



## CAPÍTULO 6

# POTENCIAL FISIOLÓGICO DE GENÓTIPOS DE SEMENTES DE ARROZ SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9762517096>

**Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo**

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, São Luís-MA

**Janaina Marques Mondego**

Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA), São José de Ribamar-MA

**Edna Ursulino Alves**

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais/DFCA, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Areia-PB

**Tiago Pedó**

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes

**Paulo Henrique de Aragão Catunda**

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Departamento de Economia Rural, São Luís-MA

**Edmilson Igor Bernardo Almeida**

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Chapadinha-MA

**Barbara Gabrielle Silva Durans**

Discente do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão/UEMA

**Glória Mirelly Borges Da Cruz**

Discente do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Maranhão/UEMA

**RESUMO:** O arroz (*Oryza sativa* L.) é o cereal mais importante para alimentação humana. No Estado do Maranhão, o arroz é cultivado em praticamente todos os municípios, destacando a importância social da cultura. Apesar de relevante, a produtividade da oricultura maranhense estar abaixo da média nacional, devido a salinização dos solos e/ou das águas. Neste sentido, o presente estudo, objetivou-se, avaliar o potencial fisiológico de sementes de *O. sativa*, e o desenvolvimento inicial das plântulas, tolerantes à salinidade, selecionando os genótipos com maior vigor. Na avaliação foram utilizados 15 lotes de sementes, submetidos aos seguintes níveis de potencial osmótico: 0, 100, 200, 300 e 400 mM de NaCl/L<sup>-1</sup>. As sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e os comprimentos da parte aérea e raiz das plântulas. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em quatro repetições em esquema fatorial, 15 x 5 (número de lotes e potenciais osmóticos). Os testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e os comprimentos de parte aérea e raiz de plântulas são eficientes na avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de arroz, fornecendo informações suficientes para a classificação dos lotes quanto ao nível de vigor. Os genótipos de arroz respondem de maneira diferenciada ao estresse salino, sendo o lote 2 o genótipo mais tolerante à salinidade, quando avaliado pelo potencial fisiológico das sementes, até o limite de concentração 100 mM de NaCl.

**PALAVRAS-CHAVE:** arroz irrigado; salinização; tolerância à salinidade; vigor de sementes.

## PHYSIOLOGICAL POTENTIAL OF RICE SEED GENOTYPES SUBMITTED TO SALINE STRESS

**ABSTRACT:** Rice (*Oryza sativa* L.) is the most important cereal for human consumption. In the state of Maranhão, rice is cultivated in almost all municipalities, highlighting the social importance of this crop. Despite its relevance, the productivity of rice cultivation in Maranhão is below the national average, mainly due to soil and/or water salinization. In this context, the present study aimed to evaluate the physiological potential of *O. sativa* seeds and the initial development of salinity tolerant seedlings, selecting the genotypes with greater vigor. Fifteen seed lots were submitted to the following levels of osmotic potential: 0, 100, 200, 300 and 400 mM NaCl / L<sup>-1</sup>. The seeds were evaluated for water content, germination tests, first germination count, germination speed index and seedling root and shoot lengths. The experimental design was completely random, with treatments distributed in four replicates in a factorial scheme, 15 x 5 (number of lots and osmotic potentials).

Germination tests, first germination counts, germination speed index, and seedling root and seedling lengths are efficient in assessing the physiological potential of rice seed lots, providing sufficient information to classify lots as to the level of vigor. The genotypes of rice respond differently to saline stress, with lot 2 being the most tolerant to salinity when evaluated by the physiological potential of the seeds up to the limit of 100 mM NaCl concentration.

