



**ANDRÉ LOUIS PEETERS KORS**

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA A ESTRESSE SALINO EM  
SEMENTES DE ARROZ COM O USO DE MOLÉCULAS  
SINALIZADORAS**

**LAVRAS-MG  
2021**

**ANDRÉ LOUIS PEETERS KORS**

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA A ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE  
ARROZ COM O USO DE MOLÉCULAS SINALIZADORAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

**ANDRÉ LOUIS PEETERS KORS**

**INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA A ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE  
ARROZ COM O USO DE MOLÉCULAS SINALIZADORAS**

**INDUCTION OF SALT STRESS TOLERANCE IN RICE SEEDS USING  
SIGNALING MOLECULES**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em 18 de novembro de 2021.

Dr. Wilson Vicente Souza Pereira	DAG/UFLA
Bela. Jéssica Batista Ribeiro	DAG/UFLA
Bela. Marília Mendes dos Santos Guaraldo	DAG/UFLA

Profa. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu avô Louis, por todo o carinho e dedicação a agricultura sustentável e por todos os ensinamentos compartilhados, que me proporcionaram a feliz escolha de cursar agronomia.

Aos meus pais, João e Helena, por todo o apoio e dedicação para que eu pudesse realizar meus objetivos e ir em busca dos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Gabriel, Thomas e Alan, por todo o companheirismo, apoio e conselhos em todos os momentos, para que eu superasse muitos obstáculos e servirem como fonte de inspiração e incentivo.

Aos meus irmãos da República Pirambeira, por serem minha segunda família e estarem presentes nos momentos mais inesquecíveis passados longe de casa, além de aconselharem em todas as dificuldades e tornarem toda a jornada em Lavras muito mais empolgante.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), por todas as oportunidades e conhecimentos compartilhados durante toda a graduação.

A minha orientadora Heloísa, por me acolher com muita dedicação e paciência em inúmeros momentos durante a graduação, por ser um exemplo de pessoa e profissional. Muito obrigado por todo o conhecimento transmitido e por toda a amizade.

A todos os integrantes e colaboradores do Setor de Sementes da UFLA, por todos os ensinamentos, amizades e conhecimentos compartilhados, em especial ao Leandro e a Jéssica, por toda a ajuda, paciência e atenção.

Por fim, muito obrigado a todos que de alguma forma contribuíram e tornaram enriquecedor todo o desenvolvimento pessoal e profissional adquirido.

## RESUMO

Para a rizicultura, a salinidade além de afetar negativamente o metabolismo celular das plantas, influencia significativamente a resposta germinativa da semente e prejudica o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Diante disso, estudos sobre a influência do condicionamento fisiológico, associados ao uso de moléculas que induzem a tolerância a esse estresse abiótico possuem grande importância na produção de arroz. Assim, objetivou-se nesse trabalho avaliar a eficiência do condicionamento fisiológico de sementes na presença de moléculas sinalizadoras para a indução de tolerância ao estresse salino em sementes de *Oryza sativa* cv. BRS Soberana (suscetível a seca). O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS)- DAG/UFLA. As sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em soluções aeradas de melatonina, ácido indoacético (AIA), nitroprussianato de sódio- solução doadora de ON, peróxido de hidrogênio, quitosana e água, a temperatura de 20°C, por um período de 20h. As sementes condicionadas e não condicionadas (controle), foram submetidas a condição de estresse salino via solução de NaCl. O delineamento foi DIC, com quatro repetições, em esquema fatorial (5 x 2) + 1, sendo cinco soluções condicionantes, duas condições de germinação e um controle (sementes sem condicionamento e submetidas a condição normal de germinação). Foi determinado a qualidade fisiológica por meio dos testes de primeira contagem e germinação. Conclui-se que o condicionamento fisiológico melhorou o potencial fisiológico das sementes e o uso de quitosana como solução condicionante apresentou melhora no potencial fisiológico para o estresse salino. Nestas condições houve menor número de plântulas anormais, maior germinação e vigor. O condicionamento fisiológico foi eficiente em minimizar os efeitos negativos da salinidade.

**Palavras- chave:** *Oryza sativa*, condicionamento fisiológico, qualidade de sementes.

## ABSTRACT

For rice growing, salinity, in addition to negatively affecting the cellular metabolism of plants, significantly influences the seed germination response and impairs plant growth and development. Therefore, studies on the influence of physiological conditioning, associated with the use of molecules that induce tolerance to this abiotic stress, are of great importance in rice production. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of seed conditioning in the presence of signaling molecules for the induction of tolerance to salt stress in seeds of *Oryza sativa* cv. BRS Sovereign (susceptible to drought). The experiment was conducted at the Central Seed Research Laboratory (LCPS) - DAG/UFLA. The seeds were subjected to physiological conditioning in aerated solutions of melatonin, indoacetic acid (IAA), sodium nitroprusside-NO donor solution, hydrogen peroxide, chitosan and water, at a temperature of 20°C, for a period of 20 hours. The conditioned and unconditioned seeds (control) were subjected to a salt stress condition via a NaCl solution. The design was DIC, with four replications, in a factorial scheme (5 x 2) + 1, with five conditioning solutions, two germination conditions and a control (seeds without conditioning and submitted to normal germination conditions). Physiological quality was determined through first count and germination tests. It is concluded that the physiological conditioning improved the physiological potential of seeds and the use of chitosan as a conditioning solution improved the physiological potential for salt stress. Under these conditions there were fewer abnormal seedlings, higher germination and vigor. Physiological conditioning was effective in minimizing the negative effects of salinity.

**Keywords:** *Oryza sativa*, physiological conditioning, seed quality.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Primeira Contagem de sementes de *Oryza sativa* submetidas ao condicionamento nas soluções ácido indolacético (AIA), melatonina, nitroprussiato de sódio, peróxido de hidrogênio e quitosana. .... 20

Figura 2 – Germinação de sementes de *Oryza sativa* submetidas ao condicionamento nas soluções ácido indolacético (AIA), melatonina, nitroprussiato de sódio, peróxido de hidrogênio e quitosana..... 21

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Aspectos gerais e importância da cultura do arroz .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Condicionamento fisiológico de sementes .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Qualidade fisiológica de sementes .....</b>	<b>14</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é o segundo cereal mais cultivado no mundo e o principal alimento para mais da metade da população mundial, sendo cultivados em vários sistemas e ecossistemas, se destacando as áreas de várzeas e terras altas (USDA, 2020). O consumo aparente médio da população mundial gira em torno de 54 Kg/pessoa/ano, sendo que no Brasil esse valor é de 32 Kg/pessoa/ano, que vem crescendo significativamente por causa da conscientização dos benefícios que esse cereal gera na saúde (EMBRAPA, 2020).

