



BRUNO PÁDUA NOGUEIRA TEIXEIRA

**USO DE MOLÉCULAS SINALIZADORAS PARA INDUÇÃO
DE TOLERÂNCIA À SALINIDADE E TEMPERATURA EM
SEMENTES DE ALGODÃO**

LAVRAS – MG

2021

BRUNO PÁDUA NOGUEIRA TEIXEIRA

**USO DE MOLÉCULAS SINALIZADORAS PARA INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA À
SALINIDADE E TEMPERATURA EM SEMENTES DE ALGODÃO**

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

Prof. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos
Orientadora

LAVRAS – MG

2021

BRUNO PÁDUA NOGUEIRA TEIXEIRA

**USO DE MOLÉCULAS SINALIZADORAS PARA INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA À
SALINIDADE E TEMPERATURA EM SEMENTES DE ALGODÃO**

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

APROVADA em

Heloísa Oliveira dos Santos

UFLA

Giovani Virgílio Tirelli

UFLA

Marília Mendes dos Santos Guaraldo

UFLA

Profa. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos
Orientadora

LAVRAS- MG

2021

*Dedico a minha família, amigos,
Professores, mestres e a
Minha instituição.*

AGRADECIMENTOS

Em minha vida sempre acreditei que grandes conquistas não dependem somente de nós mesmos, mas sim das pessoas em nossa volta. Agradeço primeiramente aos meus pais Nelson e Ana Paula e minha irmã Stella que fizeram dos meus sonhos os deles, sempre me apoiando e mostrando os melhores caminhos. Agradeço aos meus avós, tias, tios e primos pelas torcidas e orações. Agradeço a Gabrielle por estar sempre ao meu lado em todos os momentos. Agradeço aos meus amigos pelo companheirismo durante a caminhada nos anos de universidade. Agradeço aos meus professores e mestres por passarem tanto conhecimento, em especial as Professoras Maria Laene e Heloisa por estarem presentes desde o início da minha graduação. Por fim, agradeço imensamente a Universidade Federal de Lavras o Núcleo de estudos em sementes e a Terra Júnior por me proporcionarem um grande crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

A dificuldade de obtenção de sementes de algodão que permitam o estabelecimento de um estande inicial uniforme e constituído de plantas vigorosas ainda é um dos fatores limitantes para o êxito no cultivo do algodão. O emprego de tratamentos pré-semeadura surge como uma possibilidade para garantir sementes mais vigorosas, e entre esses, destaca-se o condicionamento fisiológico. Nesta técnica podem ser empregadas diversas moléculas indutoras de tolerância, visando minimizar os danos causados pela condição de estresse. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a utilização de moléculas sinalizadoras como condicionantes para indução de tolerância à estresse salino e térmico em sementes de algodão. O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS), do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras – MG. utilizando sementes de algodão fornecidas pela Cooperativa de Produtores Rurais de Catuti. O teor de água das sementes foi determinado conforme metodologia descrita pela RAS - Regras para Análise de Sementes, pelo método de estufa a 105°C. As sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em soluções aeradas de ácido indol acético (100 µM), peróxido de hidrogênio (100 µM), quitosana (0,75 mM), melatonina (0,2mM), nitroprussiato de sódio - solução doadora de ON (100µM) e condicionamento em água, a temperatura de 20°C, por período de 24hrs. Após o condicionamento, as sementes foram lavadas em água corrente e secadas, em estufa com circulação forçada de ar regulada a 25 °C, por 24hrs. Logo após foi determinado o teor de água. As sementes condicionadas e não condicionadas (controle), foram submetidas a condição de estresse salino via solução de NaCl, 10 dS m⁻¹ e a condição de estresse por temperatura via exposição à 38°C. Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições, em esquema fatorial 6x3, sendo seis soluções condicionantes e três condições de germinação. As médias foram submetidas a análise de variância e, quando significativas, foi aplicado teste de Scott-Knott para comparação destas. Após o condicionamento, o teor de água foi superior nas sementes de algodão tratadas com Quitosana, água, NO e AIA. Já após a secagem, as sementes com maior teor de água foram as tratadas com água, NO₃, AIA e Quitosana. Na primeira contagem de germinação, na condição sem estresse, os condicionantes H₂O₂, água, NO₃ e quitosana apresentaram uma maior porcentagem de plântulas normais. Já na condição com NaCl, o condicionante H₂O₂ apresentou uma maior porcentagem de plântulas normais, superando os demais condicionantes e o controle. Na condição de estresse térmico, os condicionantes H₂O₂, água, Melatonina e Quitosana apresentaram uma maior porcentagem de plântulas normais. Já dentro de cada condicionante, não houveram diferenças nas condições sem estresse, NaCl e Temperatura para o controle, H₂O₂, água, Melatonina e Quitosana. Já para os condicionantes AIA e NO₃, na condição sem estresse houve uma maior porcentagem de plântulas normais. No teste de germinação, nas condições sem estresse e NaCl não houve diferenças entre a porcentagem de germinação das sementes de algodão submetidas aos condicionantes e controle. Já na condição com estresse térmico, as sementes condicionadas com H₂O₂, água, melatonina e quitosana apresentaram maior porcentagem de germinação. Para cada condicionante, não houve diferenças nas porcentagens de germinação nas condições sem estresse, NaCl e Temperatura para as sementes tratadas com H₂O₂, água, melatonina, quitosana e NO₃. Para as sementes tratadas com AIA e as sementes que não foram condicionadas (controle), a condição com estresse térmico proporcionou uma menor porcentagem de germinação. Concluiu-se que o condicionante H₂O₂ impossibilitou a perda de vigor das sementes nas condições testadas, tanto na primeira contagem de germinação quanto no teste de germinação, além de associar teor de água pós secagem adequado ao armazenamento.