**KEY WORDS:** irrigated rice, salinization, salinity tolerance, seed vigor.

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, com uma produção em torno de 491 milhões de toneladas, sendo a China o principal produtor. O Brasil estar entre os dez países maiores produtores, com aproximadamente 10 milhões de toneladas, sendo a Região Sul do país responsável por quase 70% do volume produzido. Estima-se que o Maranhão ocupa posição relevante na oricultura, tendo produzido cerca de 279,5 mil toneladas de arroz na safra de 2024/25 (CONAB, 2025). Apesar do avanço, a produtividade média de arroz do Maranhão naquela safra foi de aproximadamente 2.992 kg/ha, ainda abaixo da média nacional, que gira em torno de 6.800–7.000 kg/ha. Problemas como a salinização dos solos e das águas de irrigação seguem como fatores limitantes ao aumento de produtividade (ZHU; CONAB, 2025).

Na oricultura maranhense o cultivo do arroz é realizado em dois ecossistemas: várzeas e terras altas. No ecossistema de várzea, o sistema de cultivo é com irrigação controlada e sem irrigação controlada, denominado várzea úmida. Quanto ao plantio sem irrigação controlada em áreas de baixadas, a água da chuva e da enchente dos rios ou de afloramento natural do lençol freático são as fontes de água para o desenvolvimento das plantas (AMARAL et al., 2005; FERRAZ JÚNIOR, 2000). No entanto, verifica-se uma continua redução da área plantada dos cultivos em várzea úmida e por inundação na baixada maranhense, devido as mudanças climáticas que intensificam o aumento das áreas salinizadas. Por várias razões, incluindo altas temperaturas, baixa pluviosidade e altas taxas de evapotranspiração devido à escassez de águas superficiais, tornando a água salobra, por conta da proximidade do mar (MUNNS; GILLIHAM, 2015; MELO et al., 2017).

Situações de salinidade, tanto do solo como da água, durante um determinado período do ano, pode comprometer a germinação das sementes de espécies agricultáveis e/ou estabelecimento de mudas e sua sobrevivência (MARTINS; PEREIRA; LOPES, 2014; ZHANG et al., 2019). A cultura de arroz sofre os efeitos de salinidade, especialmente na fase de desenvolvimento das plântulas (DJANAGUIRAMAN; RAMADASS; DEVI, 2003). A germinação rápida e uniforme e o estabelecimento

do estande constituído por plântulas vigorosas da cultivar escolhida representam condições essenciais para garantir o desempenho adequado das plantas no campo. Este fator pode afetar a uniformidade do desenvolvimento, o rendimento final da cultura e a qualidade do produto (MARCOS FILHO, 2015a). Assim, o desenvolvimento de cultivares de arroz tolerantes ao estresse hídrico pode ser uma solução (GUIMARÃES; STONE; SILVA, 2016).

No Nordeste brasileiro o programa de melhoramento genético do arroz coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, consiste em estratégia utilizada à produção de genótipos de sementes adaptadas a região. No entanto, a substituição do material local por variedades melhoradas, necessita que a análise de sementes, seja realizada para sua maior agilidade e eficiência. No caso da germinação, as condições em que as sementes se encontram no solo para germinar nem sempre são ótimas, como é o caso dos solos salinizados. Portanto, à seleção de genótipos de sementes com capacidade de germinar sob diferentes condições hídricas, constituem-se vantagens ecológicas em relação a outros acessos de sementes que são sensíveis a solos e/ou água salinas (ROSA *et al.*, 2005; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; SAITO *et al.*, 2018).

Uma das técnicas utilizadas em laboratório para simular condições de estresse hídrico tem sido o uso de soluções aquosas com diferentes potenciais osmóticos (HARDEGREE; EMMERICH, 1994), podendo provocar atraso na germinação e/ou no crescimento de plântulas. Diversos compostos químicos têm sido utilizados na simulação de estresse abiótico, dentre eles o NaCl, agente osmótico, que tem proporcionado restrição hídrica às sementes, dependendo da concentração (VILLELA; DONI FILHO; SEQUEIRA, 1991; MORAES; MENEZES, 2003).