A área cultivada de arroz no Brasil, na safra de 2021/22 é estimada em 71,5 milhões de hectares, uma previsão de crescimento de 3,6% em relação ao registrado em 2020/21. Para a produtividade, estima-se uma safra de 116,3 milhões de toneladas, sendo menor que da safra 2020/21 que foi de 262,8 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Contudo, 90% da produção de arroz no Brasil é proveniente de arroz irrigado por inundação e o arroz de terras altas é responsável por apenas 10% da produção nacional (IRGA, 2020).

O arroz de terras altas possui baixa produtividade em virtude da baixa disponibilidade hídrica, má distribuição pluviométrica, e em decorrência do seu histórico (LANNA et al., 2012). O arroz de sequeiro se destaca pelo seu importante papel, sendo pioneiro no processo de ocupação agrícola dos cerrados, criando abertura para novas áreas agrícolas, para outros tipos de cultivo, por ser uma cultura rústica e que apresenta uma boa tolerância com baixo pH (FORNASIEREI FILHO; FORNASIERI, 2006). Contudo, as condições climáticas da região onde o Cerrado se encontra proporciona uma produtividade baixa do arroz de terras altas, além do manejo inadequado da cultura de forma extensiva, diminuindo o rendimento. No entanto, em sistemas adequados de manejo da cultura, o arroz de terras altas atinge altas produtividades, como foi observado por Bonome et al. (2017), que alcançou uma produtividade média de 8.000 Kg ha<sup>-1</sup> em arroz por pivô, nos Estados Unidos.

Estresses abióticos, como salinidade, seca, metais pesados e temperaturas extremas são os principais motivos de perdas de produtividade de grãos no mundo todo. Estudos apontaram que os estresses abióticos que estão associados com as complexas interações de hormônios em diferentes estádios de desenvolvimento, influenciam substancialmente no crescimento e desenvolvimento da planta. Um dos aspectos fundamentais para o crescimento de uma cultura envolve o desenvolvimento de sementes,

a germinação e sua resistência em condições desfavoráveis, onde a germinação da semente é a principal etapa, pois garante a sobrevivência da espécie. As plantas desenvolvem mecanismos para garantir sua sobrevivência, como suspender a germinação das sementes quando estão em condições de estresses e depois retomar quando as condições se tornarem favoráveis (DASZKOWSKA, 2011).

Uma alternativa que ajuda no aumento da produtividade está associada ao ganho tecnológico, implantando uma lavoura de qualidade, com insumos mais influentes como a melhoria de sementes. Por reduzir o tempo de germinação e padronizar esse processo, o condicionamento fisiológico da semente proporciona mais tolerância em relação as condições desfavoráveis no campo, diminuindo os efeitos das variações ambientais, permitindo que a germinação aconteça em várias condições de luz, solo, temperatura e disponibilidade de água, melhorando o desenvolvimento da parte aérea e acelerando o crescimento da planta (BONOME et al., 2017; BATISTA et al., 2018; PEREIRA et al., 2018).

Associado ao condicionamento fisiológico estudos relacionados à adaptação de culturas ao clima, com a utilização de moléculas que aumentam a tolerância ao estresse, são cada vez mais necessários para combater os efeitos negativos de ambientes desfavoráveis, principalmente relacionados ao processo germinativo de sementes e estabelecimento de plântulas. Várias moléculas naturais e produtos químicos sintéticos têm sido trabalhados com o intuito de proteger as plantas. Dentre estas moléculas podem ser citados a melatonina, ácido indolacético (AIA), óxido nítrico, peróxido de hidrogênio e quitosana. A ação destes produtos contra estresses abióticos parece estar associada aos mecanismos de defesa, ou seja, atuam como moléculas sinalizadoras da indução de rotas de proteção oxidativa (KERCHEV et al, 2020). O estresse oxidativo retarda o crescimento das plantas e diminui o rendimento das plantas cultivadas, além de desencadear a morte celular programada (PCD), em casos mais severos (GADJEV et al., 2008; GECHEV e HILLE, 2005; PETROV et al., 2015).

Do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os benefícios do condicionamento fisiológico e a utilização de moléculas sinalizadoras em relação ao aumento da tolerância ao estresse salino durante os processos de germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de arroz.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos gerais e importância da cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é a cultura que apresenta maior potencial de aumento na produção e a principal fonte para combater a fome no mundo (SANTOS, 2020). Segundo FAO (2018) nos anos de 1961 e 2014 a produção mundial de arroz aumentou aproximadamente 2,5 vezes, superando a taxa de crescimento populacional mundial e contribuindo na redução da população mundial de pessoas subnutridas.

Gramínea autógama, pertencente à família Poaceae e ao gênero *Oryza*, o qual possui cerca de vinte espécies sendo a mais cultivada a *Oryza sativa* L. Caracterizada como uma planta anual, de ciclo C<sub>3</sub>. Seu centro de origem encontra-se no sudeste asiático, onde estão localizados os maiores produtores e consumidores do mundo. O seu desenvolvimento, de semente a semente, dura em torno de 80 a 280 dias, isso depende do tipo de variedade (MARCONDES; GARCIA, 2009). O arroz é considerado como uma espécie hidrófila, onde o seu processo evolutivo tem aprimorado sua adaptação em diversas condições edafoclimáticas.

O arroz é cultivado em diferentes regiões do planeta, onde a endo China, Índia, Indonésia, Vietnã, Tailândia, Bangladesh, Myanmar, Filipinas, Brasil e Japão são os maiores produtores (ADORIAN et al., 2020). É o segundo cereal mais produzido no mundo com 519,7 milhões de toneladas colhidas em 2021, plantadas em 165, 2 milhões de hectares (FAO, 2021). O Brasil se encontra em 9º lugar no ranking mundial, com uma produção que corresponde 1,6 do total mundial (SANTOS, 2020).

