

Potencial fisiológico de sementes de duas cultivares de arroz em resposta ao stresse salino

Physiological potential of two rice seeds in response to salt stress

Jerffeson Araujo Cavalcante*, Fernanda Reolon, Caroline Leivas de Moraes, Ricardo Miotto Ternus, Raimunda Nonada Oliveira daSilva, Andréa Bica Noguez Martins e Dario Munt de Moraes

Departamento de Fitotecnia/Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão/RS, Brasil

(*E-mail: jerffeson_agronomo@hotmail.com)
<https://doi.org/10.19084/RCA17279>

Recebido/received: 2017.11.03

Recebido em versão revista/received in revised form: 2018.09.26

Aceite/accepted: 2017.09.28

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações salinas. Foram utilizadas quatro concentrações de cloreto de sódio (NaCl), zero, 50, 100 e 150 mM e as respostas das sementes a essas variações foram avaliadas pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, além do comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz e atividade respiratória. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×4 , sendo duas cultivares de arroz e quatro concentrações de NaCl, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos, as variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as variáveis quantitativas submetidas à análise de regressão polinomial. A germinação das sementes da cultivar BRS AG mostrou-se menos sensível à salinidade do que as sementes da cultivar BRS Pampa. O crescimento da parte aérea e da raiz e o acúmulo de massa seca das plântulas de ambas as cultivares de arroz foram afetados negativamente em condições de stresse salino. A atividade respiratória das sementes de ambas as cultivares foi afetada pelo excesso de sais no processo de hidratação.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., salinidade, germinação, vigor.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the physiological quality of rice seeds of BRS AG and BRS Pampa under different saline levels. The seeds were subjected in four concentrations of sodium chloride (NaCl), zero, 50, 100, and 150 mM and the seed response to these variations were evaluated by germination, first count, seedling shoot and root length, dry weight, and respiratory activity. The experiment design was a completely randomized in factorial design, with two rice cultivars and four concentrations of NaCl. The experimental data were subjected to variance analysis and when significant, qualitative variables were compared by Tukey test at 5% probability and quantitative variables submitted to polynomial regression analysis. The germination of BRS AG seeds was less sensitive to salinity than BRS Pampa seeds. The growth of shoot and root and dry matter accumulation of seedlings of both rice cultivars is affected negatively for salt stress conditions. The respiratory activity of seeds of both cultivars is affected by excess salts in the hydration process.

Keywords: *Oryza sativa* L., salinity, germination, vigor.

INTRODUÇÃO

A procura por uma matriz energética correta tem sido um dos principais desafios enfrentados pelos países interessados em diminuir a dependência de combustíveis fósseis, a fim de cumprir diversas

exigências estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto, de diminuir a emissão de gases que aceleram o efeito estufa (Carvalho, 2002; Salvi, 2016). Nessa busca, destaca-se a produção de biodiesel, a qual tem atraído considerável atenção nas últimas décadas como uma alternativa renovável, tornando-se cada

vez mais importante por causar menor impacto ambiental, quando comparado aos derivados do petróleo (Moncaleano-Escandon *et al.*, 2013).

Uma das alternativas mais viáveis e aplicadas no mundo até o momento é o uso do etanol, sendo o Brasil um destaque a nível mundial no desenvolvimento dessa tecnologia. Contudo, esta tecnologia é baseada predominantemente na extração da sacarose a partir da cana-de-açúcar, cultura de grande competitividade econômica. Além da sacarose, outra fonte de hidratos de carbono pouco difundida no Brasil, mas utilizada em maior escala em países como Estados Unidos e França na produção de etanol é o amido (Montesinos e Navarro, 2000).

Diante desse cenário, existe a busca constante por tecnologias agrícolas para produção de grãos com maior porcentagem de amido e que este seja compatível com a extração de etanol de forma rentável. Nesse contexto, o arroz vem assumindo papel de destaque, com grande potencial para a produção de etanol a partir do amido, além de ser uma das espécies cultivadas de maior relevância agronômica no Brasil.

Visando atender a essa expectativa, após oito anos de pesquisa, a Embrapa Clima Temperado (Pelotas-RS) desenvolveu a cultivar BRS AG, conhecida pelos pesquisadores como “gigante”, resultante de um cruzamento envolvendo genes do genótipo introduzido SLG1 (superlargegrain) (Takita, 1983), cujas características do grão como dimensões, textura farinácea, conteúdo de amido e ausência de arista, além da alta capacidade produtiva, a diferenciam das cultivares convencionais, surgindo assim como uma excelente fonte, seja para alimentação animal diretamente, ou como matéria-prima para produção de biocombustível no sul do Brasil.