A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições estressantes é definida como a manifestação do vigor, dependendo, entre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local quando semeada (PEDÓ *et al.*, 2016). A influência do vigor da semente é marcante sobre todos os aspectos germinativos, desde a própria possibilidade de ocorrência da germinação até outras características, como a velocidade, a uniformidade, o total da germinação e o comprimento de plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Diante do exposto, verifica-se que o emprego de tecnologia de sementes pode permitir que à seleção de genótipos adaptados à superação de fatores restritivos, como a salinização, podem facilitar aos produtores o acesso a sementes de qualidade, que possam aumentar a produtividade. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial fisiológico de sementes de *O. sativa*, e o desenvolvimento inicial das plântulas, tolerantes à salinidade, selecionando os genótipos com maior vigor.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção das Sementes

No estudo foram avaliados 15 lotes de sementes de arroz provenientes do programa de melhoramento genético da EMBRAPA Cocaíns, colhidos na safra 17/18 e procedentes do município Itapecuru Mirim -MA (03° 23' 33"S 44° 21' 31" W). O clima do município é classificado como clima tropical de savana com estação seca de inverno, com temperatura média em qualquer mês do ano superior a 18 °C. O inverno é seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação. Com precipitação média anual de 1632 mm e temperatura média anual é 27.3 °C (Fonte: Climate-data. Org).

As sementes foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Sementes - LAS, da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Campus São Luís - MA, acondicionadas em sacos tipo Kraft multifoliado e conservadas em câmara fria a  $10 \pm 2$  °C, durante o período de setembro a outubro de 2018, para a realização dos seguintes testes e determinações: teor de água, obtenção dos potenciais osmóticos, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e avaliação do desenvolvimento de plântulas.

### Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C, por 24 horas (BRASIL 2009), utilizando-se quatro repetições de 25 sementes/lote.

### Obtenção dos potenciais osmóticos

As sementes de arroz foram colocadas para germinar em substrato umedecido com soluções de cloreto de sódio (NaCl) para simular estresses salino, nos seguintes potenciais osmóticos: 0.0 (controle), 100, 200, 300, 400 e 500 mM. Para obtenção da solução de NaCl, foi utilizada a tabela proposta por Richards (1980), onde se diluiu o reagente, para simulação do potencial osmótico. Os potenciais osmóticos foram confirmados por meio da condutividade elétrica das soluções, utilizando um medidor digital de condutividade.

Os valores de condutividade elétrica das soluções de NaCl foram obtidos através da expressão:  $(Cs = \frac{0.001(CEs - CEan) Peq}{0.97})$  proposta por Richards (1954), sendo CS = 0.001 (CEs - CEan) Peq/0,97, em que CS = concentração ( $\text{g L}^{-1}$ ); CE<sub>s</sub> = condutividade elétrica a 25 °C da água da mistura ( $\text{mM}^{-1}$ ), CE<sub>a</sub> = condutividade elétrica da água utilizada ( $\text{mM}^{-1}$ ), Peq = peso equivalente do sal utilizado e 0.97 = porcentagem de pureza estimada do cloreto de sódio.

## Teste de germinação

As sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel Germitest® e cobertas por uma terceira, umedecidas com quantidades de água equivalentes a 2.5 vezes a massa do substrato, confeccionados na forma de rolos e acondicionados em sacos de plástico de 0.04 mm de espessura, com a finalidade de evitar a perda de água por evaporação. Cada tratamento teve quatro repetições de 50 sementes, mantidas em câmaras de germinação reguladas a  $30 \pm 3$  °C em fotoperíodo de 12 horas/luz e 12 horas/escuro. As avaliações foram realizadas dos cinco ao trigésimo terceiro dia após a instalação do teste, considerando-se como germinadas as plântulas normais, com os dados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

## Primeira contagem de germinação

Foi realizada em conjunto com o teste de germinação, computando-se as plântulas normais obtidas no quinto dia após a semeadura (SENA; ALVES; MEDEIROS, 2015).

## Índice de velocidade de germinação

Conduzido em conjunto com o teste de germinação, do quinto ao trigésimo dia após a semeadura, computando-se o número de plântulas germinadas por dia segundo a metodologia proposta por Maguire, (1962).