Palavras-chave: Priming, Condicionamento, Estresses abióticos, Metabolismo, Hidratação.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1	Importância da cultura do Algodão no Brasil	8
2.2	Indução de tolerância em plantas	10
2.3	Efeito da salinidade no desenvolvimento de plântulas.....	11
2.4	Efeito da temperatura no desenvolvimento de plântulas.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5	CONCLUSÃO.....	18
	REFERÊNCIAS	18

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o 4º maior produtor mundial de algodão e segundo maior exportador da fibra (CONAB, 2020; SEVERINO et al., 2019), fato que demonstra a importância da cultura para o agronegócio brasileiro. Novas metodologias de gerenciamento do campo, investimentos, pesquisas e melhor beneficiamento incrementaram a produtividade e a qualidade da fibra brasileira, ajustando-se às necessidades industriais.

Na perspectiva da demanda, uma tendência mundial de maior consumo de produtos de origem natural tem fomentado os negócios do algodão, em razão dos intentos mundiais de redução da utilização de materiais plásticos, podendo a cultura retomar o mercado que havia perdido para as fibras sintéticas.

Entretanto, a dificuldade de obtenção de sementes de algodão com elevada qualidade física, fisiológica e sanitária, permitindo o estabelecimento de um estande inicial uniforme e constituído de plantas vigorosas ainda é um dos fatores limitantes para o êxito no cultivo do algodão. Os agricultores têm, cada vez mais, buscado por sementes de elevada qualidade. O algodoeiro, mesmo sendo considerado uma planta tolerante aos solos salinos, quando semente, conta com susceptibilidade às condições ambientais desfavoráveis na etapa de germinação e nos primeiros estádios de desenvolvimento das plântulas. Além disso, elevadas temperaturas limitam o teor de água no solo, dificultando a emergência das plântulas e o estabelecimento da cultura.

Pesquisas têm sido realizadas objetivando reduzir o período entre a semeadura e a emergência das plântulas, tal como incrementar a tolerância das sementes às condições desfavoráveis durante a etapa de germinação.

O emprego de tratamentos pré-semeadura tem sido avaliado para garantir a germinação de sementes e uma emergência mais uniforme e rápida das plântulas em campo. Dentre os tratamentos utilizados, destaca-se o condicionamento fisiológico, técnica que relaciona o controle da hidratação das sementes, de modo suficiente para ativar os processos metabólicos indispensáveis para a germinação, mas evitando a protrusão da raiz primária. Diversas moléculas indutoras de tolerância podem ser empregadas nesta técnica, ativando mecanismos de defesa latentes das sementes, visando reduzir os danos causados pelas condições desfavoráveis à germinação. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a

utilização de moléculas sinalizadoras como condicionantes para indução de tolerância à estresse salino e térmico em sementes de algodão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cultura do Algodão no Brasil

No Brasil, a produção de algodão arbóreo de fibras longas com objetivo comercial teve início no Maranhão, alcançando até mesmo a exportação para países europeus. Entretanto, a cultura do algodão herbáceo, de fibras mais curtas e ciclo anual teve início na metade do século XVIII, em São Paulo, incentivada pela revolução industrial na Europa. Em seguida, com o crescimento do cultivo de café e laranja no estado, o algodão migrou para o norte do estado do Pará, juntamente com uma parcela de seu parque industrial. Em torno do ano de 1918, com a perda dos cafezais por geada, a cotonicultura retornou à São Paulo, voltando a decair décadas após, e retornando ao Paraná, anteriormente à entrada da cultura da soja (SEVERINO et al., 2019).