No Brasil, o arroz é cultivado em dois diferentes tipos de sistemas de produção chamados de várzea, que proporciona ótimas condições para o arroz oferecendo maior estabilidade na produção e, o de terras altas que são divididos em sistema de sequeiros sob irrigação suplementar ou sistema de sequeiro tradicional (MORAES et al., 2004). Este último, apresenta produtividade menor do que o arroz de várzea, onde no sistema de várzea a média de produtividades giram em torno de 7.503 t ha<sup>-1</sup> e no ecossistema de sequeiro esse valor atinge no máximo 2.283 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2017). Mesmo o arroz de sequeiro apresentando baixo rendimento, tem-se um grande potencial de aumentar essa produtividade.

Entre os motivos da baixa de produtividade do arroz de terras altas, se destaca o seu histórico. O arroz de terras altas ganhou visibilidade como sendo a cultura pioneira no processo de ocupação agrícola dos cerrados, em meados dos anos 60, sendo

implantados em pastagens. Na atualidade, o arroz de sequeiro continua sendo uma cultura desbravadora, sendo utilizado na recuperação de áreas degradadas ou como um preparo para o solo que receberão cultivos de milho ou soja. Contudo, é importante que o arroz de terras altas retorne a ser destaque no abastecimento nacional, tendo em vista que é de fundamental importância para o suprimento da demanda populacional (GUIMARÃES et al., 2006).

Com o manejo apropriado à cultura é possível que ocorra um acréscimo na produtividade. Nessa prática se encontra a irrigação suplementar feita por aspersão. De acordo com Vela et al. (2013) que avaliou diferentes lâminas de irrigação no arroz, sendo sem irrigação, 50%, 100%, 150% e 200% da evapotranspiração da cultura, observou-se que a produtividade do arroz sem irrigação não alcançou  $3.700 \text{ Kg ha}^{-1}$ , ao mesmo tempo que a lâmina estimada em 180% atingiu uma produtividade superior a  $8.000 \text{ Kg ha}^{-1}$ .

Entre outras condições que afetam o rendimento da cultura do arroz de terras altas se destaca o preparo do solo. O preparo comum do solo se caracteriza por uma aração e duas gradagens, o que proporciona o revestimento do solo, incorporando os restos vegetais e contribuindo para o controle de plantas daninhas (SILVA; MOREIRA; GUIMARÃES, 2013). O uso desse sistema é aconselhável para solos que apresentam fertilidade superficial descompactados e homogêneas.

Dessa forma, o estudo de materiais mais produtivos e tolerantes, associados as sementes de alto vigor que proporcione germinação uniforme e rápida, é bastante importante para que se alcance o suprimento da demanda populacional.

## **2.2 Condicionamento fisiológico de sementes**

Desde a década de 70, diversos pesquisadores vêm aprimorando a germinação de sementes, adotando tratamentos pré-semeadura, abrangendo a iniciação metabólica da germinação. Entre os métodos desenvolvidos, o condicionamento fisiológico ganha destaque, principalmente em relação aos benefícios no desempenho das sementes (MARCOS FILHO, 2015; BONOME et al., 2017; BATISTA et al., 2018).

O termo condicionamento fisiológico de semente é usado pelos pesquisadores e pela indústria sementeira para envolver o grupo de métodos e técnicas distintas para melhorar a qualidade das sementes e beneficiar o funcionamento de lotes de sementes e/ou plântulas produzidas. O principal objetivo da técnica é certificar a uniformidade de germinação e o estabelecimento das plântulas (BONOME et al., 2017; BATISTA et al., 2018; RIBEIRO et al., 2019).

Esse método possibilita reparos na membrana das células das sementes, melhorando o vigor do lote que será tratado (BONOME et al., 2017; BATISTA et al., 2018; RIBEIRO et al., 2019). Por padronizar o processo e reduzir o tempo de germinação, essa técnica possibilita a geminação em diversas condições de luz, solo, temperatura e disponibilidade de água, permitindo a aceleração do crescimento das plantas e desenvolver a parte aérea da cultura (MARCOS FILHO, 2015; PEREIRA et al., 2018).

A qualidade mais influenciada pelo condicionamento fisiológico é o vigor das sementes (MARCOS FILHO, 2015). Por esse motivo, o tratamento vem sendo indicado na literatura como um envigoramento para as sementes (SILVA et al., 2016). Contudo, Marcos Filho (2015) esclarece que essa impressão de envigoramento acontece devido a germinação ser quase que instantânea logo após o condicionamento fisiológico, sendo que o efeito principal é a redução da diferença da atividade metabólica das sementes que será mais ou menos vigorosa, determinando uma uniformidade de germinação.

É possível aplicar esse método de diversas formas como umedecimento do substrato para embebição, imersão direta em água e em contato com substância que fazem osmocondicionamento, sendo que esse último se fundamenta na hidratação da semente de forma equilibrada, usando soluções de baixo potencial hídrico, onde o composto usado precisa ser quimicamente inerte, porém sendo osmoticamente ativo, como é  $MgSO_4$ ,  $KNO_3$ ,  $NaCl$  e polietileno glicol (PEG), em períodos e temperaturas preestabelecidas (BHANUPRAKASH; YOGEESSHA, 2016).

Para que ocorra uma absorção de água adequada, sendo necessário para que aconteça os processos fisiológicos iniciais na germinação é preciso que a absorção aconteça de maneira equilibrada, interrompendo a absorção no momento que for observado o equilíbrio entre as sementes e o potencial osmótico da solução (ALMEIDA et al., 2016; MARCOS FILHO, 2015). Logo após, é possível secar as sementes até alcançar a umidade antes do condicionamento, sem afetar no processo adquirido pela embebição posterior, o que permite que as sementes sejam armazenadas por um tempo determinado até a semeadura (WOJTYLA et al., 2016).

Durante a reestruturação do sistema de membrana, no decorrer do condicionamento, acontece a manutenção da permeabilidade seletiva, onde as membranas estruturadas não possibilitam a entrada rápida de água e nem a liberação excessiva de água (RIBEIRO et al., 2019). Segundo Nascimento et al. (2009), é possível que o condicionamento cause alterações no estado energético da água, mudando a distribuição entre os diferentes sítios de ligação de tecidos diferentes. É possível que a redistribuição

de água presente no interior das sementes seja o motivo para a maior velocidade de germinação logo após o tratamento, pois existe maior disponibilidade de água e acréscimo no nível de hidratação das macromoléculas que agem durante o processo germinativo, diminuindo as chances de acontecer injúrias durante a embebição (RIBEIRO et al., 2019).

