento e desenvolvimento da cultura (Marcos Filho, 2015).

Dessa forma, avaliações que permitem a atestar essa qualidade de sementes com rapidez e precisão vem se tornando cada vez mais necessário, já que são determinantes no processo de escolha da cultivar, visando alta produtividade e a comercialização (Castilho et al., 2019). Dentre essas avaliações, existem o teste de germinação e os testes de vigor, como o teste de tetrazólio, que se destaca por sua rapidez e precisão.

O teste de tetrazólio é baseado na atividade das enzimas desidrogenases, que reduzem o sal de tetrazólio nos tecidos das sementes, resultando na formação de um composto vermelho não difusível conhecido como trifenilformazan, indicando que há atividade (França-Neto; Krzyzanowski, 2019). Porém, a interpretação desse teste, necessita de analistas treinados, e equipamentos básicos como lupas, para facilitar a observação das estruturas do embrião, podendo ser demorado a depender da quantidade do lote.

Com isso, a aplicação da análise computacional vem sendo adotada para facilitar e agilizar essas avaliações. Em estudos envolvendo a combinação de análise computacional e tetrazólio vem tendo êxito em sementes de feijão (Venial, 2024), aveia branca (Tejo et al., 2019) e trigo (Garcia, 2018). Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho estabelecer e validar metodologias de avaliação da viabilidade de sementes de arroz de sequeiro pelo teste de tetrazólio, através da análise digital de imagens.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Origem**

Há dez mil anos, arqueólogos encontraram evidências do ponto de origem do arroz na Ásia, hoje conhecida como China continental. Sendo então o propulsor que possibilitou os surgimentos de grandes civilizações e dinastias orientais (Perreira et al., 2017). A *Oryza sativa* L. pertence à família Poaceae, é uma monocotiledônea como todas as demais do seu tronco familiar. Seu grão arroz é formado por amido, um polissacarídeo composto de molécula de glicose, amilase e amilopectina, que proporciona as características fenotípicas como textura, que está diretamente relacionada com a expansão durante o cozimento (Teixeira, 2011).

Seu cultivo iniciou-se na Ásia e chegou ao ocidente (Europa) através das antigas rotas, no que cominou na aceitação social deste novo cereal (Pereira et al., 2002). A introdução dessa cultura e entre outras no continente sul-americano deu-se pelo comércio de especiarias, por meio dos colonos europeus das antigas grandes potências marítimas (Portugal e Espanha) do século XVI, sendo inicialmente cultivados pelos escravos e colonos para subsistência nas grandes fazendas, até meados do século XIX. (Azambuja et al., 2012; Carney, 2017).

### **2.2 Importância econômica do arroz**

A orizicultura é essencial para a economia de muitas famílias brasileiras, especialmente no Sul do País (Menezes et al., 2009). A Análise da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) na safra 2024/2025 destacou um acréscimo significativo de 9,4% na produção agrícola dos arrozais, referente a um crescimento de 28 milhões de toneladas totalizando 325,7 milhões de toneladas, em comparação à safra anterior, esse crescimento foi estimulado pelo aumento da soja, milho e feijão (Conab, 2025).

A cadeia produtiva do cereal arroz é predominantemente concentrada na Ásia, correspondendo 90% da produção mundial de arroz, sendo, pois, devido à importância cultural, econômica e social do arroz, considerado importante na dieta mundial de países emergentes (Azambuja et al., 2012; Moura; Landau, 2020). A América do Sul é a segunda maior produtora de arroz, e a terceira em consumo mundial deste cereal. O Brasil é o principal produtor no continente e o nono produtor global, destacando-se por mais da metade do volume produzido, refletindo, a sua importância continental na cadeia

produtiva e segurança alimentar regional como decimo em exportação (Azambuja et al., 2012; Nery; Cella, 2022).

Dados da Conab, (2025) destacaram o crescimento das áreas de orizicultura, tanto irrigado quanto de sequeiro, com as áreas irrigadas correspondendo aproximadamente 1.356,8 mil hectares, com um aumento de 5,8%, enquanto áreas de sequeiro teve um registro de crescimento de 8,7% em comparação à safra do ano anterior. Refletindo uma demanda de ampliação produtiva de cultivo mostrando uma acentuada adaptação ao crescimento em áreas de plantio de sequeiro.

As principais Zonas produtoras brasileira de arroz divide-se em três grandes polos. Sendo o primeiro a zona Sul, liderado pelo Rio Grande do Sul, a segunda zona é o Centro-Sudeste, composta pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, e a terceira zona, a Nordeste que se enquadra o estado do Maranhão, pela sua tradição histórica sendo um dos maiores produtores nacionais na década de 90, sendo responsável pelo autossuprimento interno da região Nordeste, com aproximadamente 30% (Ferreira; Mendez; Villar, 2004).

Dentre os principais estados produtores de arroz no Brasil, há uma divisão bem nítida entre o cultivo irrigado (terras baixas), mais localizado no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, e o de sequeiro (terras altas) nos estados de Mato Grosso, Maranhão, Tocantins, esses estados federativos aumentaram ainda mais sua presença no cultivo de arroz, correspondendo quase 85% em área total (Wander; Silva, 2014).

Dentro da região Nordeste, o Maranhão lidera na produção de arroz, embora com a produtividade baixa da média nacional de 6.728 kg/há. Outros grandes produtores para a realidade nordestina são Piauí, Sergipe e Ceará. Alagoas tem uma das menores produções com 18,9 mil toneladas, onde os municípios produtores são Porto Real do Colégio, seguido por Igreja Nova, Anadia, Penedo e por último Piaçabuçu. Alagoas e Sergipe, juntos tem as melhores médias da região Nordeste, em quilograma de arroz por Hectares, se equiparando a região Sul (IBGE, 2024).