Todavia como se trata de uma nova cultivar, tem-se a necessidade de realizar diversos estudos relacionados com a tolerância dessa cultivar aos stresses abióticos, com o propósito de avaliar o seu comportamento em condições adversas, sendo tais estudos de suma importância para o estabelecimento da cultivar BRS AG no mercado orizícola. Porém, o Sul do Brasil enfrenta um problema eminente com o excesso de sais

tóxicos na água de irrigação, à qual as plantas são submetidas durante o seu desenvolvimento, especialmente no Rio Grande do Sul, onde o sistema de irrigação ocorre principalmente por inundação e a água utilizada para irrigação provém de rios abastecidos por lagoas costeiras, podendo conduzir à salinização dos solos que possuem drenagem inadequada, impedindo a remoção do sal por lixiviação (Harter *et al.*, 2014).

Em geral, as plantas são mais sensíveis à salinidade durante a germinação e nos primeiros estágios de crescimento, afetando a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação das sementes (Barreto *et al.*, 2010). É de fundamental importância o conhecimento dos efeitos dos sais na planta e no solo, quando se pretende adotar práticas de manejos adequados da água e de cultivo (Gheyi *et al.*, 2010).

Assim, por se tratarem de novas cultivares, que carecem de novos estudos, objetivou-se avaliar a qualidade fisiológica das sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações salinas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Fisiologia de Sementes do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Foram utilizadas sementes das cultivares BRS Pampa e BRS AG desenvolvidas pela Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema bifatorial 2 x 4 (2 cultivares x 4 concentrações de NaCl), com três repetições para cada tratamento, sendo as sementes submetidas às concentrações de zero (controle), 50, 100 e 150 mM de cloreto de sódio (NaCl).

Teste de germinação (G) foi conduzido com três repetições, sendo cada repetição composta por quatro subamostras de 50 sementes, utilizando-se como substrato rolo de papel para germinação (germitest®), humedecido com 2,5 vezes o seu peso seco com água destilada (controle) e com solução de NaCl nas concentrações de 50, 100 e

150 mM. As avaliações das plântulas normais foram realizadas aos 14 dias após a sementeira (DAS) e os resultados expressos em percentagem de germinação (Brasil, 2009).

Primeira contagem da germinação (PCG) foi realizada aos cinco dias a partir da sementeira, sendo conduzido juntamente com o teste de germinação e os resultados foram expressos em percentagem de plântulas normais (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de germinação (IVG) foi conduzido conjuntamente com o teste de germinação, realizando-se contagens diárias a partir da protrusão de 3 mm da radícula pelo tegumento da semente, até que o número de plântulas germinadas permanecesse constante. O último dia de contagem para este teste foi o mesmo prescrito pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), para o teste de germinação. O cálculo da velocidade de germinação (IVG) foi efetuado de acordo com Maguire (1962).

Comprimento da parte aérea (CPA) e das raízes (CR) foi determinado em 20 sementes distribuídas em duas linhas (10 sementes linha⁻¹) traçadas no terço superior de duas folhas de papel germitest®, previamente humedecidas em água e soluções salinas com quantidade equivalente a 2,5 seu peso seco (Nakagawa, 1999). Posteriormente foram confeccionados rolos que foram acondicionados em germinadores a 25 °C. Após cinco dias, foram selecionadas ao acaso 10 plântulas de cada subamostra das três repetições nos quatro níveis de salinidade. A medição do comprimento da parte aérea e das raízes foi obtida com auxílio de um paquímetro de precisão e os resultados expressos em mm plântula⁻¹.

Massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) foi obtida na primeira contagem de germinação, pela média de 10 plântulas selecionadas por repetição para as medidas de comprimento após secagem em estufa a 70 ± 1°C até massa constante, sendo os resultados expressos em mg plântula⁻¹.

Atividade Respiratória (AR) foi determinada a partir de metodologia adaptada de Moraes *et al.* (2012), utilizando três repetições com 4 g de sementes, devidamente embebidas durante 24, 36, 48 e 96 h em água destilada e nas diferentes

concentrações de NaCl (50, 100 e 150 mM). A medida da liberação de CO₂ das sementes foi realizada em aparelho de *Pettenkofer*, constituído por dois frascos lavadores de gases contendo hidróxido de sódio (NaOH), cuja finalidade foi reter o CO₂ do ar do ambiente, um frasco para armazenamento das sementes isento de CO₂ do ar ambiente e um frasco contendo hidróxido de bário (BaOH), cuja função é reagir com o CO₂ proveniente da atividade respiratória das sementes resultando na formação de um precipitado branco de carbonato de bário (BaCO₃), posteriormente quantificado por titulação. Os frascos foram interligados por mangueira de silicone e está acoplada a uma trompa aspiradora de ar. O fluxo de ar foi regulado por meio de uma torneira, de modo que permitiu regular a velocidade do ar por meio da contagem de bolhas formadas nos frascos. Após os referidos períodos de permanência no aparelho, foram coletadas três alíquotas de BaCO₃ em cada repetição, adicionadas duas gotas de fenolftaleína e submetidas a titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,1N. No ponto de viragem, foi registrado o volume de HCl gasto em cada uma das repetições, que foi diretamente relacionado com a quantidade de CO₂ fixado pela solução de BaOH, uma vez que o dióxido de carbono fixado é proveniente do seu processo de respiração. O cálculo final da atividade respiratória foi realizado com base na média de quatro repetições, cujo resultado foi expresso em quantidade de CO₂ liberado por grama de semente por hora ($\mu\text{g CO}_2$ liberado g⁻¹ semente h⁻¹), utilizando-se a equação AR: $N \times D \times 22$, sendo N correspondente à normalidade do ácido usado (HCl 0,1N); D é adiferença entre os volumes de HCl gastos na titulação da Prova em Branco e da Amostra e 22 é o peso molecular equivalente a meia molécula de CO₂ para a atividade respiratória (AR) determinada no aparelho de *Pettenkofer*.