Vale ressaltar que, para o método tenha sucesso, é preciso que alguns fatores precisem ser manuseados com bastante cuidado como o tipo de soluto que será usado, luz, concentração da solução, temperatura, período de duração do tratamento, o método e tempo de secagem após o condicionamento. Esses fatores variam conforme a espécie que irá receber o tratamento, as condições edafoclimáticas, o lote, tamanho das sementes e o tratamento que irão receber, desde a época que será produzida e no decorrer da sua vida (CARDOSO et al., 2015).

Vários agentes condicionantes podem ser utilizados no condicionamento fisiológico das sementes, dentre eles a melatonina, ácido indol acético (AIA), óxido nítrico, peróxido de hidrogênio e quitosana (PIRES et al., 2016).

Um dos principais efeitos benéficos do condicionamento, relatado por diferentes autores, é conferir resistência a estresses abióticos como deficiência hídrica, aumento da concentração salina, estresse por altas temperaturas e tolerância a metais pesados (BONOME et al., 2017; BATISTA et al., 2018; PEREIRA et al., 2018; RIBEIRO et al., 2019; SABERALI et al., 2019). Em sementes de arroz, Li e Zhang (2012) observaram maior tolerância à seca em plântulas de arroz, quando submetidas à técnica de osmocondicionamento, utilizando polietilenoglicol (PEG) e ácido salicílico (SA).

No entanto, ainda são escassos os estudos que avaliem o mecanismo pelo qual o ácido indolacético, o peróxido de hidrogênio, o óxido nítrico, a quitosana e a melatonina, aplicada de forma exógena, via condicionamento fisiológico, influencia o controle osmótico, tão pouco se sabe sobre o uso dessas moléculas associadas ao processo de germinação de sementes de arroz sob estresse salino.

### **2.3 Qualidade fisiológica de sementes**

A semente é responsável de levar todo o potencial genético de uma cultivar com características superiores para o agricultor. Contudo, para chegar ao produtor, a saída da semente do campo de desenvolvimento precisa ser feita com bastante cuidado, pois durante o transporte é possível que essas sementes sofram ações de diversos fatores que são capazes de atrapalhar seu desenvolvimento (PESKE; BARROS, 1998).

Os programas de aprimoramento de qualidade certificam a produção de um material final altamente qualificado, gerando maiores rentabilidades para o produtor. Estudos que abordam sobre o impacto das estratégias de marketing referente a lucros, apresentaram alta relação entre lucratividade e qualidade (KOTLER; ARMSTRONG, 1988).

A qualidade de uma semente é estabelecida pelo somatório de quatro atributos, qualidade genética, física, fisiológica e sanitária, que quando avaliados juntos dão a qualidade real de uma semente. A qualidade fisiológica da semente influencia de maneira direta na população inicial da planta, sendo observado pelo rendimento da cultura. Com a germinação, o vigor é um fator determinante para o crescimento rápido e uniforme da população de plântulas. O vigor é uma característica de qualidade que determina o desempenho das sementes, onde não é possível ser detectada nos testes de germinação (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 1999).

A avaliação da qualidade das sementes precisa ser feita por meio de exames que detalham as condições das amostras, fazendo uma série de teste preestabelecidos, que apresentam maior grau de segurabilidade quando comparado com os resultados que são oriundos de diferentes amostras do mesmo cultivar e/ou espécie (MARCOS FILHO et al., 1987).

A viabilidade e o vigor são determinados como os principais critérios adotados para avaliar a qualidade fisiológica das sementes. O teste de qualidade fisiológica está relacionado com a capacidade de desenvolvimento de plântulas normais pelas sementes, em condições favoráveis que assegurem toda sua capacidade. Por esse teste ser realizado em laboratório sob condições ideais, não é possível estimar a capacidade de emergência das plântulas no campo. Para isso, foram criados os testes de vigor que desempenham o papel de indicadores no monitoramento da qualidade de sementes (POPINIGIS, 1985).

Entende-se como vigor de sementes, um grupo de características que definem o desenvolvimento uniforme e rápido das plântulas no campo, assim como o desenvolvimento em quaisquer outras condições ambientais (AOSA, 1983).

O vigor das sementes é a primeira característica da qualidade que apresenta sinais de degradação, seguindo de redução na produção de plântulas normais ou na germinação, e por fim, na morte das sementes (FERGUSON, 1995). O vigor das sementes se fundamenta no comportamento fisiológico e físico de um lote de sementes, onde se encontram: alterações no processo bioquímico, alterações no crescimento das plantas e na taxa de uniformidade da germinação e mudanças na germinação das sementes

incluindo alterações na capacidade de emergência das plântulas quando forem submetidas as condições de estresses.

Para se ter sementes de excelente qualidade, é fundamental que a colheita seja feita no ponto de maturidade fisiológica, é nessa etapa que as sementes apresentam alto teor de água. O processo de maturação fisiológica do arroz é basicamente caracterizado por três estádios. O primeiro estádio é conhecido como estádio leitoso, que é determinado pelo fato de a cariopse ser habitualmente verde, apresentando elevado conteúdo de água. O segundo estádio é o chamado estádio de massa, iniciando quando a cariopse fica mais consistente até o começo do desenvolvimento final. Já o último estádio, denominado de estádio de maturação é quando a semente apresenta a maturação completa, onde o endosperma finalizou seu desenvolvimento e apresenta coloração branca, sem pontos verdes. Assim como a floração, a maturação se desenvolve das espiguetas do ápice indo até a base da panícula (ELIAS, 1998).

Geralmente quando as sementes chegam das unidades armazenadoras, elas se encontram sujas e úmidas, por isso é necessário que elas passem por etapas de pré-limpeza, feita por equipamentos compostos de ventiladores e peneiras, no intuito de retirar qualquer impureza e/ou material estranho presente nas sementes, que geram prejuízos no processo de desenvolvimento, homogeneidade, eficiência energética e na segurança da secagem (BIAGI et al., 2002; ELIAS, 2002).

A qualidade da semente é a principal preocupação durante todo os processos. Com isso, é necessário fazer uso de toda tecnologia e ciência de sementes, até mesmo ciências sociais e qualquer outra que possa contribuir na melhora, sempre buscando o controle preventivo que antecipe problemas e que seja resolvido nos momentos certos, pois se passar do tempo de correção, os custos são maiores (GARAY, 1996).