Conforme Sá Fernandes (2024), entre as safras de 2015 a 2022, o cultivo de arroz sequeiro no Brasil cresceu em 52%, com o Nordeste liderando com 390,8%, mostra a importância da cultura para a região, seguido por Centro-Oeste (155%), Norte (117,5%), Sul (0,2%) e Sudeste (0%). A produtividade aumentou em 122% no país, com o Nordeste novamente em destaque (150,9%), enquanto outras regiões tiveram avanços menores.

Possivelmente, isso deve-se pelo arroz ser uma das culturas de maior interesse econômico, sendo fundamental na alimentação, tanto no extremo oriente quanto no

Brasil, fazendo parte da cesta básica alimentar de muitas várias classes familiares, principalmente as mais pobres (Teixeira, 2011) De acordo com Magalhaes et al., (2004) aproximadamente 37% da população mundial tinha o grão de arroz como sendo a base alimentar, principalmente em países emergentes, possuindo um excelente valor nutricional, ofertando 20% de energia e 15% de proteína necessária para o balanceamento nutricional humano.

A produção de arroz é primordial, pois esse cereal supre necessidades alimentar de aproximadamente 50% da população do planeta, além de executar um papel essencial no desenvolvimento econômico, servido como principal fonte de renda de muitas famílias rurais, mesmo ao ocupar apenas 11% das terras produtivas, influenciando em estabilidade alimentar e política regionais (Magalhaes, 2004).

A orizicultura é economicamente oportuna ao Brasil, atualmente sendo necessário implementação de novas estratégias de cultivos e práticas sustentáveis devido ao crescimento populacional e redução das capacidades hídricas, levando-se a necessidade de estudar diferentes variedades de arroz em diferentes tipos de solo para eficaz produção, evitando a degradação do ambiente preservando o solo e elevando produtividade já que é uma cultura como alimento básico amplamente consumido em território nacional (Salvador et al., 2019).

### **2.3 Cultivar de sequeiro BRS A502**

As variedades da cultura do arroz de sequeiro ou terras altas, ao longo do tempo sempre tiveram baixas produtividades quando comparadas com as variedades de inundação, entretanto, devido o potencial de expansão rumo Centro-Oeste (cerrado) e pelo advento do melhoramento genético das variedades de sequeiro. O arroz de terra alta, pode ser e vem sendo integrado a rotação de cultura com soja e milho, garantindo uma melhor sustentabilidade agrícola e desenvolvimento da região (Furtini et al., 2022).

De acordo com Lacerda (2021) as variedades de terras altas vêm desempenhando um papel importante nas inovações estratégicas a agricultura nacional brasileira no sistema de plantio direto, essas vantagens ambientais, são devidas as práticas sustentáveis em relação ao baixo consumo hídrico e econômico na diversificação de produção agrícola dividido da demanda de mercado.

Em relação a qualidade ao cereal da cultivar BRS A502, está classificado como longo-fino com aparência branca translúcida e apresenta apenas 2,95% de grãos defeituosos. Umidade entre 15% a 25% obteve elevado nível de grão inteiro, superando

as variedades ou igualando-se com as cultivares de irrigação. Facilitando, a colheita em diferentes níveis de umidade sem grandes prejuízos significativos de rendimento, assim, aumentando a janela à disposição para a colheita, oferecendo uma vantagem econômica considerável para os agricultores (Furtini et al., 2020).

O sistema de sequeiro tradicional de cultivo de arroz depende exclusivamente da precipitação, sendo praticado em solos profundos com baixa fertilidade natural, e ocupando maior área, embora com menor volume de produção em comparação ao sistema irrigado por inundação, sendo predominante no bioma de Cerrado (Pereira et al., 2002). A utilização de tecnologias básicas nos arrozais no cultivo de sequeiro caracteriza-se em uma estratégia agrícola que incorpora saberes limitados obtidos por meio de pesquisa e inovação, de prática tradicional e de baixo custo tecnológico (Teixeira, 2011).

O Termo sequeiro, reflete na aplicação na prática de cultivo de arroz e de outras culturas não irrigadas, sendo inadequado pois propõe uma relação com a época de estiagem, entretanto na realidade refere-se a um sistema de cultivo realizado durante época das chuvas, refletindo uma interpretação errônea do termo (Pereira et al., 2002).

Segundo Moura e Landau (2020) da década de 90 a meados de 2015 constatou-se o aumento da produção média de arroz em território nacional, em grande parte, impulsionada por melhoramento genético nas novas cultivares, além de novas tecnologias, manejo agrícola e seleção da melhor época de semeadura, assim, proporcionando o máximo potencial físico e produtivo.

A nova cultivar BRS A502 do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas em parceria com Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) apresentou excelente desempenho. Esta variedade demonstrou resistência ao acamamento, maturação intermediária e alta produtividade, além de ter um padrão aceitável nas indústrias alimentícias. Essa cultivar vem sendo ideal para a sucessão e rotação de culturas em zonas de agricultura intensiva nas regiões produtoras do Brasil (Furtini et al., 2020).

A cultivar BRS A502 de arroz de terras altas foi desenvolvida para sistemas agrícolas intensivos, ideal para solos férteis e rotação de culturas, incluindo áreas irrigadas. Foi testada, e apresentou bons resultados em vários estados do Brasil como Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Piauí, Rondônia, Roraima e Tocantins. Ela se adapta bem à rotação com outras culturas, com a proposta de unir produtividade com práticas mais sustentáveis. Além disso, apresenta boa resistência a doenças que afetam o arroz (Embrapa Arroz e Feijão, 2022).

## **2.4 Testes de vigor e Importância do teste de tetrazólio**

Existem diversos testes de vigor que avaliam o desempenho das sementes sob condições adversas. Entre os principais, destacam-se: teste de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, teste de frio e o teste de tetrazólio, este último sendo analisado no presente trabalho. Segundo Krzyzanowski (1991), cada um desses testes oferece uma forma diferente de estimar a qualidade fisiológica das sementes. Esses testes são importantes para prever o comportamento das sementes em campo, especialmente em situações estressantes.