Índice de Tolerância ao stresse salino foi determinado de acordo com metodologia proposta por Argentel *et al.* (2010) e González *et al.* (1999). Decorridos cinco dias após a germinação, o comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e a acumulação de massa seca total (MST) foram utilizadas para determinar o índice de tolerância ao stresse (ITE), calculado seguindo a fórmula: $\text{ITE} = (Y_c \times Y_s) / (Y_c)^2$, onde Y_c representa o valor avaliado em substrato não-salino e Y_s é o valor avaliado em substrato salino.

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e, quando significativos, as variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade de erro e as variáveis quantitativas submetidas à análise de regressão polinomial. Para a atividade respiratória foram construídos gráficos do tipo curvas de superfície resposta utilizando-se o programa R®, versão 3.1.1. e o pacote de dados “ExpDes.pt” (R Core Team, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o estudo dos fatores isolados, houve efeito significativo para todas as variáveis, independente do fator analisado (Quadro 1). Relativamente à interação entre os fatores principais, cultivar (BRS Pampa e BRS AG) e concentrações de cloreto de sódio (NaCl), apenas apresentaram efeito significativo as variáveis germinação, primeira contagem de germinação e comprimento da parte aérea.

Analisando os dados de germinação por meio da análise de regressão linear, foi observado efeito significativo para ambas as cultivares de arroz (Figura 1A). Na ausência de salinidade (controle), as sementes das cultivares BRS AG e BRS Pampa apresentaram média de germinação de 91 e 85%, respectivamente (Figura 1A). No entanto, estes valores não se mantiveram quando foi adicionado NaCl, caracterizando o efeito significativo como comportamento linear dos tratamentos salinos, afetando negativamente a germinação das sementes com o aumento

graduadas concentrações. Por outro lado, mesmo reduzindo a porcentagem de germinação, as sementes da cultivar BRS AG mantiveram valores de germinação de 85% até concentrações de 100 mM NaCl (Figura 1A), permanecendo dentro dos padrões legais estabelecidos pela lei de comercialização de sementes (Brasil, 2005), mesmo em condições adversas.

Ainda na Figura 1A, observou-se no tratamento com 150 mM NaCl uma redução na germinação de 23% para a cultivar BRS AG e 35% para a cultivar BRS Pampa, quando comparado à qualidade fisiológica inicial das sementes.

A redução na porcentagem de germinação das sementes pode estar relacionada com a seca fisiológica produzida, pois quando existe aumento da concentração de sais no meio germinativo, há uma diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, uma redução do potencial hídrico. Esta redução pode afetar o processo de absorção de água pelas sementes, elevando a níveis tóxicos a concentração de íons no embrião. Esse efeito pode ainda ser atribuído à restrição imposta à divisão e ao alongamento celular, bem como, a mobilização das reservas indispensáveis à ocorrência do processo germinativo (Betoni *et al.*, 2011).

A primeira contagem da germinação, avaliada cinco dias após a sementeira (Figura 1B), caracterizou o efeito do stresse salino no retardo da germinação, onde, a partir das concentrações maiores que 50mM de NaCl foi observada tendência de redução para esta variável.

Quadro 1 - Análise de variância das variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de sementes de arroz (das cultivares (cv) BRS AG e BRS Pampa) submetidas a diferentes concentrações de NaCl

Fonte de Variação	GL	G (%)	PCG (%)	IVG	CPA (mm)	CR (mm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
Cult. (cv)	1	1751,04*	3825,37*	120,87*	2,27*	4,001*	0,0198*	0,005*
NaCl	3	539,15*	1112,9*	18,95*	6,26*	5,766*	0,0106*	0,002*
cv x NaCl	3	91,15*	58,70*	0,075 ^{ns}	0,17*	0,205 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Resíduo	16	14,75	12,79	0,409	0,299	0,362	0,0019	0,0003
Total	23	-	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		5,15	5,53	7,32	5,97	7,10	17,23	11,78
Média Geral		74,54	64,70	8,74	9,15	8,47	0,16	0,087

^{ns}Não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade.