Com o decorrer do tempo, a qualidade da semente degrada. A taxa de deterioração depende diretamente das condições ambientais presente na etapa de armazenamento e também do tempo que essas sementes ficam armazenadas. A degradação das sementes envolve diversos processos de transformações degenerativas de origem progressiva que, no campo, normalmente se inicia na maturidade fisiológica, fazendo com que a cultura perca o poder de germinação (BAUDET, 1996).



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras-MG. Foram utilizadas sementes da linhagem BRS Soberana (suscetível a estresse hídrico), fornecidas pelo Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras-UFLA, multiplicadas no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da UFLA, pelo programa de Pesquisa e Melhoramento de Arroz- Melhor Arroz UFLA.

As sementes de arroz foram submetidas ao condicionamento fisiológico. Este foi realizado em BOD regulada a 25°C (PEREIRA et al, 2018), sem luz e adaptada com um compressor de ar, responsável por manter as soluções aeradas, por um período de 20 horas. Como soluções condicionantes utilizou-se ácido indolacético (100µM), quitosana (0,75mM), melatonina (1mM) e solução doadora de ON, nitroprussiato de sódio (100µM). Foram colocados 40 gramas de sementes em 400 ml de solução. As sementes utilizadas como controle não foram condicionadas.

Após o condicionamento, as sementes foram lavadas em água corrente e o excesso da água removido. Posteriormente, as sementes foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 25°C por 48 horas e as sementes sem condicionamento (controle) também foram colocadas na estufa a fim de uniformizar o teor de água entre as sementes de todos os tratamentos.

As sementes condicionadas e não condicionadas (controle), foram submetidas a diferentes condições de germinação: condição controle (água destilada) e condição de estresse salino (solução de NaCl, concentração de 100mM) (MA, N.L. et al.,2018).

No teste de germinação, quatro repetições de 25 sementes foram semeadas sobre duas folhas de papel germitest e sobrepostas com mais uma folha, as quais foram umedecidas com volume de solução contendo as soluções citadas anteriormente, equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. Os rolos foram colocados em germinador tipo Mangelsdorf regulado a temperatura de 25°C.

Os resultados de germinação foram expressos em porcentagem de plântulas normais com avaliação aos cinco dias após a semeadura para a obtenção da primeira contagem de germinação, e aos 14 dias após a semeadura, para germinação final (BRASIL, 2009).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições e esquema fatorial de (5 x 2) + 1, sendo cinco soluções condicionantes, duas

condições de germinação e o controle (sementes sem condicionamento fisiológico e sem condição de estresse).

A análise estatística dos resultados foi realizada pelo *software R*<sup>®</sup>, as médias foram submetidas à análise de variância e, quando significativas, aplicou-se testes de médias a 5% de probabilidade. Para a comparação do controle com os tratamentos resultantes do fatorial, quando significativo, foi realizado o teste de Dunnett.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

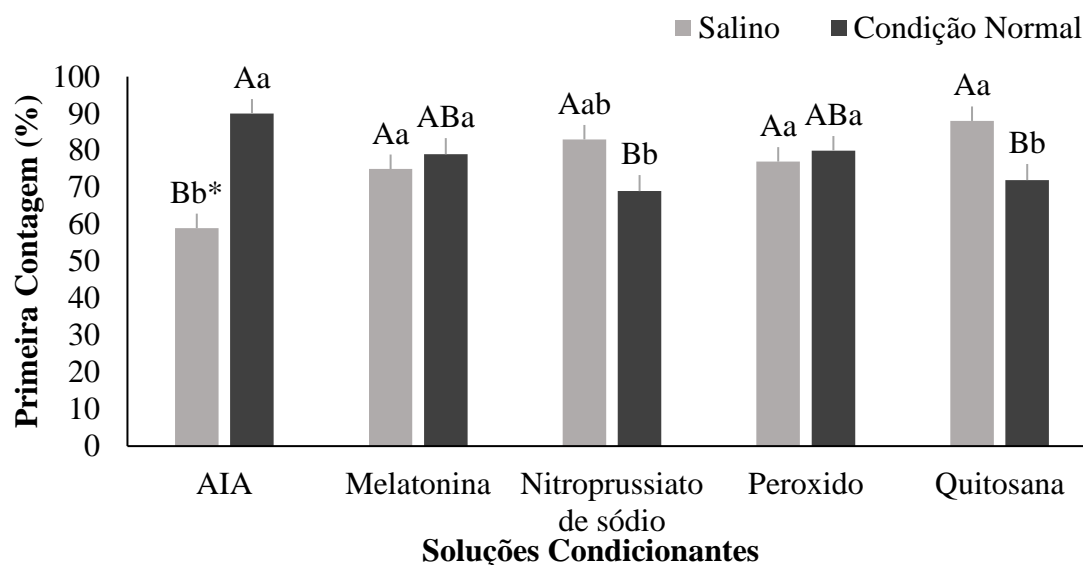
Com base na análise de variância foi possível observar diferenças significativas entre os condicionantes e condições de germinação, assim como para a interação dos fatores avaliados ( $p < 0,05$ ).

Analisando os dados referentes à primeira contagem do teste de germinação, aos cinco dias após a semeadura, foi possível observar que, quando se compara as duas condições de germinação para cada solução condicionante, houve diferenças no comportamento de cada solução em cada condição, sendo o ácido indolacético (AIA) mais eficiente para sementes submetidas a condição normal de germinação e, para os condicionantes melatonina, peróxido e nitroprussiato de sódio não houve diferenças no comportamento em nenhuma condição de germinação. Já para as sementes submetidas ao condicionamento na solução de quitosana, observou-se maior eficiência na germinação de sementes submetidas ao estresse salino, sendo a germinação 88%, (Figura 1).

A quitosana mostra-se uma boa alternativa e vem apresentando bons resultados no condicionamento de sementes, podendo aumentar o crescimento e desenvolvimento das plantas. A sua utilização transforma positivamente várias características, como aumento na altura de plantas, número de ramificações da parte aérea, número de folhas, área foliar, atributos de biomassa (Mondal et al., 2013). Rufino (2015) fazendo o uso de quitosana no tratamento de sementes de arroz observou que os resultados demonstram que a quitosana controlam o crescimento das plântulas de arroz, dando resistência contra patógenos além de promover melhoras quando submetidos a estresses salinos.