O teste de tetrazólio serve para checar se as sementes ainda podem germinar, especialmente as que demoram a germinar ou têm dormência. Ele também é útil quando muitas sementes não germinam nos testes comuns, ajudando a confirmar se estão vivas ou não. Esse método permite analisar tanto lotes quanto sementes individuais de forma mais rápida e eficiente (Brasil, 2025).

Como citado por Silva (2021), o método do tetrazólio oferece uma forma rápida e eficiente de avaliar a capacidade germinativa das sementes, dispensando a observação de processos demorados. Esse teste ajuda na escolha sobre o uso ou descarte de lotes para produção de mudas, sendo particularmente útil para sementes com dormência, pois revela seu potencial máximo de forma antecipada.

Conforme Menezes et al., (2009) a dormência nas sementes de arroz é um problema complexo, pois varia conforme as variedades, lotes e até as condições climáticas, fazendo-se difícil encontrar de uma solução possível. Entretanto, a técnica de pré-secagem tem se mostrado eficiente para contornar essa problemática.

De acordo com Krzyzanowski (1991), a importância desse teste é pelas suas vantagens, como rapidez, diagnóstico detalhado de danos, baixo custo e independência de condições ambientais. Porém há limitações como análise individual das sementes, pessoal especializado, não avalia patógenos e se trata de um tratamento químico. Apesar disso, é essencial para as sementes de soja e está sendo adaptado para outras espécies, como feijão.

Para acabar com algumas dessas limitações cresce a busca por desenvolvimento de dispositivos vinculado a análise de imagens, para a verificação da qualidade fisiológica de lotes de sementes submetidas. Agilizando processos de classificação das sementes como no aumento da eficiência produtiva, entretanto necessita de investimentos em tecnologia para o teste de tetrazólio (Rocha, 2016).

A ferramenta de imagem é de extrema importância para identificação de danos, sejam estes mecânicos, por insetos ou umidade. No Brasil como outros países, as tecnologias não fazem presentes no cotidiano comum, muito das vezes estando restrita a áreas de pesquisas. A análise digital de imagem destaca-se pela rapidez e precisão, aprimorando os processos de controle de qualidade em lotes de sementes (Flor et al, 2004; Nunes et al., 2014).

## **2.5 Uso da análise computacional de imagens em sementes**

A utilização de recursos extras, como o processamento de imagens digitalizadas, vem sendo utilizada por diversos pesquisadores, já que, apresenta inúmeras vantagens como, a análise individual ou simultânea das sementes/lotos, ampliação das imagens que permite uma visualização mais detalhada, facilita a padronização e estabelecimento de classes, além de permitir o armazenamento e o compartilhamento para serem analisadas posteriormente por outros avaliadores (Custódio; Damasceno; Machado Neto, 2012).

Quando associada ao uso de softwares com inteligência artificial e ferramentas como câmeras digitais, impulsionam a capacidade de análise como um todo (Feng et al., 2019; Al-amery et al., 2018). Possibilitando avanços na automação e reconhecimento visual em vários setores desde indústrias, robótica (Machado et al., 2025).

E quando aprofundado, o estudo das inteligências artificiais com esta análise, pode trazer mais precisão e uniformidade, aumentando a qualidade e concorrência do setor de produção e tecnologia de sementes. Com isso, busca-se superar a análise manual e abrir caminho para novas saídas automatizadas (Pego; Carosia, 2025).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O presente experimento foi desenvolvido no Núcleo de Agroecologia, no Laboratório de Fitotecnia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), localizado nas coordenadas geográficas 9° 29' 45" de Latitude Sul e 35° 49' 54" de Longitude Oeste do município de Rio Largo - AL. Na condução do ensaio utilizou-se do lote sementes de arroz de sequeiro da cultivar BRS A502 da EMBRAPA.

### 3.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em arranjo de esquema fatorial 2X3+1 (Duas concentrações, três períodos de coloração na solução 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio, mais, a testemunha) com quatro repetições de 25 sementes para cada combinação de período e concentração totalizando 600 sementes, em 28 parcelas experimentais.

### 3.2 Teste de germinação como controle

As sementes foram previamente desinfestadas com álcool 70% e lavadas com água destilada, retirando-se o excesso de umidade com papel toalha.

As sementes foram dispostas de forma equidistantes em folhas de papel de germinação do tipo germitest®, onde foram umedecidas com água destilada o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e acondicionadas em câmara de germinação tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) regulada na temperatura de 25 °C (Brasil, 2025).

As contagens das sementes germinadas foram realizadas diariamente, após a primeira contagem (PC) ao quinto dia, e efetuadas no mesmo horário, por 14 dias para fins de avaliação da germinação (G) (Brasil, 2025). E foram consideradas germinadas as sementes que originaram plântulas normais, com todas as suas estruturas essenciais, mostrando dessa maneira, o potencial para continuar seu desenvolvimento e produzir plantas normais, quando submetidas a condições favoráveis (Brasil, 2025).

Para o Índice de Velocidade de Germinação (IVG), a contagem foi diária após a PC e realizada até a finalização do teste e calculado de acordo com a fórmula  $IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (Gn/Nn)$  (Maguire, 1962), onde: G1, G2, G3, ..., Gn = número de plântulas normais obtidas na primeira, segunda, terceira e última contagem; N1, N2, N3, ..., Nn = número de dias entre a semeadura e a primeira, segunda, terceira e última contagem.

Para o tempo médio de germinação (TMG) foi obtido pela fórmula  $t = \frac{\sum_{k=1}^n (k \cdot n_i)}{\sum_{k=1}^n n_i}$ , onde  $t_i$ : tempo do início do experimento até a  $i$ ésima observação (dias ou horas);  $n_i$ : número de sementes germinadas no tempo  $i$  (número correspondente a  $i$ ésima observação);  $k$ : último dia da germinação (Czabator, 1962).