Desta forma, assim como na avaliação final realizada para o teste de germinação (Figura 1A), as sementes de ambas as cultivares apresentaram o mesmo comportamento linear, porém, as sementes da cultivar BRS Pampa apresentaram uma redução mais acentuada em relação às sementes da cultivar BRS AG, para esta variável. O tempo de exposição e permanência das sementes sob condições adversas são fatores de grande importância que afetam a germinação. Assim, em condições desfavoráveis, o tempo de germinação tende a aumentar até que as sementes possam desenvolver mecanismos de adaptação (Barroso, 2010).

Resultados semelhantes foram observados por Larré *et al.* (2011) ao avaliar o efeito do tratamento na qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a solução salina de 100 mM, no qual foi verificado uma redução significativa da germinação devido ao efeito deletério do excesso de sal. Já Lima *et al.* (2005), trabalhando com sementes de diferentes cultivares de arroz, verificaram

decréscimo na germinação em todas as cultivares, em função do aumento na concentração salina, atribuindo à salinidade o efeito negativo sobre o crescimento de plântulas normais e a diminuição do vigor das sementes de arroz.

Ao contrário do que foi observado para a germinação e primeira contagem de germinação, não houve interação entre os fatores principais para o índice de velocidade de germinação. No entanto, quando as sementes de ambas as cultivares foram submetidas ao stresse salino apresentaram comportamento linear, diminuindo gradativamente a velocidade de germinação com o aumento da concentração de NaCl (Figura 1 C).

Esse facto pode estar relacionado com a velocidade de absorção de água pelas sementes, que decresce com a redução do potencial hídrico, aumentando no período necessário para atingir o teor mínimo de água exigido para o início do processo germinativo (Wu *et al.*, 2015). Considerando que as soluções

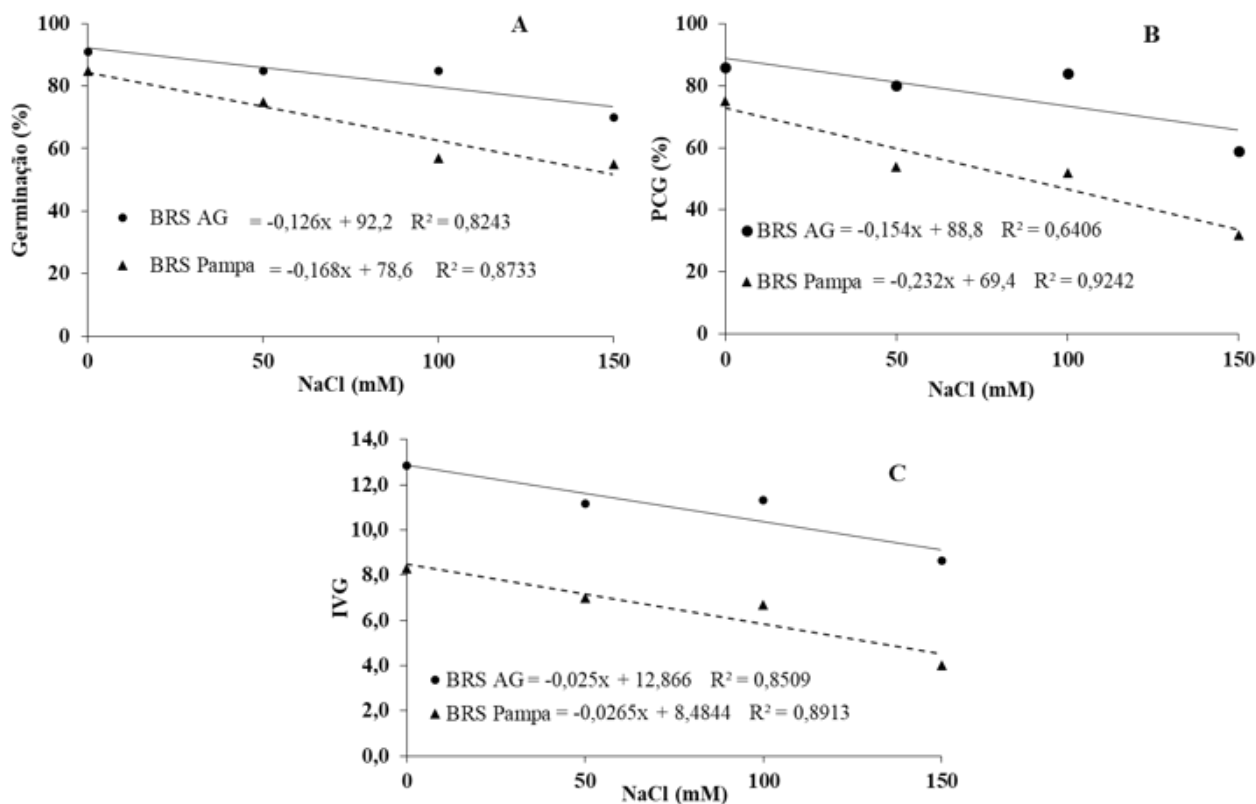


Figura 1 - Germinação (A), primeira contagem de germinação (B) e índice de velocidade de germinação (C) de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

salinas retêm água e reduzem o potencial hídrico, consequentemente a água torna-se cada vez menos acessível (Nasri *et al.*, 2016). Contudo, as cultivares mais tolerantes têm o seu vigor menos afetado, proporcionando maior velocidade de germinação e número de plântulas normais.