## Avaliação do desenvolvimento das plântulas

Avaliadas ao final do teste de germinação por meio da mensuração do comprimento da parte aérea e da raiz primária das plântulas, com auxílio de régua graduada em centímetros, com os resultados expressos em cm/plântula<sup>1</sup> (NAKAGAWA, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 15 x 5 (lotes de sementes e níveis de potenciais osmóticos), em quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com as médias comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teor de água das sementes de arroz variou entre 7 e 8% (valores não apresentados nas tabelas), sendo considerado uniforme porque a variação máxima foi de 1%, cuja similaridade de valores de teores de água é primordial para que os testes de avaliação do potencial fisiológico não sejam afetados por diferenças na atividade metabólica devido às diferenças nos teores de água das sementes (SILVA; GRZYBOWSKI; PANOBIANCO, 2016; SENA; ALVES; MEDEIROS, 2015).

No teste de primeira contagem de germinação (Tabela 1), verificou-se que a porcentagem máxima variou entre 90 e 92% (lotes 1, 2, 3 e 4) de plântulas germinadas no quinto dia após a semeadura, quando submetidas aos tratamentos controle de 0.0 mM. Ainda verificou-se que para o lote 4 ocorreram taxas de plântulas germinadas de 92% até o potencial osmótico de 100 mM, a partir do qual houve acentuada queda na germinação. Adicionalmente, o teste de primeira contagem de germinação separou os lotes de sementes em quatro classes de vigor: lotes de alto vigor (1, 3, 4 e 5); médio-alto (2, 6, 7, 10 e 11), médio-baixo (8, 12 e 14) e baixo vigor (13 e 15), para plântulas germinadas em água deionizada.

Lotes	Tratamentos				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	92 a	69 e	-	-	-
2	87 b	87 b	7 a	-	-
3	91 a	52 h	-	-	-
4	90 a	92 a	6 a	-	-
5	90 a	63 f	-	-	-
6	85 b	86 b	8 a	-	-
7	87 b	78 c	-	-	-
8	82 c	58 g	-	-	-
9	62 e	75 d	-	-	-
10	87 b	62 f	-	-	-
11	85 b	79 c	-	-	-
12	80 c	33 i	-	-	-
13	75 d	50 h	1 b	-	-
14	81 c	59 g	-	-	-
15	77 d	34 i	-	-	-

CV (%) = 10. 10

T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = 100 mM; T2 = 200 mM; T3 = 300 mM; T4 = 400 mM. \*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

**TABELA 1.** Primeira contagem de germinação (%) de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl.

No teste de germinação, verificou-se que as maiores porcentagens de germinação, entre 90% e 94%, ocorreram em substratos com potencial osmótico variando de 0.0 a 200 mM, considerando os lotes 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Tabela 2). Além disso, verificou-se

para o lote 2 mesmo em alto potencial osmótico de 300 mM, ocorreu uma taxa de germinação de 93%, a partir deste ponto, observou-se um decréscimo na germinação à medida que os níveis de concentração salina aumentaram. A exemplo da primeira contagem de germinação o teste de germinação, possibilitou a separação dos lotes em quatro classes, quanto a viabilidade das sementes germinadas em água deionizada: lotes de alta qualidade (1, 2, 3, 4, 5 e 6) média-alta (7, 8, 9 e 10), média-baixa (11, 12, 13 e 14) e baixa qualidade fisiológica (15)

Lotes	Tratamentos				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	93 a	94 a	80 b	22 c	-
2	92 a	90 a	93 a	26 b	-
3	93 a	92 a	55 d	16 d	-
4	92 a	93 a	57 d	24 b	-
5	92 a	92 a	76 c	29 a	-
6	92 a	91 a	82 b	14 d	-
7	89 b	88 b	81 b	6 e	-
8	89 b	70 f	23 h	-	-
9	88 b	87 b	47 e	19 c	-
10	88 b	85 c	43 f	21 c	-
11	85 c	82 c	75 c	6 e	-
12	85 c	87 b	26 h	-	-
13	84 c	67 f	58 d	-	-
14	83 c	78 d	36 g	-	-
15	80 d	73 e	48 e	-	-

CV (%) = 7.32

T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = 100 mM; T2 = 200 mM; T3 = 300 mM; T4 = 400 mM. \*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

**TABELA 2.** Germinação (G%) de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl.

Estudos similares realizados nesta pesquisa foram relatados por Lima *et al.* (2005), com sementes de arroz, os quais verificaram que com o aumento da salinidade ocasionou reduções progressivas na porcentagem de germinação, afetando o desenvolvimento de plântulas normais. Estes resultados assemelham-se aos obtidos por Olivo, (2013) em trabalhos com diferentes genótipos de trigo.