Para a velocidade média de germinação (VMG) foi calculada através da fórmula  $v = 1/t$ , sendo  $t$  o tempo médio de germinação (Ranal; Santana, 2006).

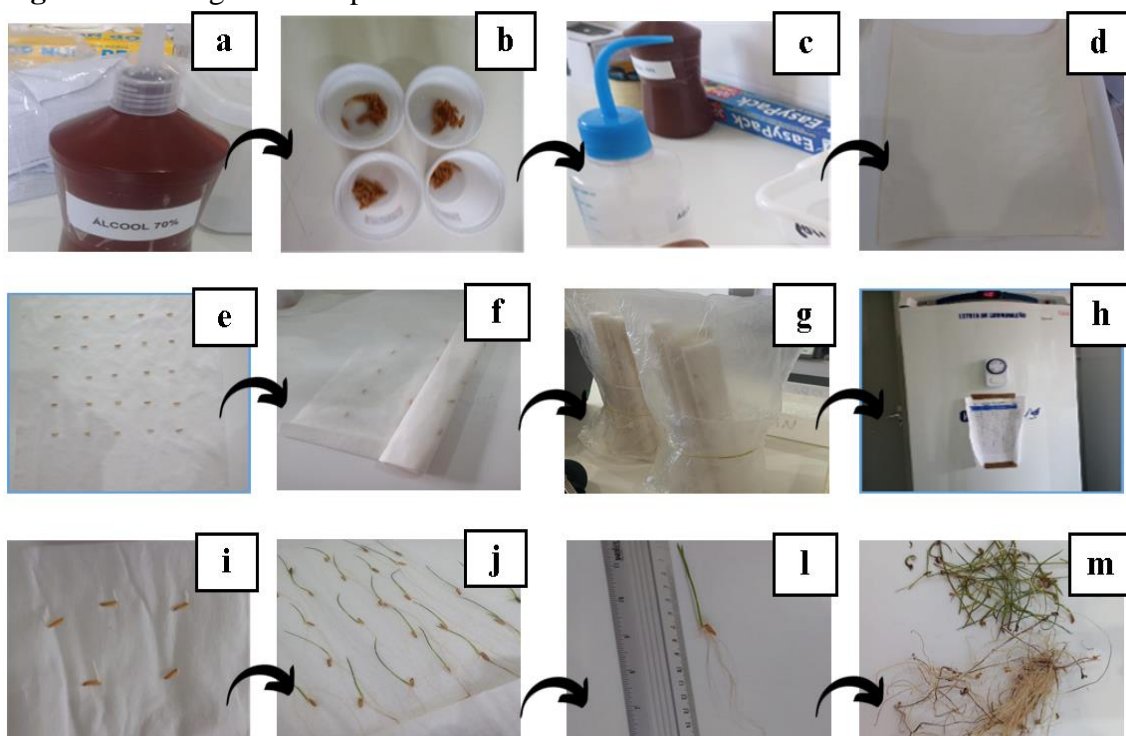
Para obter a uniformidade de germinação ( $U$ ), foi utilizado a fórmula  $U = -\Sigma Fr \log_2 Fr$ , sendo  $Fra$  frequência de germinação e  $\log_2$  –logaritmo na base 2 (Labouriau, 1983; Labouriau; Valadares, 1976).

Para o índice de sincronia ( $Z$ ), foi usado a fórmula  $Z = \Sigma C_{n1,2} / N \approx C_{n1,2} = n_i(n_i - 1) / 2$ ;  $N = \Sigma n_i(\Sigma n_i - 1) / 2$ , onde  $C_{n1,2}$  a combinação das sementes germinadas no  $i$ ésimo tempo e  $n_i$  o número de sementes germinadas no tempo  $i$  (Primack, 1980).

No comprimento de plântulas ( $CP$ ), foi realizado ao fim do teste de germinação, onde o tamanho das plântulas foi registrado com uma régua graduada em milímetro, no qual os resultados foram obtidos das médias de cada repetição e expressos em mm por plântula<sup>1</sup>.

E para massa verde de plântulas ( $MSP$ ), as plântulas normais de cada repetição foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001g, o resultado foi expresso em g/plântulas. Em seguida, elas foram acondicionadas em sacos de papel do tipo kraft, e colocadas em estufa de circulação forçada à 80 °C por 24 horas (Nakawaga, 1999).

**Figura 1.** Fluxograma dos procedimentos do teste controle.



**a).** Álcool 70% para sanitização; **b).** Sanitização das sementes da cultivar BRS A501; **c).** Água destilada para a lavagem das sementes retirando o excesso do álcool; **d).** Papel Gemitest umedecido com a água, com 2,5x o seu peso seco; **e).** Semeadura no papel; **f).** Rolos de papel; **g).** Os rolos foram colocados em becker com saco plástico transparente picotado para manter o microclima; **h).** Os rolos foram colocados em estufa germinativa à temperatura de 25°C por 14 dias; **i).** Primeira contagem foi feita após 4 dias da semeadura, considerado-se germinadas as sementes que emitiram radículas de 2mm; **j).** Contagem diária foi realizada após a primeira contagem; **l).** Desmonte foi realizado após 14 dias medindo o tamanho das plântulas (raiz e parte aérea); **m).** Massa Seca com a raiz e parte aérea das plântulas.

### 3.3 Realização do teste de tetrazólio

Para o pré-condicionamento, ou seja, para facilitar a absorção da solução de tetrazólio, as sementes foram submetidas a uma situação idêntica ao teste de germinação escolhido como o controle, mas somente por 16 horas e acondicionadas sob temperatura de 25 °C (Figura 2).

Decorrido este período, foi realizado o corte da semente em bisseção longitudinal ao longo do embrião e do endosperma, com auxílio de pinça e bisturi com lâmina de n.º 22, sendo utilizada apenas uma metade da semente para coloração (Brasil, 2025).