Trabalhando com sementes de cevada, Silva *et al.* (2007), constataram que concentrações de NaCl acima de 15 mM provocam efeito negativo sobre o índice de velocidade de germinação. Esses mesmos autores verificaram que diferentes genótipos podem apresentar o mesmo comportamento, com perda de vigor quando submetidos a diferentes salinidades, todavia, os genótipos podem apresentar diferentes níveis de tolerância ao stresse.

Analisando o comprimento da parte aérea (Figura 2A), através do ajuste das retas de regressão para as duas cultivares, foi observado que as mesmas apresentaram tendência semelhante nos tratamentos estabelecidos. Nas plântulas do tratamento controle os valores observados entre as duas cultivares apresentaram diferença, porém, com a aplicação do NaCl e o aumento das suas concentrações, houve redução constante do comprimento da parte aérea. Já para o comprimento da raiz (Figura 2B), observou-se que as cultivares apresentaram o mesmo comportamento, no entanto, o crescimento radicular foi afetado negativamente pelas concentrações de NaCl, principalmente nas concentrações mais elevadas.

Em trabalho realizado por Lemes *et al.* (2016), avaliando a qualidade fisiológica de sementes de arroz da cultivar IRGA 424 submetidas a diferentes concentrações de NaCl, constataram que concentrações de apenas 4 e 8 mM foram capazes de reduzir significativamente o desenvolvimento da parte aérea e da raiz nessa cultivar.

Neste trabalho, em resposta à redução do crescimento das plântulas, a salinidade também afetou a produção de massa seca de ambas as partes das plântulas nas duas cultivares de arroz (Figura 3). Com o acréscimo das concentrações salinas houve redução linear constante na produção de massa seca, tanto na parte aérea (Figura 3A) como nas raízes (Figura 3B) para ambas as cultivares. Estes resultados demonstram que elevadas concentrações de sal afetam significativamente o desenvolvimento normal das plântulas de arroz, embora, através do ajuste das retas de regressão, as duas cultivares tenham apresentado a mesma tendência, porém com valores diferentes, tendo a cultivar BRS AG apresentado maiores valores, em todas as concentrações, em relação à cultivar BRS Pampa.

Quando algum tecido vegetal, principalmente da semente ou da raiz é submetido a concentrações salinas mais elevadas, o stresse salino provoca redução no crescimento das plântulas, como observado para as duas cultivares de arroz. Este facto pode ser atribuído à redução na absorção de água, limitando a hidrólise das macromoléculas (reservas nutritivas) a partir de tecidos de

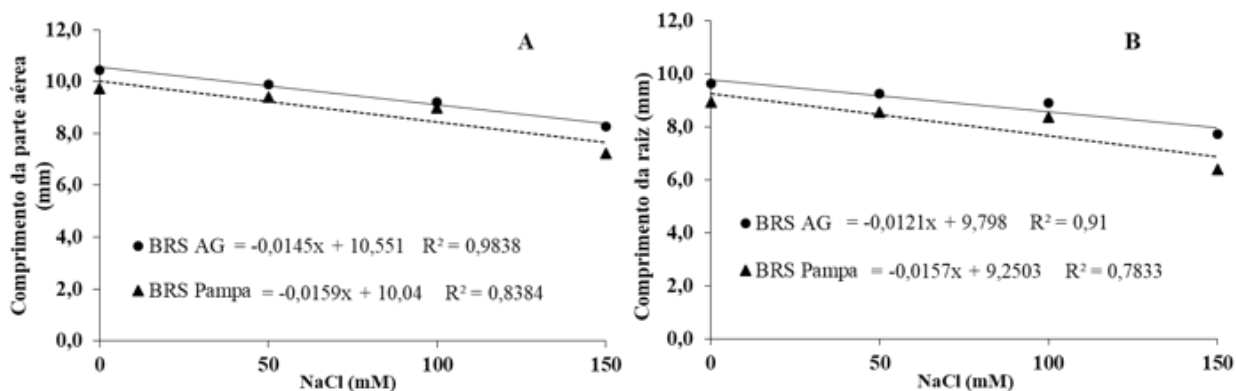


Figura 2 - Comprimento da parte aérea (a) e da raiz (b) de plântulas oriundas de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

armazenamento, bem como devido à translocação ininterrupta das reservas das sementes para o eixo embrionário em desenvolvimento (Khan e Panda, 2008). Em trabalho realizado por Lima *et al.* (2005) com sementes de arroz, verificaram que a presença de cloreto de sódio não interferiu na massa seca das plântulas nos estágios iniciais de desenvolvimento, sendo que, normalmente, em plantas sensíveis à salinidade ocorre diminuição da taxa de emergência e redução nas matérias fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular.