A salinidade afeta a germinação das sementes por meio de efeitos osmóticos, toxicidade iônica ou uma combinação dos dois. Por isso, ocorre a restrição na absorção de água pelas sementes devido à redução do gradiente de potencial entre o substrato e sua superfície, causado pela presença de sais, que interferem no potencial hídrico do substrato (PEREIRA et al., 2016). No entanto, espécies tolerantes ao sal são referidas como tendo a capacidade de adquirir um alto potencial osmótico, pois permitem a entrada de NaCl nas células, usando-o como osmólito para manter a absorção de água, necessária a germinação. Nestas plantas, os eventos iniciais de toxicidade durante a fase osmótica do estresse salino podem ser atenuados pelo armazenamento dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nos vacúolos celulares (ZHANG et al., 2012). Provavelmente estes mecanismos de tolerância a salinidade explicam os resultados obtidos no lote 2 (Tabela 2).

Quanto à germinação, para todos os lotes de sementes utilizados na pesquisa os menores valores foram de 80% (Tabela 2), atendendo aos padrões oficiais para comercialização de sementes de arroz (BRASIL, 2013). Por isso, os testes de vigor devem detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes com poder germinativo semelhante e compatível com as exigências mínimas pela legislação imposta pelo Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento - MAPA (MARCOS FILHO, 2015b).

A exemplo dos resultados obtidos na primeira contagem e na porcentagem de germinação no tratamento controle, para o índice de velocidade de germinação (IVG), pôde-se escalar os genótipos de sementes de arroz em ordem decrescente de vigor: lotes de alto vigor (1, 2, 3, 5, 6 e 7); médio-alto (4, 10, 11, 12 e 14), médio-baixo (8, 9, 13 e 15). Sendo que os maiores valores do IVG de 9.23, 9.16, 9.14, 8.95, 8.76 e 8.73 ocorreram na ausência de salinidade (0.0 mM). Com o aumento nos níveis de estresse salino, o IVG foi afetado, evidenciando o efeito do NaCl no atraso da germinação, exceto para o lote 2 que se manteve com o valor do IVG em cerca de 6.35 até o potencial salino de 200 mM (Tabela 3). Este resultado é notável visto que a velocidade de germinação é a considerada a primeira variável afetada pela restrição hídrica, induzida pelo estresse salino (ZHANG et al., 2010).

A velocidade de germinação das sementes, foi afetada pela redução no potencial osmótico induzido por NaCl (Tabela 3). Isso pode ser atribuído ao acúmulo de  $\text{Na}^+$ , que altera o equilíbrio de íons e a disponibilidade de nutrientes minerais, reduzindo a velocidade de divisão celular e o desenvolvimento do embrião. Contudo, em sementes de trigo, o estresse hídrico induzido por NaCl foi mais severo, nos mesmos potenciais de 100 mM. Com isso, podemos afirmar que a velocidade de germinação das sementes de arroz pode ser severamente afetada pela baixa disponibilidade de água, principalmente em solos que apresentam maiores teores de sais (SOARES et al., 2015).