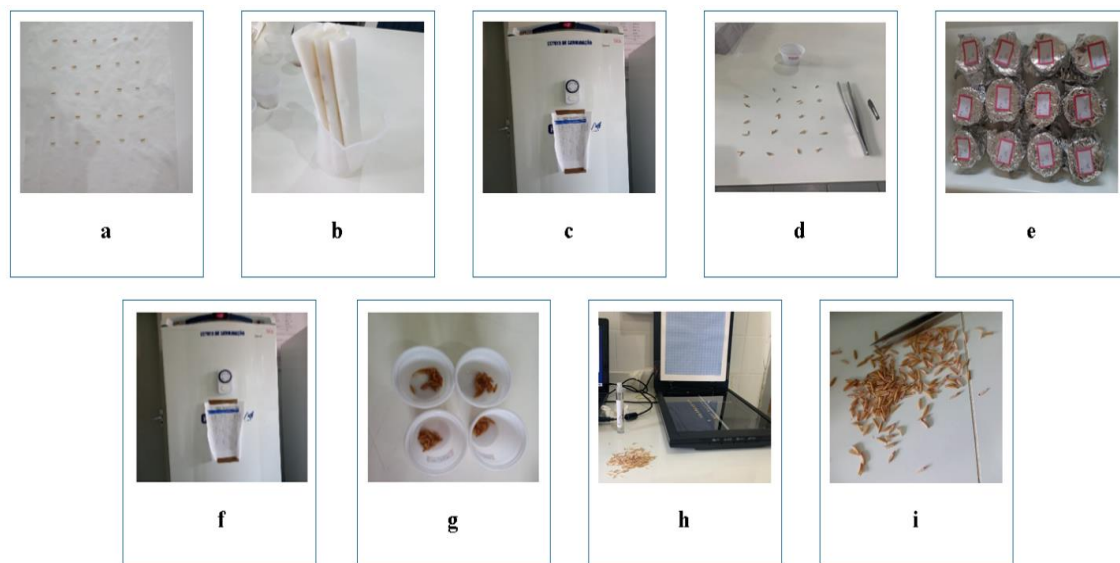
As metades utilizadas foram colocadas em copos de plásticos de 50 mL e imersas em solução do sal 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, nas concentrações de 0,05 e 0,075% pelos períodos de coloração de 1,5; 2,5 e 2,5 horas em câmara do tipo B.O.D. nas temperaturas de 40 °C no escuro.

Ao final do período de coloração, a solução foi descartada e as sementes foram lavadas em água corrente e mantidas submersas em água destilada até o momento da avaliação. Baseado nos padrões de coloração e de sanidade dos tecidos, foram classificadas como viáveis, as sementes cujo eixo embrionário apresentaram coloração rosa, e como não viáveis, as sementes que apresentaram o eixo embrionário descolorido, amarelo ou vermelho muito intenso (França-Neto; Krzyzanowski, 2018).

Para separar diferentes categorias de sementes dentro desses dois grupos, as sementes com diferentes potenciais fisiológicos foram avaliadas uma a uma quanto à condição dos tecidos (firmes ou flácidos) e cor dos mesmos, e pela posição e tamanho dos danos observados nos cotilédones, plúmula e eixo hipocótilo-radícula (Masullo et al., 2017).

A viabilidade determinada pelo teste de tetrazólio foi expressa em porcentagem de sementes viáveis (Tzv). Em seguida, as sementes foram dispostas sobre vidro de scanner de mesa e digitalizadas, e as imagens foram armazenadas no formato JPG. Além da variável de Tzv, foram calculadas a porcentagem de sementes vigorosas (Tzvg), e o produto da viabilidade e vigor (Tzvvg) em nível de repetições obtido pela expressão  $Tzvvg = [(Tzv)(Tzvg)] / 100$  (Garcia et al., 2020).

**Figura 2.** Fluxograma do teste de tetrazólio.



a). Pré-condicionamento de sementes em Papel Germitest umedecido com 2,5x o seu peso seco; b). Rolos de papel; c). Os rolos foram colocados em estufa germinativa à temperatura de 25°C por 16 horas; d). Corte longitudinal das sementes e seleção do melhor embrião ; e). sementes em copinhos com sal de tetrazólio (0,05 e 0,075%) revestidos com papel alumínio; f). Copos colocados em estufa a 40°C por períodos de 1:30, 2:30 e 3:30 horas em escuro; g). sementes lavadas com água abundante para remoção do excesso da substância; h). Sementes foram escaneadas gerado imagens JPG; i). Conforme suas características de colorações as sementes foram classificadas;

### 3.4 Análise estatística

Os dados de G, PC, IVG, TMG, VMG, U e Z foram tabulados em planilha eletrônica e submetidos à Análise de Variância (ANOVA), sendo a comparação de médias feita pelo teste de Tukey ( $p \leq 5\%$ ), utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2014) e somente as médias referentes ao teste de tetrazólio serão feitas com o teste de Tukey ( $p \leq 5\%$ ) e Dunnett ( $p \leq 5\%$ ) e as análises estatísticas com o programa ASSISTAT 7.6 beta (Silva e Azevedo, 2014).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração da solução de tetrazólio de 0,075% no período de imersão de 2,5h possibilitou 95% de sementes viáveis de arroz, não diferindo significativamente dos resultados obtidos no teste padrão de germinação, de 98% (Tabela 1). Isso significa que, usando essa combinação de concentração e período, seria possível identificar com clareza e realizar distinção a viabilidade das sementes. Nessa situação, verificou-se sementes com tecidos corados de maneira uniforme e aspecto firme. Segundo Bhering et al., (2005) para sementes de melancias a concentração de 0,75% de sal tetrazólio por 1h a 40°C em BOD

em escuro fez-se o ideal para a obtenção de bons resultados em coloração de embriões viáveis, sendo bem próximo aos resultados obtidos.