É válido ressaltar que a intensidade com que o estresse salino influencia no crescimento e na produtividade de arroz é estabelecida através de diversos fatores, se destacando a composição salina do meio, a duração do estresse, a intensidade, a cultivar, as condições edafoclimáticas e o estágio fenológico da cultura (MASS; HOFFMAN, 1977). No estágio fenológico da cultura, as plantas de arroz são mais tolerantes a salinidade na germinação e muito sensível durante a fase de plântula, passando por essa etapa o grau de tolerância começa a aumentar progressivamente até a diferenciação da panícula, voltando a decrescer na floração (YOSHIDA, 1981).

Figura 1 – Primeira Contagem de sementes de *Oryza sativa* submetidas ao condicionamento nas soluções ácido indolacético (AIA), melatonina, nitroprussiato de sódio, peróxido de hidrogênio e quitosana.



Legenda: Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula entre estresses e maiúscula entre condicionantes, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

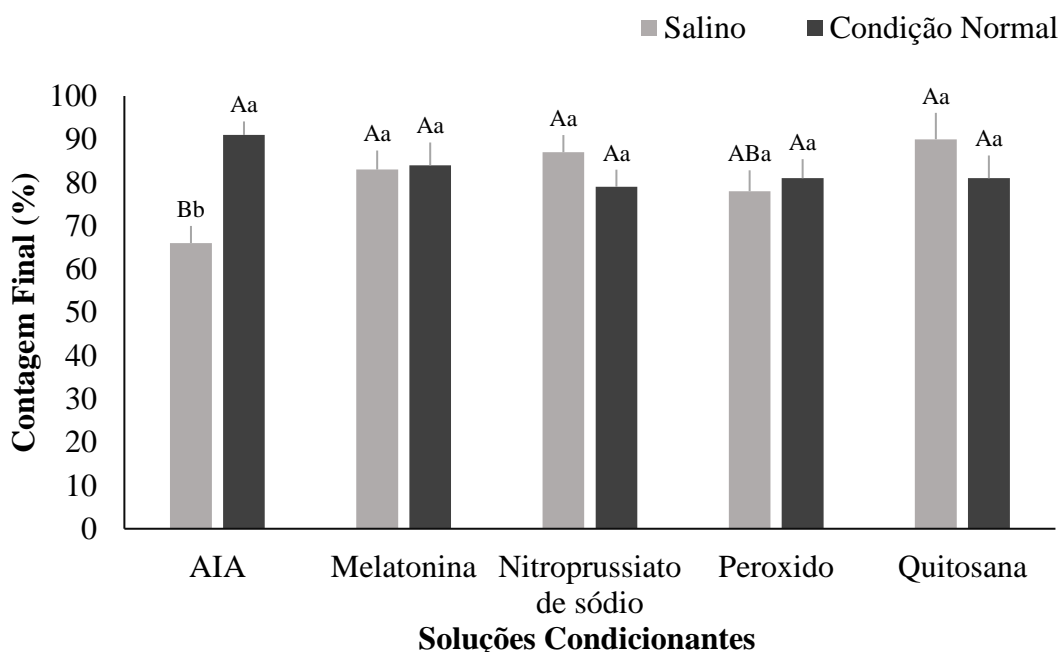
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Quando se compara os condicionantes dentro de cada estresse, observa-se que para a condição normal de germinação, as sementes quando condicionadas com o ácido indolacético apresentaram valores superiores de germinação. Por outro lado, quando condicionadas com nitroprussiato de sódio e quitosana observa-se valores inferiores de germinação (Figura 1). Hurtado et al. (2019), estudando tratamento pré-germinativo de sementes de feijão, observou que houve diferenças significativas nos tratamentos usando AIA, onde houve maiores valores de porcentagem de germinação em comparação com os outros tratamentos, afirmando que as sementes de feijão tratadas com AIA apresentaram as melhores características de crescimento em fases iniciais de germinação.

Para a condição de estresse salino, sementes submetidas ao condicionamento com melatonina, nitroprussiato de sódio, peróxido e quitosana resultaram em valores superiores de germinação (Figura 1). Carvalho et al. (2011) em seu estudo usando plantas expostas ao condicionamento fisiológico com peróxido de hidrogênio observaram dano de membrana menor quando comparadas com as plantas em condições normais, concluindo que exposição ao peróxido de hidrogênio pode resultar numa aclimatação mais efetiva às condições de estresse salino.

Ainda, foi possível observar que sob condição de estresse salino, o ácido indolacético diferiu do controle (Figura 1), sendo superior ao mesmo. Observando-se os dados referentes ao teste de germinação para os estresses, foi possível verificar que para a solução condicionante AIA constata-se valores superiores em condição normal de germinação. Para as demais soluções não houve diferença significativa no comportamento em ambas condições de germinação (Figura 2). É válido ressaltar que o ácido 3-indolacético (AIA) é a principal auxina das plantas, sendo o aminoácido triptofano aceito como precursor de sua síntese além de ser um dos principais grupos de hormônios envolvidos no desenvolvimento dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, é responsável por conferir maior quantidade de raízes, de melhor qualidade e em menor tempo (XAVIER, 2002).

Figura 2 – Germinação de sementes de *Oryza sativa* submetidas ao condicionamento nas soluções ácido indolacético (AIA), melatonina, nitroprussiato de sódio, peróxido de hidrogênio e quitosana.



Legenda: Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula entre estresses e maiúscula entre condicionantes, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* Diferem do controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Ao confrontar o comportamento das soluções condicionantes em cada condição de germinação (Figura 2), observa-se que para a condição normal de germinação não houve diferenças significativas em nenhuma das moléculas sinalizadoras. É válido

ressaltar que vigor das sementes é o componente da qualidade fisiológica mais influenciado pelo condicionamento fisiológico (MARCOS FILHO, 2015), sendo o principal efeito a redução da diferença da atividade metabólica das sementes com diferentes graus de vigor, caracterizando a uniformidade de germinação.

Por outro lado, para a condição de alta salinidade a melatonina, o nitroprussiato de sódio e a quitosana apresentaram valores superiores de germinação, mas não diferiram entre si. Contudo, para o condicionamento com a solução de ácido indolacético observou-se resultados inferiores (Figura 2).