Lotes	Tratamentos				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	9.23 a	8.55 a	4.49 c	0.91 a	-
2	8.95 a	8.52 a	6.35 a	1.22 a	-
3	9.16 a	8.13 b	2.70 d	0.52 a	-
4	8.31 b	8.98 a	3.18 d	0.95 a	-
5	9.14 a	8.12 b	4.82 c	1.01 a	-
6	8.73 a	8.90 a	5.43 b	0.66 a	-
7	8.76 a	8.29 b	4.35 c	0.26 b	-
8	7.64 c	6.41 d	1.02 g	-	-
9	7.68 c	7.95 b	1.94 e	0.85 a	-
10	8.54 b	7.45 c	2.15 e	1.08 a	-
11	8.25 b	8.11 b	4.54 c	0.33 b	-
12	8.16 b	6.71 d	1.05 g	-	-
13	7.59 c	5.75 e	2.86 d	-	-
14	8.19 b	7.42 c	1.68 f	-	-
15	7.80 c	6.05 e	2.23 e	-	-

CV (%) = 11.36

T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = 100 mM; T2 = 200 mM; T3 = 300 mM; T4 = 400 mM. \*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

**TABELA 3.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl.

Geralmente, o estresse hídrico, causado pelo aumento da salinidade, atua sobre a semente retardando a absorção de água e, consequentemente o metabolismo germinativo (MARCOS FILHO, 2015a), como ocorreu neste estudo para soluções salinas com potencial osmótico de 300 e 400 mM (Tabela 3). Altas concentrações salinas, prejudica intensamente o desempenho germinativo das sementes, provavelmente por acelerar a respiração e eventos metabólicos, intensificando os efeitos tóxicos dos sais e a deterioração (ZHANG et al., 2012).

No entanto, na célula vegetal a toxicidade pode ser atenuada pela ação de mecanismos de tolerância, permitindo que o citoplasma seja mantido em concentrações iônicas mais baixas e evitando a inibição metabólica. Por isso, a tolerância à salinidade pode ter implicações no rendimento das culturas em campo (FAROOQ et al., 2017), pois sementes capazes de responder efetivamente as mudanças

ambientais e alterar sua fisiologia de germinação terão maior probabilidade de sobreviver e se estabelecer (IBRAHIM, 2016; JHA *et al.*, 2019). Estes relatos reforçam a hipótese que as sementes do lote 2 são os mais tolerantes ao estresse hídrico induzido pelo NaCl (Tabela 3).

Quanto ao comprimento da parte aérea e da raiz (Tabelas 4 e 5), as plântulas de arroz apresentaram comportamento semelhante ao IVG, com a diminuição do vigor com a redução dos valores de comprimento à medida que aumentava o potencial osmótico da solução salina.

Lotes	Tratamentos				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	4.17 g	3.24 e	3.57 a	1.05 a	-
2	9.39 a	5.33 b	3.61 a	1.51 a	-
3	3.80 h	5.82 b	1.26 e	0.82 a	-
4	7.24 c	5.43 b	2.07 d	1.20 a	-
5	5.49 e	4.21 d	3.15 b	1.21 a	-
6	5.87 d	4.12 d	3.15 b	0.68 a	-
7	6.85 c	4.72 c	2.58 c	0.89 a	-
8	4.59 f	5.65 b	1.07 e	-	-
9	4.55 f	5.06 c	1.30 e	0.67 a	-
10	5.06 e	5.47 b	1.91 d	0.85 a	-
11	7.86 b	7.10 a	3.69 a	1.05 a	-
12	3.77 h	3.77 d	1.05 e	-	-
13	3.68 h	2.64 f	1.52 e	-	-
14	3.69 h	2.32 f	1.29 e	-	-
15	4.22 g	4.16 d	1.90 d	-	-

CV (%) = 18.65

T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = 100 mM; T2 = 200 mM; T3 = 300 mM; T4 = 400 mM. \*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

**TABELA 4.** Comprimento de parte aérea cm/plântula<sup>-1</sup> de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl.

As sementes dos lotes 2 e 11 com os substratos umedecidos com água deionizada (0.0 mM) e solução salina (100 mM), alcançaram os maiores valores de comprimento de parte aérea e da raiz com médias de 9.39 e 6.15 e 6.67 cm/plântula<sup>-1</sup>,

respectivamente. Adicionalmente, pôde-se notar que o aumento na concentração salina a partir de 200 mM houve redução acentuada em relação a estes parâmetros de comprimento de plântulas (Tabelas 4 e 5). Lima *et al.* (2005), analisando o comprimento de plântulas de algumas variedades de arroz tolerantes a salinidade observou que, algumas cultivares se mostraram sensíveis em relação a concentração salina diminuindo o seu comprimento de planta, enquanto outras cultivares não sofreram alteração negativas nas concentrações de 25 a 100 mM de NaCl, e assim podendo selecionar as cultivares de melhor tolerância ao sal.