Fatores como temperatura, potencial hídrico e qualidade fisiológica das sementes interferem diretamente na taxa respiratória. Em relação à atividade respiratória das sementes de arroz da cultivar BRS AG (Figura 4A) observou-se, na fase inicial da hidratação das sementes (30 horas), redução na atividade respiratória para todas as concentrações em que as mesmas foram submetidas. Todavia, após 50 horas de hidratação, ocorreu um aumento gradual na respiração das sementes até às 90 horas, independente da concentração de NaCl. É importante relatar que a respiração das sementes, segundo Aghamir *et al.* (2015), é rapidamente ativada, uma vez que a semente inicia o processo de embebição a partir do momento em que atinge 30% a 35% de água.

O pico máximo de respiração das sementes da cultivar BRS AG ocorreu entre as concentrações de 50 e 100 mM, no período de 80 a 90 horas (Figura 4A). O aumento na atividade respiratória das sementes pode estar associado ao facto de que as espécies, como característica natural, utilizam estratégias

que possibilitem o estabelecimento no ambiente o mais rápido possível, aproveitando as condições mínimas favoráveis para o seu desenvolvimento (Pelegriani *et al.*, 2013). Uma vez que a respiração é um processo bioquímico no qual libera e conserva energia na forma de ATP, podendo ser prontamente utilizado para a manutenção e o desenvolvimento da planta ou da semente.

Contudo, mesmo com o aumento na atividade respiratória, nas concentrações mais elevadas, tal comportamento não foi suficiente para manter a germinação (Figura 1), o crescimento inicial (Figura 2) e a acumulação de massa seca (Figura 3) das plântulas, semelhante aos resultados obtidos quando as sementes da cultivar BRS AG foram semeadas na ausência de salinidade. A diminuição da qualidade fisiológica das sementes pode estar associada ao processo oxidativo de compostos orgânicos utilizados como substrato pela respiração para produzir energia e compostos secundários (Taiz *et al.*, 2017). Caso a produção de ATP durante a respiração seja insuficiente para manter o crescimento vegetal, menos reservas serão disponibilizadas para nutrir o embrião da semente e conseqüentemente menor acumulação de massa seca pelas partes da plântula.

Para as sementes da cultivar BRS Pampa, assim como para as sementes da cultivar BRS AG, independente da concentração de NaCl, observou-se uma leve queda na atividade respiratória das sementes logo após os instantes iniciais da hidratação, porém, à medida que as sementes passaram a ser submetidas a um maior

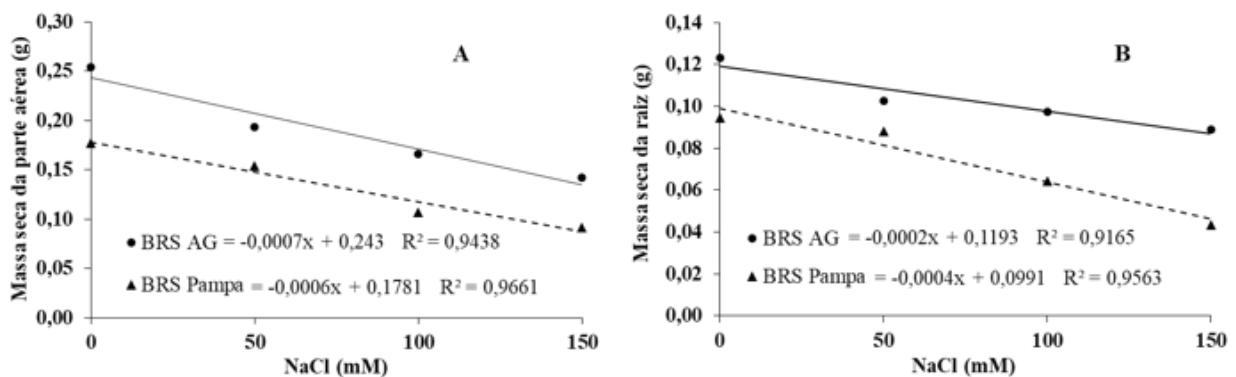


Figura 3 - Massa seca da parte aérea (A) e da raiz (B) de plântulas oriundas de sementes de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

tempo de hidratação a atividade respiratória passou a aumentar gradativamente até ao período entre 80 e 90 horas, passando novamente a diminuir após esse período.

O período e a concentração de NaCl em que as sementes da cultivar BRS Pampa apresentam maior atividade respiratória (Figura 4B), coincidem com o que foi observado para as sementes da cultivar BRS AG (Figura 4A). No entanto, a atividade respiratória das sementes da cultivar BRS Pampa foi menos intensa. Mesmo apresentando o mesmo comportamento, as sementes da cultivar BRS Pampa apresentaram menor atividade respiratória, demonstrando que, iniciado o processo de embebição, provavelmente ocorre um prolongamento do tempo para a síntese de novos RNAs e reparo de DNA (Dode *et al.*, 2012), originando assim menor atividade respiratória do que nas sementes da cultivar BRS AG.