A melatonina é descrita como promotora de tolerância a estresses em plantas (ARNAO; HERNÁNDEZ-RUIZ, 2018), visto que sua síntese nas plantas, quando estas estão expostas a estresses bióticos e abióticos, limita os estresses oxidativos, pela indução da expressão de genes relacionados a estresses, pela redução da peroxidação lipídica e dos níveis de  $H_2O_2$ , e crescimento do sistema antioxidante enzimático, ou mesmo quelando metais pesados (ZHANG et al., 2014; REITER et al., 2015). Campos (2016) usando melatonina exógena na promoção de tolerância de mudas de café a estresses salino, observou que a melatonina promoveu tolerância em estresses salino nas sementes de café, permitindo melhor desenvolvimento dessas plantas e reduzindo o estresse oxidativo que pode ser causado pelo estresse salino.

Em condições de estresse o nitroprussiato de sódio, doado de ON (óxido nítrico) atua como protetor, e sua resposta é dada por vários mecanismos, como a indução da expressão de genes de defesa (DURNER et al., 1998), a biossíntese de clorofilas e o desenvolvimento de cloroplastos (GRAZIANO; LAMMATINA, 2005), inibição da peroxidação lipídica (BOVERIS et al., 2000), estes mecanismos são alguns dos que ajudam na preservação da integridade das membranas e na redução do vazamento do conteúdo celular (SILVA et al., 2016). Estudos sobre o efeito do nitroprussiato de sódio na qualidade fisiológica de sementes de repolho, concluiu-se que a salinidade inibe a germinação de sementes e/ou reduz a germinação e o desenvolvimento das plântulas (KAISER et al., 2016).

É importante ressaltar que a salinidade influencia expressivamente a resposta germinativa da semente. O excesso de sais solúveis provoca uma redução do potencial hídrico do solo, induzindo menor capacidade de absorção de água pelas sementes (LIMA et al., 2005). Na cultura do arroz no período de plântula e reprodutivo, a salinidade na água de irrigação pode ocasionar danos como diminuição do afilhamento, esterilidade das espiguetas e morte de plantas (CARMONA, 2011).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O condicionamento fisiológico se apresenta como uma boa técnica para melhorar a qualidade fisiológica de sementes de arroz.

Sementes condicionadas em quitosana apresentaram melhora do potencial fisiológico, sob condição de estresse salino.

## REFERÊNCIAS

ADORIAN, G.C.; LORENCONI, R.; DOURADO NETO, D.; REICHARDT, K. Evapotranspiração potencial e coeficiente da cultura de dois genótipos de arroz de terras altas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 90, p. 128-140, 2015.

ALMEIDA, A. S. et al. Protrusão da radícula e métodos para superação de dormência de sementes de trigo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 3, p. 271-276, 2016.

ARNAO, M. B.; HERNÁNDEZ-RUIZ, J. Melatonin and its relationship to plant hormones. **Annals of Botany**, v. 121, n. 23, p. 195-207, 2018.

AOSA – ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigour testing handbook**. Lincoln: AOSA, 93p., 1983.

BATISTA, R.A.B, et al. Lactose em alimentos industrializados: avaliação da disponibilidade da informação de quantidade. **Ciência Saúde Coletiva** v. 23, p. 4119-4128, 2018.

BAUDET, L. M. L. Armazenamento de sementes de arroz. In: Peske, S. T.; Nedel, J. L.; Barros, A. C. S. A. **Produção de sementes de arroz**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996. p.475-496.

BIAGI, J.D.; BERTOL, R.; CARNEIRO, M.C. Armazéns em unidades centrais de armazenamento. In: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, p.157-175, 2002.

BHANUPRAKASH, K.; YOGESHA, H. S. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. In **Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops**, New Delhi, p. 103-117, 2016.

BONOME, L. T. S.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A., DOUSSEAU, S. Osmoconditioning of *Urochloa brizantha* seeds to reduce pelleting negative effects. **Brazilian Journal of Agriculture**. v.92, p.87-100, 2017.

BOVERIS, A. et al. Mitochondrial production of hydrogen peroxide regulation by nitric oxide and the role of ubiquinone. **IUBMB Life**, v. 50, n. 4-5, p. 245-250, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 399 p., 2009.

CAMPOS, C. N. **Melatonina exógena na promoção de tolerância de mudas de *Coffea arabica* L. ao estresse salino**. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

CARDOSO, E. D. et al. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de *Brachiaria brizantha* em função do condicionamento osmótico. **Journal of Neotropical Agriculture**, Cassilândia, v. 2, n. 2, p. 42-48, 2015.



CARMONA, F.C. **Salinidade da água e do solo e sua influência sobre o arroz irrigado**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). 116f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; NETO, M. C. L.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, 2011.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira grãos, Safra 2021/22: quarto levantamento**. Brasília: Brasília. v. 11, p. 1-132, 2021.

DASZKOWSKA, A. C. Arabidopsis seed germination under abiotic stress as a concert of action of phytohormones. **Journal of Integrative Biology**, v. 15, n. 11, 2011.

DURNER, J. et al. Defense gene induction on tobacco by nitric oxide, cyclic GMP, and cyclic ADP-ribose. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 95, n. 17, 1998.

ELIAS, M.C. **Efeitos da espera para secagem e do tempo de armazenamento na qualidade das sementes e grãos do arroz irrigado**. Pelotas, 1998. 164f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 1998.

ELIAS, M.C. **Armazenamento e conservação de grãos em médias e pequenas escalas**. Pelotas, 2002. Pólo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul. UFPEL-FAEM-DCTA, 218 P., 2002.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 128 p., 2020.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2018.

FAO – **FAO Rice Market Monitor, December 2017, Volume XX - Issue No. 2**. 2021.

FERGUSON, J. Introduction to seed vigour testing. In: SEED VIGOUR TESTING SEMINAR, 1995, Copenhagen. **Proceedings...** Zurich: International Seed Testing Association, p.1-9., 1995.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: Ed. Funep, 589 p., 2006.

GADJEV, I.; VANDERAUWEA. S.; GECHEV, T. S.; LALOI, C.; MINKOV, I. N.; SHULAV, V.; APEL, K.; INZE, D.; MITTLER, R.; VAN BREUSEGEM F. Transcriptomic footprints disclose specificity of reactive oxygen species signaling in Arabidopsis. **Plant Physiol**, v. 141, p. 436–445, 2008.

GARAY, A. Qualidade total em sementes. In: SEMINARIO PANAMERICANO DE SEMILLAS, 14, WORKSHOP SOBRE MARKETING EM SEMENTES E MUDAS, 3, 1996, Gramado, **Memórias...** Gramado, p. 28, 1996.