Lotes	Tratamentos				
	T0	T1	T2	T3	T4
1	4.25 c	3.36 d	3.34 a	0.55 a	-
2	6.15 a	5.19 b	1.43 d	0.90 a	-
3	2.31 e	5.09 b	1.44 d	0.54 a	-
4	5.37 b	4.62 c	1.98 c	0.54 a	-
5	3.08 d	3.93 c	2.86 b	0.80 a	-
6	3.54 d	4.18 c	1.82 c	0.55 a	-
7	5.29 b	4.84 b	2.78 b	0.62 a	-
8	4.11 c	5.86 b	1.27 d	-	-
9	3.20 d	5.70 b	0.99 d	0.57 a	-
10	3.94 c	5.47 b	1.77 c	0.66 a	-
11	4.45 c	6.67 a	2.90 b	0.62 a	-
12	3.41 d	3.15 d	1.20 d	-	-
13	3.21 d	3.14 d	0.96 d	-	-
14	3.26 d	2.95 d	0.77 d	-	-
15	4.24 c	4.15 c	1.89 c	-	-

CV (%) = 17.13

T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = 100 mM; T2 = 200 mM; T3 = 300 mM; T4 = 400 mM. \*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

**TABELA 5.** Comprimento de raízes primárias cm/plântula<sup>-1</sup> de *Oriza sativa*, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de NaCl.

O estresse salino pode afetar a germinação por inibir a captação de água e/ou pelo acúmulo dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , sendo estes efeitos negativos atenuados pela ligação destes íons as reservas de amido da semente. Este mecanismo vegetal

atua no controle do ajuste osmótico utilizando solutos orgânicos. Por isso, exige provavelmente uma intensiva demanda energética, que pode comprometer o crescimento das plântulas pela indisponibilidade de recursos metabólicos, ou seja, açúcares. Desta forma, pode-se supor que a tolerância metabólica ao NaCl seria mais importante nas sementes com boas quantidades de reservas, sendo as sementes com limitadas reservas de carboidratos menos tolerantes ao estresse salino (FLOWERS; COLMER, 2015).

Outro fator que afeta o desenvolvimento das plântulas, ao final do processo germinativo ocorre com à emissão da radícula, que é a primeira parte da semente a emergir durante a germinação. Neste momento, ocorre a exposição do protoplasma celular a concentrações excessivas de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  diluídos na água do substrato que envolve a zona da radícula, cujo efeito tóxico favorece a redução das taxas de alongamento da raiz e parte área das plântulas (FAROOQ *et al.*, 2017). Estudos sobre a germinação de sementes, relataram que o excesso de  $\text{Na}^+$  é frequentemente considerado responsável pelas reduções no vigor avaliado pelo crescimento de plântulas sob condições salinas. Enquanto o aumento da concentração intracelular de íons de  $\text{Cl}^-$  pode restringir o metabolismo da divisão e estágios de expansão das células (KESHAVARZI *et al.*, 2011).

Estudos posteriores devem ser realizados para o ajuste de metodologias relacionadas à seleção de linhagens e/ou variedades de arroz resistentes ao estresse salino e, que sejam adaptadas ao uso de água e/ou solos salinos do Nordeste brasileiro. Na literatura existe escassez de informações referentes a estudos que relacionem resultados de testes de vigor para sementes de arroz. Pois, trata-se de um dos principais determinantes do sucesso econômico, uma vez que a semente é um insumo básico de valor e apenas a sua avaliação correta permite o seu uso adequado, podendo determinar o sucesso da produção agrícola.