Através do índice de tolerância ao stresse (Quadro 2), avaliado pelo comprimento da parte aérea, constatou-se que a cultivar BRS AG apresentou maior tolerância ao stresse salino em relação à cultivar BRS Pampa. Schroeder *et al.* (2013) afirmam que as diferenças entre os valores de comprimento da parte aérea têm sido consideradas como um indicador importante para a avaliação da tolerância à salinidade em muitas espécies de plantas, incluindo o arroz e o trigo. Contudo, não se verificou diferença no índice de tolerância ao stresse salino entre as cultivares, quando se consideraram as variáveis comprimento da raiz e massa seca total das plântulas.

Quadro 2 - Índice de tolerância ao stresse do comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) e massa seca total (MST) de plântulas de arroz das cultivares BRS AG e BRS Pampa

Cultivares	Índice de tolerância		
	CPA	CR	MST
BRS AG	1,17 a*	1,14 a	1.16 a
BRS Pampa	1,01 b	1,13 a	1.16 a
CV (%)	5,77	5,44	5,28

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

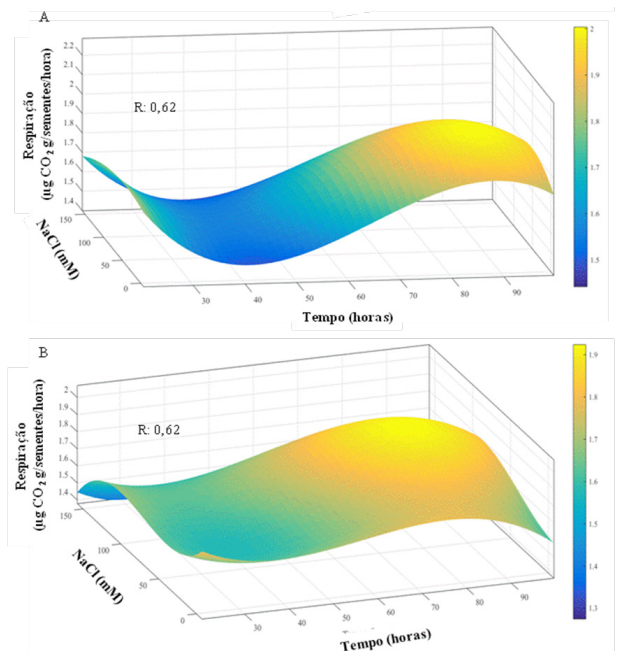


Figura 4 - Atividade respiratória de sementes de arroz das cultivares BRS AG (A) e BRS Pampa (B) submetidas a diferentes concentrações de NaCl e tempos de embebição.

CONCLUSÕES

As sementes de arroz da cultivar BRS AG apresentam maior tolerância à salinidade na germinação do que as sementes da cultivar BRS Pampa, quando submetidas às mesmas condições.

O comprimento da parte aérea e da raiz e a acumulação de massa seca das plântulas de ambas as cultivares de arroz são afetados negativamente em condições de stresse salino.

A atividade respiratória das sementes de ambas as cultivares é influenciada pelo excesso de sais no processo de hidratação, promovendo variações ao longo do tempo de hidratação.