GECHEV, T. S.; HILLE, J. Hydrogen peroxide as a signal controlling plant programmed cell death. **The journal of cell biology**, v. 168, n. 1, p. 17-20, 2005.

GRAZIANO, M.; LAMATTINA, L. Nitric Oxide: The Versatility of an Extensive Signal Molecule. **Annual Review of Plant Biology**, v. 54, n. 1, 2003.

GUIMARÃES, C. M. et al. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura de arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.96, 2006.

HURTADO, D. A. V.; CASTRO, L. S.; VERAS, G. J. S.; MACEDO, W. R. **Tratamento pré-germinativo de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em fases iniciais do crescimento**. Lafimepro, Viçosa, 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo-agro 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IRGA – Instituto Rio Grandense de Arroz. **Mapeamento de ANA e Conab identifica 1,3 milhões de hectares de arroz irrigado no Brasil**. Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: < <https://irga.rs.gov.br/mapeamento-de-ana-e-conab-identifica-1-3-milhao-de-hectares-de-arroz-irrigado-no-brasil>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

KAISER, I. S.; MACHADO, L. C.; LOPES, J. C.; MENGARDA, L. H. G. Efeito de liberadores de oxido nítrico na qualidade fisiológica de sementes de repolho sob salinidade. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, 2016.

KERCHEV, P. MEER, T. V. der; SUJEETH, N.; VERLEE, A.; STEVENS, C. V.; BREUSEGEM, F. V.; GECHEV, T. Molecular priming as an approach to induce tolerance against abiotic and oxidative stresses in crop plants. **Biotechnology Advances**, v. 40, 2020.

KOTLER, P., ARMSTRONG, G. **Princípios de marketing**. 7 ed., Tradução Vera Whately, Rio de Janeiro: Editora Prentice-hallo do Brasil, 527 p., 1998.

KRZYZANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Testes de vigor em sementes. In: **Encontro sobre avanços em tecnologia de sementes**. Pelotas: FAEM/UFPeL, 111p., 1999.

LANNA, A. C.; CARVALHO, M. A. de F.; HEINEMANN, A. B.; STEIN, V. C. **Panorama ambiental e fisio-molecular do arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 32 p., 2012.

LIMA, M. da G. de S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M. de.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n.1, p.54-61, 2005.

MARCONDES, J.; GARCIA, A. B. Aspectos citomorfológicos do estresse salino em plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 2, p. 187-194, 2009.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 660 p., 2015.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 230p., 1987.

MASS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal O Irrigation and Drainage Division**, v. 103, p. 115-134, 1977.

MONDAL, S.; SINGH, R. P.; CROSSA, J. HUERTA-ESPINO, J.; SHARMA, I.; CHATRATH R.; SINGH, G. P.; SOHU, V. S.; MAVI, G. S.; SAKURA, V. S. P.; KALAPPANAVARG, I. K; MISHRA, V. K.; HUSSAIN, M.; GAUTAN, N. R.; UDDIN, J.; BARMA, N. C. D.; HAKIM, A.; JOSHI, A. K. Earliness in wheat: A key to adaptation under terminal and continual high temperature stress in South Asia. **Field Crops Reseach**, v. 151, p. 19-26, 2013.

NASCIMENTO, W. M. et al. Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 27, n. 1, p. 12-16, 2009.

PEREIRA, F. J., **Características anatômicas e fisiológicas de aguapé e índice de fitorremediação de alface d'água cultivados na presença de arsênio, cádmio e chumbo**, 2018.

PEREIRA, S. R. et al. Priming of *Urochloa brizantha* cv. Xaraés seeds. **African Journal of Agriculture Research**, Pretoria, v. 13, n.1, p.2804-2807, 2018.

PEREIRA, F. J., **Características anatômicas e fisiológicas de aguapé e índice de fitorremediação de alface d'água cultivados na presença de arsênio, cádmio e chumbo**, 2010

PESKE, S. T.; BARROS, A. S. S. A. **Produção de Sementes de Arroz**. In: Produção de arroz irrigado. Pelotas. UFPel, 659p., 1998.

PETROV, V.; HILLE, J.; MUELLER-ROEBER, B.; GECHEV, T. ROS-mediated abiotic stress-induced programmed cell death in plants. **Front Plant Science**, v. 18, p. 6-69, 2015.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF., 2º ed., 289p., 1985.

REITER, R. J.; MANCHESTER, L. C.; COTO-MONTES, A.; BOGA, J. A.; ANDERSEN, L. P. H.; ZHOU, Z.; GALANO, A.; VRIEND, J.; TAN, D. X. Melatonin: an ancient molecule that makes oxygen metabolically tolerable. **Journal of Pineal Research**, v. 59, n. 4, p. 403-419, 2015.

RIBEIRO, E. C. G. et al. Physiological quality of *Urochloa brizantha* seeds submitted to priming with calcium salts. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, 2019.

RUFINO, C. de A. **Uso de quitosana, própolis e nanoprata no tratamento de sementes de arroz**. 2015. 45f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

SANTOS, M.P. **Produtividade de grãos e características morfofisiológicas de arroz irrigado afetadas por local e época de semeadura. Goiânia.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2020.

SILVA, J. G. da; MOREIRA, J. A. A.; GUIMARÃES, C. M. Preparo do solo. In: SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. C. P.; FERREIRA, C. M. (Ed.) **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: Embrapa, p. 25-36, 2013.

SILVA, T. A. D. et al. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência Rural**, Santa maria, v. 46, n. 2, p. 227-232, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5.ed. Porto Alegre: Artmed. 954p, 2013.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribution (PSD) on line.** 2020.

VELA, R. H. N.; DALLACORT, R.; DALCHIAVON, F. C.; ARAUJO, D. V. de; BARBIERI, J. D.; KOLLING, E. M. Lâminas de irrigação na cultura do arroz de terras altas, no Médio norte do estado de Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1753-1764, 2013.

WOJTYLA, L. et al. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, p. 66, 2016.

XAVIER, A. Silvicultura clonal: princípios e técnicas de propagação vegetativa. Viçosa, MG: UFV, 64p., 2002.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science.** Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.

ZHANG, Z. H. et al. A comparative study of techniques for differential expression analysis on RNA-Seq data. **PLoS One**, v. 9, n. 8, 2014.