**Tabela 1.** Porcentagem de sementes viáveis de Arroz, em função de concentrações do sal de tetrazólio e períodos de coloração.

Concentrações (%)	Períodos (horas)		
	1,5	2,5	3,5
0,05	81BaY	78 BabY	76 BbY
0,075	86 AbY	95 AaX	83 AbY
Germinação (%)	98 X		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

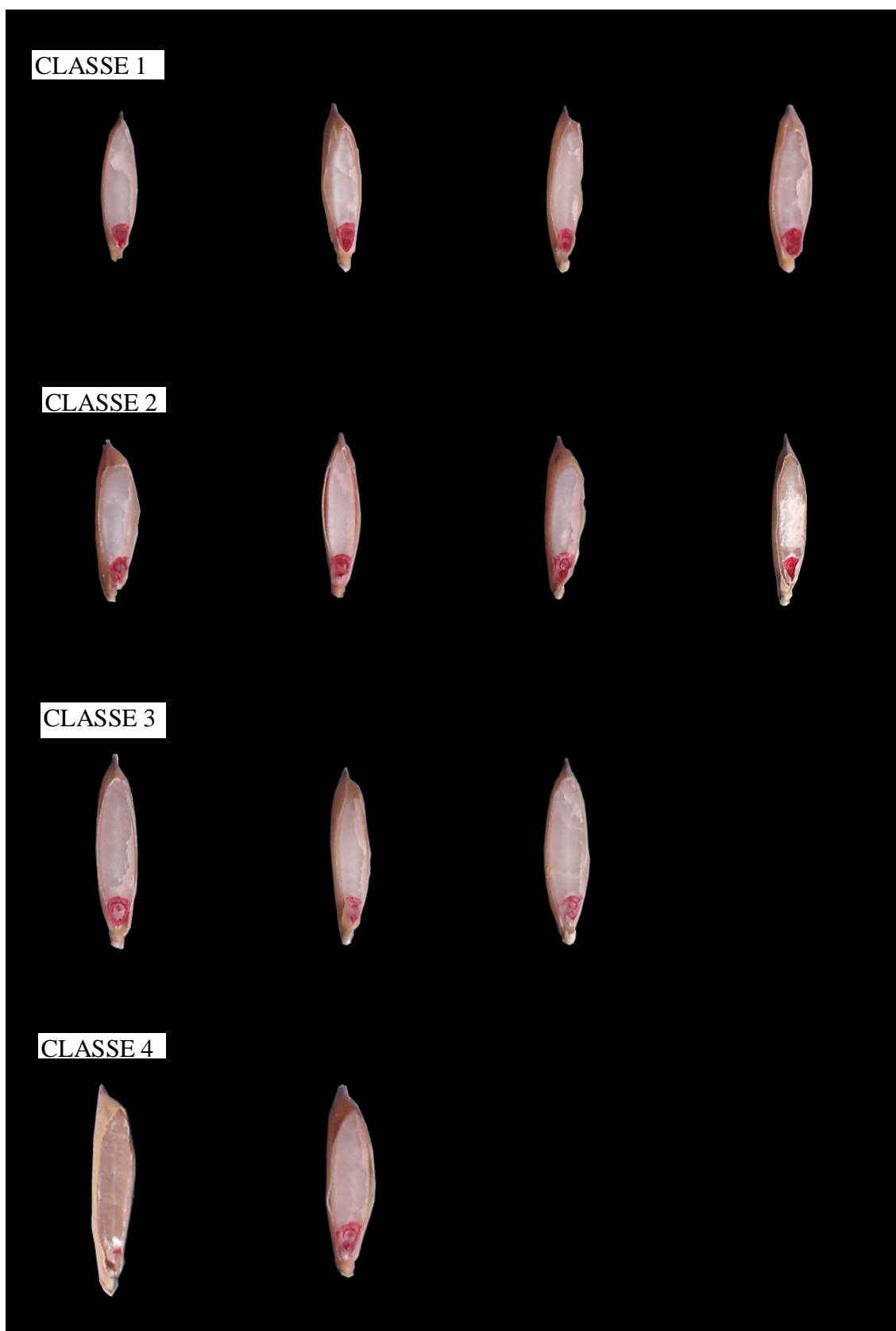
Médias com a letra Y diferem do controle X pelo teste de Dunnett ( $p \leq 5\%$ ).

Carvalho et al., (2017), pioneiros no ajuste do teste de tetrazólio em sementes de arroz no Brasil. Estudaram opções de períodos de pré-condicionamento, coloração e concentração do sal de tetrazólio, visando reduzir o tempo do teste, que leva cerca de 24 horas. Os autores concluíram que é possível obter a redução do tempo, porém somente com concentrações altas como a de 0,25% por 1 hora de coloração. Resultados diferentes do presente estudo, onde foi possível obter elevada porcentagem de viáveis utilizando apenas 0,075% por 2,5 horas. Embora o tempo de coloração seja mais elevado, economia do sal torna um feito relevante.

Em contrapartida, na concentração de 0,05% e período de 3,5, a viabilidade das sementes foi de 76%, diferindo significativamente do teste de germinação, proporcionando padrões de coloração desuniformes, indicando que, provavelmente, seria mais interessante aumentar a concentração da solução e reduzir o tempo de imersão na solução de tetrazólio. Resultados opostos foi relatado por Silva (2013), onde a utilização da concentração de 0,5% (mais alta) de sal de tetrazólio com pré-condicionamento de 16 horas em sementes de girassol, não foi eficaz para determinar a viabilidade, resultando em uma coloração demasiadamente intensa comparada com a concentração mais baixa de 0,1%, atrapalhando a avaliação do teste.

Após o estabelecimento da melhor metodologia para aplicação do teste de tetrazólio em sementes de arroz da cultivar BRS A502, que foi a concentração de 0,075% e período de imersão de 2,5h, o teste de tetrazólio foi aplicado em alguns lotes para a determinação de classes de viabilidade (Figura 3).