O índice de tolerância ao stresse forneceu informações relevantes quanto à suscetibilidade da cultivar BRS AG ao stresse salino, sendo um indicativo de que essa cultivar apresenta maior tolerância à salinidade do que a cultivar BRS Pampa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghamir, F.; Bahrami, H.A.; Malakouti, M.J. & Eshgh, S. (2015) -Magnetized water effects on seed germination and seedling growth of corn (*Zea mays* L.) under saline conditions. *American Journal of Life Science Researches*, vol. 3, n. 2, p. 184-195.
- Argentel, L.; González, L.M. & Fonseca, I. (2010) - Absorción de agua, germinación y crecimiento del trigo (*Triticum aestivum* L., variedad Cuba-C-204) en condiciones de salinidad. *Centro Agrícola*, vol. 37, n. 1, p. 43-47.
- Barreto, H.B.F.; Freitas, R.M.O.; Oliveira, L.A.A.; Araujo, J.A.M. & Costa, E.M. (2010) - Efeito da irrigação com água salina na germinação de sementes de sábia (*Mimosa caesalpinifolia* Benth). *Revista Verde*, vol. 5, n. 3, p. 125-130.
- Barroso, C.M.; Franke, L.B. & Barros, I.B.I. (2010) - Substrato e luz na germinação das sementes de rainha-do-abismo. *Horticultura Brasileira*, vol.28, n. 2, p.236-240.
- Betoni, R.; Scalón, S.P.Q. & Mussury, R.M. (2011) - Salinidade e temperatura na germinação e vigor de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (Sterculiaceae). *Revista Árvore*, vol. 35, n. 3, p. 605-616. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000400004>
- Brasil (2005) – *Brasil. Instrução Normativa nº 9, de 02 de junho de 2005*. Normas para Produção, Comercialização e Utilização de Sementes. Brasília: Diário Oficial da União, 10 jun. 2005
- Brasil (2009) - *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 395 p.
- Carvalho, E.P. (2002) - Na contramão de Kyoto. *Folha de São Paulo*, Caderno A, p. 3. [cit. 2018-02-13]. <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniao/fz0904200210.htm>
- Dode, J.S.; Meneghello, G.E.; Moraes, D.M. & Peske, S.T. (2012) - Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 34, n. 4, p. 686-691. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000400021>
- González, L.M. & Ramírez, R. (1999) - La absorción de agua por las semillas de arroz a altas concentraciones salinas, como posible indicador de la tolerancia varietal. *Cultivos Tropicales*, vol. 20, n. 1, p. 31-34.
- Gheyi, H.R.; Dias, N.S. & Lacerda, C.F. (2010) -*Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT Sal, 472 p.
- Harter, L.S.H.; Harter, F.S.; Deuner, C.; Meneghello, G.E. & Vilella, F.A. (2014) -Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. *Horticultura Brasileira*, vol. 32, n. 1, p. 80-85. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000100013>
- Khan, M.H. & Panda, S.K. (2008) - Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, vol. 30, p. 81-89. <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0093-7>
- Larré, C.F.; Moraes, D.M. de & Lopes, N.F. (2011) - Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e 24-epibrassinolídeo. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, n. 1, p. 86-94. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000100010>
- Lemes, E.S.; Oliveira, S. de; Tavares, L.C.; Mendonça, A.O. de; Leitzke, I.D.; Meneghello, G.E. & Barros, C.S.A. (2016) - Productivity and physiological quality of irrigated rice seeds under salt stress and carbonized rice husk ashes fertilization. *Agrociencia*, vol. 50, n. 1, p. 307-321.
- Lima, M.G.S.; Lopes, N.F.; Moraes, D.M. de & Abreu, C.M. (2005) - Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 27, n. 1, p. 54-61. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222005000100007>
- Maguire, J.D. (1962) - Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, vol. 2, n. 2, p. 176-177.
- Moncaleano-Escandon, J. (2013) - Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. *Industrial Crops and Products*, vol. 44, p. 684-690. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.035>
- Montesinos, T. & Navarro, J.M. (2000) - Production of alcohol from raw wheat flour by amyloglucosidase and *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology*, vol. 27, n. 6, p. 362-370. [http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0229\(00\)00211-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0229(00)00211-8)
- Moraes, D.M. de; Bandeira, J.M.; Marini, P.; Lima, M.G.S. & Mendes, C.R. (2012) – *Práticas Laboratoriais em Fisiologia Vegetal*, Pelotas: Cópia Santa Cruz Ltda, 162 p.

- Nakagawa, J. (1999) - Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. *In: Krzyzanoski, F.C.; Vieira, R.D. & França Neto, J.B. (Eds.) - Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, cap.2, p. 1-21.
- Nasri, N.; Maatallah, S.; Kaddour, R. & Lachâal, M. (2016) -Effect of salinity on *Arabidopsis thaliana* seed germination and acid phosphatase activity. *Archives of Biological Sciences*, vol. 68, n. 1, p. 17-23. <https://doi.org/10.2298/ABS150620003N>
- Pelegrini, L.L.; Borcioni, E.; Nogueira, C.A.; Koehler, H.S. & Quoirin, M.G.G. (2013) - Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, Manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. *Ciência Florestal*, vol. 23, n. 2, p. 513-521. <http://dx.doi.org/10.5902/198050989295>
- R Core Team (2014) - *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [cit. 2016.12.30]. <http://www.R-project.org/>
- Salvi, J.V. (2016) - Panorama para o setor sucroalcooleiro. *In: Energia*. <http://www.cepea.esalq.usp.br/>
- Schroeder, J.I.; Delhaize, E.; Frommer, W.B.; Guerinot, M.L.; Harrison, M.J.; Herrera-Estrella, L.; Horie, T.; Kochian, L.V.; Munns, R.; Nishizawa, N.K.; Tsay, Y.F. & Sanders, D. (2013) - Using membrane transporters to improve crops for sustainable food production. *Nature*, vol. 497, n. 7447, p. 60-66. <http://dx.doi.org/10.1038/nature11909>
- Silva, R.N.; Lopes, N.F.; Moraes, D.M. de; Pereira, A.L. & Duarte, G.L. (2007) -Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 29, n. 1, p. 40-44. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000100006>
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.M. & Murphy, A. (2017) - *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 1ªed., Porto Alegre, Artmed, 888 p.
- Takita, T. (1983) -Breeding of a rice line with extraordinarily large grains as a genetic source for high yielding varieties. *Japan Agricultural Research Quarterly*, vol. 17, n. 2, p. 93-97.
- Wu, G.Q.; Jiao, Q. & Shui, Q.Z. (2015) - Effect of salinity on seed germination, seedling growth, and inorganic and organic solutes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant, Soil and Environment*, vol. 61, n. 5, p. 220-226. <http://dx.doi.org/10.17221/22/2015-PSE>