## CONCLUSÕES

Os testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e os comprimentos de parte aérea e raiz de plântulas são eficientes na avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de arroz, fornecendo informações suficientes para a classificação dos lotes quanto ao nível de vigor;

Os genótipos de arroz respondem de maneira diferenciada ao estresse salino, sendo o lote 2 o genótipo mais tolerante a salinidade, quando avaliado pelo potencial fisiológico das sementes, até o limite de concentração 100 mM de NaCl.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. G. H. et al. Vazão retirada e consumo efetivo de água em diferentes sistemas de irrigação do arroz. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 3, p. 178-192, 2005.
- IBRAHIM, E. A. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, n. 2, p. 38-46, 2016.
- BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- CONAB.COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra brasileira de Grãos**: - Safra 2024/25 v.12, n. 12 – décimo segundo levantamento: Brasília, setembro, 2025. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 05 out. 2025.
- DJANAGUIRAMAN, M.; RAMADASS, R.; DEVI, D. D. Effect of salt stress on germination and seedling growth in rice genotypes. **The Madras Agricultural Journal**, v. 90, n. 1/3, p. 50-53, 2003.
- FAROOQ, M. et al. Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, n. 4, p. 199-217, 2017.
- FERRAZ JÚNIOR, A. S. L. **Arroz de sequeiro em aléias de leguminosas em solos de baixa fertilidade natural**. 2000. 128f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.
- FLOWERS, T. F; COLMER, T. D. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. **Annals of Botany**, v. 115, n. 3, p. 327-331, 2015.
- GUIMARÃES, C. M; STONE, L. F; SILVA, A. C. L. Evapotranspiration and grain yield of upland rice as affected by water deficit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 441-446, 2016.
- HARDEGREE, S. P; EMMERICH, W.E. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 1, p. 1-7, 1994.
- JHA, U. C. et al. Salinity stress response and 'omics' approaches for improving salinity stress tolerance in major grain legumes. **Plant Cell Reports**, v. 38, n. 3, p. 255-277, 2019.

KESHAVARZI, A., F. et al. Modeling of soil cation exchange capacity based on fuzzy table look-up scheme and artificial neural network approach. **Modern Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 153-164, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015a.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015b, 659p.

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G. Germination of eucalyptus seeds under water and salt stress. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 318-329, 2014.

MELO, P. A. F. R. et al. Substrates and temperatures in the germination of *Eriothecagracilipes* seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 303-309, 2017.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 219- 226, 2003.

MUNNS, R.; GILLHAM, M. Salinity tolerance of crops - what is the cost?. **New Phytologist**, v. 208, n. 3, p. 668-73, 2015.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 2:1- 2:21. 1999.

OLIVO, M. **Germinação e vigor em genótipos de trigo sob estresse salino e déficit hídrico**. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

PEDÓ, T. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja semeadas em diferentes épocas de safrinha. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 10, n. 2, p. 29-32, 2016.

PEREIRA, F. E. C. B. et al. Saline stress and temperatures on germination and vigor of *Piptadenia moniliiformis* Benth. Seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 649-653, 2016.

ROSA, L. S. et al. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (timbó). **Cerne**, v. 11, n. 3, p. 306-314, 2005.

SAITO, K.; ASAI, H.; ZHAO, D.; LABORTE, A. G.; GRENIER, C. Progress in varietal improvement for increasing upland rice productivity in the tropics. **Plant Production Science**, v. 21, n. 3, p. 145-158, 2018.

SILVA, R. C; GRZYBOWSKI, C. R. S; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 491-499, 2016.

SOARES, M. M. et al. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.

VILLELA, F. A; FILHO, L. D.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

ZHANG, H. et al. The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. **Annals of Botany**, v. 106, n. 6, p. 1027-1035, 2010.

ZHANG, H. et al. Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotime model parameters for the halophyte, *Chloris virgata*, and the glycophyte, *Digitaria sanguinalis*. **South African Journal of Botany**, v. 78, n. 4, p. 203-210, 2012.

ZHANG, W. et al. Ecosystem structural changes controlled by altered rainfall climatology in tropical savannas. **Nature Communications**, v. 10, n. 671, p.1-7, 2019.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 53, n. 1, p. 247-273, 2002.