**Figura 3.** Classes de vigor e viabilidade de sementes de arroz na concentração 0,075%.



Com base nos critérios estabelecidos pelo teste de tetrazólio, as sementes foram agrupadas em 4 classes distintas:

Classe 1: Sementes viáveis com alto vigor

Nesta classe as sementes apresentaram 100% de coloração rosa ou vermelho claro uniforme em todos os tecidos essenciais do eixo embrionário (escutelo, coleótilo, plúmula, mesocótilo, radícula e coleorriza) com aspecto firmes e íntegros e sem necrose, indicando atividade enzimática preservada e ausência de danos. Plântulas de arroz oriundas dessa classe, apresentaram alto potencial fisiológico, sendo capaz de ter um ótimo estabelecimento no campo.

Classe 2: Sementes viáveis com vigor médio

Sementes com porcentagem de 75% < 100% de tecidos corados. Apresentaram pequenas lesões localizadas, afetando principalmente parte do escutelo, apesar de serem vigorosas, em campo teriam menor capacidade de estabelecimento ou até mesmo seriam mais tardios.

Classe 3: Sementes viáveis com baixo vigor

A sementes apresentaram cerca de 50% < 75% de coloração rósea ou vermelho. Afetando regiões do escutelo, coleótilo ou plúmula. Dentre as colorações observadas nas regiões afetadas variaram entre vermelho intenso ou áreas descoloridas, com tecido levemente flácido. As sementes dessa classe têm redução da atividade metabólica e diminuição do desenvolvimento inicial no campo.

Classe 4: Sementes não viáveis

Sementes com ausência de coloração, mortas, necrosadas ou < 50% de tecidos corados, apresentam aspecto flácido, com extensão dos danos superior a 50%, indicando perda da viabilidade.

Segundo Neto (1998) e Lima et al., (2010) sementes de soja que apresentam o vigor alto a muito alto está entre 75% a 100%, enquanto o vigor baixo a médio está entre 74% a 50% e o vigor muito baixo igual ou inferior a 49%, sendo uma classificação bem similar ao do presente trabalho. Lima et al., (2010) ressaltaram que sementes, com a coloração vermelha brilhante ou rosa brilhante confere-se aos tecidos vivos e vigorosos, a vermelha carmim aos tecidos em deterioração e branca ou amarelado com textura flácida seu embrião está morto.

De acordo com Souza et al., (2024), a depender dos níveis de danos, interferem no potencial germinativo, e conforme o nível de danos aumenta, afeta diretamente a

viabilidade do embrião, e muitas das vezes lesões são causadas por insetos, afetando estruturas como a plúmula e radícula.

## **5 CONCLUSÕES**

A metodologia proposta se mostrou eficiente para a avaliação da viabilidade de sementes de arroz pelo teste de tetrazólio, sendo a concentração de 0,075% e o tempo de coloração de 2,5 horas os mais adequados para a espécie.

A classificação em classes de vigor (1 a 4) demonstrou ser um método prático e confiável para distinguir o potencial fisiológico das sementes, consolidando-se como uma ferramenta útil para o controle de qualidade e a seleção de lotes mais vigorosos.

## REFERENCIAS

AL-AMERY, M.; GENEVE, R.; SANCHES, M.; ARMSTRONG, P.; MAGHIRANG, E.; LEE, C.; HILDEBRAND, D. Near-infrared spectroscopy used to predict soybean seed germination and vigour. **Seed Science Research**, v. 28, n. 3, p. 245-252, 2018.

AZAMBUJA, I. H. V.; MAGALHÃES JR, A. D.; VERNETTI, F. J. Situação da cultura do arroz no mundo e no Brasil. **Série Culturas**, p. 04-14, 2002.

BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; BARROS, D. I. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de melancia. **Revista Brasileira de sementes**, v. 27, p. 176-182, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2025. 395 p.

CARNEY, J. O arroz africano na história do Novo Mundo. Fronteira: **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 6, n. 2, p. 182-197, 2017

CARVALHO, I. L.; MENEGHELLO, G. E.; TUNES, L. M. de; JÁCOME, C. C.; SOARES, V. N. Methodological adjustments to the tetrazolium test in rice seeds. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 1, p. 41-49, 2017.

CASTILHO, I. M.; CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; SOUZA MARINKE, L.; MARTINS, G. Z.; CAMPOS MENEZES, J. B. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão de bico. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 691-697, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**: v. 12 – Safra 2024/25, n. 11 – Décimo primeiro levantamento. Brasília, DF, ago. 2025. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >. Acesso em: 10 out. 2025.

CUSTÓDIO, C. C.; DAMASCENO, R. L.; MACHADO NETO, N. B. Imagens digitalizadas na interpretação do teste de tetrazólio em sementes de *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 334-341, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000200020>

CZABATOR, F. J. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. **Forest Science**, Washington, v. 8, n. 4, p.386-396,1962. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/forestscience/8.4.386>

EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Arroz e Feijão. Equipe Projeto Melhor Arroz / safra 2022-2023. **Catálogo de Cultivares de Arroz da Embrapa**. 2022.

FENG, L.; ZHU, S.; LIU, F.; HE, Y.; BAO, Y.; ZHANG, C. Hyperspectral imaging for seed quality and safety inspection: a review. **Plant Methods**, v. 15, article 91, 2019.

FERREIRA, C. M. P.; MENDEZ DEL VILLAR, C. N. P. A. F. Aspectos da produção e do mercado de arroz. 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 61, 2005.

FLOR, E. P. O.; CICERO, S. M.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.68-76, 2004. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222004000100011>

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2018. 108 p. (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 406).

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Tetrazolium: An important test for physiological seed quality evaluation. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 359–366, 2019.

FURTINI, I. V.; CASTRO, A. P. D.; LACERDA, M. C.; BRESEGHELLO, F.; FRAGOSO, D. D. B.; COLOMBARI FILHO, J. M. BRS A502: Cultivar de arroz de terras altas com resistência ao acamamento e grãos de excelente qualidade industrial e culinária, 2020.

FURTINI, I. V.; CASTRO, A. P.; LACERDA, M. C.; BRESEGHELLO, F.; UTUMI, M. M.; SILVEIRA FILHO, A.; PEREIRA, J. A.; ABREU, G. B.; CORDEIRO, A. C. C.; SOUSA, N. R. G.; FRAGOSO, D. B.; MOURA NETO, F. P.; COLOMBARI-FILHO, J. M.; BASSINELLO, P. Z.; LOBO, V. L. S. BRS A502: an upland rice cultivar for intensive sustainable cropping systems in the Brazilian Cerrado. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 22, p. e41792234, 2022. <https://dx.doi.org/10.1590/1984-70332022v22n3c27>

GARCIA, E. B. **Testes de vigor em sementes de trigo**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Conservacionista) -Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, p. 80, 2018.

GARCIA, E. B.; ÁVILA, M. R.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; NAGASHIMA, G. T. Imagens digitalizadas na avaliação do teste de tetrazólio em sementes de trigo. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 6, p. 67-78, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n6.a408>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>.

KRZYZANOWSKI, F. C., FRANÇA-NETO, J. B., HENNING, A. A. **Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas**. Informativo ABRATES, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Lima: Secretaria Geral da OEA, p. 173, 1983 (OEA-Serie de Biologia. Monografia, 24).

LACERDA, M. C.; NASCENTE, A. S. **Tecnologias para o cultivo do arroz de terras altas em sistema plantio direto na região do Cerrado**. 2021. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2021.

LIMA, L. B.; PINTO, T. L. F.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Avaliação da viabilidade e do vigor de sementes de pepino pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 60-68, 2010.

MACHADO, B. C.; SILVA, S.; CARNEIRO, M. L. ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE VISÃO COMPUTACIONAL. **Revista SODEBRAS-Soluções Para o Desenvolvimento do País**, v. 20, n. 223, 2025.

MAGALHAES JUNIOR, A. M. Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil. 2004.

MAGUIRE, J. D. Seed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. DOI: <https://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MASULLO, L. S.; PIÑA-RODRIGUES, M. C. F.; FIGLIOLIA, M. B.; AMÉRICO, C. Optimization of tetrazolium tests to assess the quality of *Platymiscium floribundum*, *Lonchocarpus muehlbergianus* and *Acacia polyphylla* DC. seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 189-197, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v39n2167534>

MENEZES, N. L.; PIVOTTO, S. MEDIANEIRA F. E. RAFAEL. Dormência em sementes de arroz: causas e métodos de superação. 2009.

MOURA, L.; LANDAU, E. Evolução da Produção de Arroz (*Oryza* spp., Poaceae), 2020.

NERY, I. B. D.; CELLA, D. Arroz: uma descrição do mercado. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n.2, p. 549-560, 2022.

NETO, J. B. F.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Embrapa Soja, 1998.

NUNES, R. T. C.; UBIRATAN, O. S.; OTONIEL, M. M.; CAÍQUE, M. S. L. Análise de imagens na avaliação da qualidade fisiológica de sementes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.5, p.84-90, 2014. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3339>

PEGO, N. M.; CAROSIA, A. Desenvolvimento de um sistema baseado em inteligência artificial para a classificação automática de grãos de café. In: **Congresso de Iniciação Científica do IFSP Itapetininga**. 2025. p. 05-05.

PEREIRA, J. A. Cultura do arroz no Brasil: subsídios para sua história. **Teresina: Embrapa Meio Norte**. 2002.

PEREIRA, P. A. A.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; GUIMARÃES, E. P. Ciência, tecnologia e inovação em arroz: uma visão de futuro. 2017.

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 68, n. 3, p. 849-862, 1980. DOI: <https://dx.doi.org/10.2307/2259460>

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2006. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>

ROCHA, D. M. Ferramenta computacional para apoio ao gerenciamento e à classificação de sementes de soja submetidas ao teste de tetrazólio. 99 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

SALVADOR, J.; FONSECA, P. R. B.; VAZ, M. A. B.; OLIVEIRA, I. J.; SILVA, J. A. N.; Desempenho de cultivares de arroz em diferentes tipos de solo na Amazônia Ocidental. (2021).

SANTOS, A. B. A cultura do arroz no Brasil. 2006.

SILVA, A. L.; FORTE, M. J.; JACOMINO, A. P.; FORTI, V. A.; SILVA, S. R. Biometric characterization and tetrazolium test in *Campomanesia phaea* O. Berg. Landrum seeds. **Journal of Seed Science**, v.45, e202143013, 2021. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43240073>

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. ASSISTAT software: assistência estatística. 2014.

SILVA, R. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; FRANÇA-NETO, J. B.; PANOBIANCO, M. Adaptação do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade e do vigor de sementes de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.1, p.105-113, 2013. <http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n1/14.pdf>

SOUZA, T. R.; OLIVEIRA, J. A.; FORTI, V. A. Efeito do nível de dano na qualidade fisiológica de sementes de feijão de porco. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024.

TEIXEIRA, S. M. Arroz no Brasil: situação atual e perspectivas: região centro-oeste e estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. 2011.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. S.; SIMIONATO, M. E.; CAMARGO, G. de L.; LOPES, D. M.; GOMES, G. R.; ARRUDA, K. M. A. Qualidade fisiológica de sementes de aveia branca com ênfase no teste de tetrazólio com imagens digitalizadas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 4, p. 532–536, 2019.

VENIAL, L. R. Visão computacional associada a deep learning na avaliação da qualidade de sementes. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F. Rentabilidade da Produção de arroz no Brasil. **Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos: o desafio da rentabilidade na produção.** Brasília, DF, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2014.