Até os anos de 1980, o Nordeste era uma das três maiores regiões produtoras, mas a entrada do besouro da família dos curcolionídeos *Anthonomus grandis* (popularmente conhecido como “bicudo”) nas lavouras colocou a cultura em uma profunda crise, acentuada pela extensa seca entre os anos de 1979 a 1983 e pelo sucateamento da assistência técnica e extensão rural, fatos aos quais, no início dos anos de 1990 juntou-se à abertura do país para as importações (COÊLHO, 2019).

Tal crise foi superada, parcialmente, pela abertura de novas áreas produtivas no Cerrado, primeiro no Centro-Oeste e depois, no Nordeste. Nessas regiões, encontrava-se terras planas e baratas que, com adequado manejo agrônomo, juntamente à experiência e tecnologia dos produtores, incentivos governamentais e à pesquisa, contavam com grande potencial de produção. Assim, em menos de dez anos, o Centro-Oeste se tornou a maior região produtora brasileira de algodão, tirando o Brasil da posição de segundo maior importador, em 1997, a quinto maior produtor e quarto maior exportador mundial da fibra, em 2016 (COÊLHO, 2019). Atualmente, a cotonicultura é intensamente mecanizada, com um modelo empresarial de produção, atuante especialmente na região de Cerrado do Centro-Oeste e, no Nordeste, nas regiões de Cerrado da Bahia (Oeste), Piauí e Maranhão, com produtores provenientes em sua maioria do Sul e Sudeste. No Nordeste, existe ainda o modo de produção no Semiárido, de pequena escala, comum no Sertão do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e sul da Bahia (COÊLHO, 2019). A produção do Semiárido é

inferior à do Cerrado Nordestino, mas ainda conta com grande importância, visto que há produção de algodão convencional e transgênico em escala empresarial, no Ceará e na Bahia (maior produtor de algodão do Nordeste), e produção de algodão orgânico e agroecológico, no Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia, cujas áreas produtivas são relevantes ambientes de ação de pesquisa nacionais e estaduais, ONGs e projetos governamentais. Tais plantios atendem nichos de mercado como a União Europeia e alguns estados do Sul e do Sudeste do Brasil, que negociam mediante comércio justo e oferecem melhores pagamentos em relação à fibra convencional, tendo como exigência a certificação dos produtores (COELHO, 2019). A safra 2020/21 alcançou produção recorde, com mais de 7.372 mil toneladas de algodão em caroço produzidas, sendo o Brasil o 4º maior produtor mundial da fibra (CONAB, 2020).

Em 2020, o Brasil exportou cerca de 2,12 milhões de toneladas de algodão em pluma, 31,7% acima do volume de 2019, segundo informações do Ministério da Economia. Esse resultado do ano de 2020 caracteriza um novo recorde anual de exportações brasileiras de pluma, superando, pela primeira vez, os 2 milhões de toneladas. De janeiro até novembro de 2020, os principais mercados consumidores do algodão exportado pelo Brasil foram China (representando 29% do total), Vietnã (17%), Paquistão (12%), Turquia (12%), Bangladesh (10%) e Indonésia (10%) (CONAB, 2021).

A cultura demonstra sua importância e representatividade para a agricultura brasileira. Em números absolutos, o algodão (em caroço) foi a quarta cultura mais produzida no país na safra 2019/20, sendo superado somente pela soja, milho e arroz. As cinco regiões realizaram plantio e para a safra 2020/21, a projeção é de igual distribuição (CONAB, 2021).

O cenário da cultura para os próximos anos é animador. Na perspectiva da demanda, o incremento na renda e populacional, especialmente na Ásia, e, com a emergência da bioeconomia, a tendência mundial de consumo de produtos de origem natural tem impulsionado os negócios do algodão. É crescente a campanha mundial pela redução da utilização de materiais plásticos não biodegradáveis e o algodão, por se tratar de uma fibra natural, ganha a possibilidade de retomar um mercado em que havia perdido espaço para as fibras sintéticas (SEVERINO et al., 2019).

Na perspectiva da oferta, o Brasil conta com disponibilidade de área e tecnologia para suprir o incremento do consumo mundial de algodão. A qualidade do produto, as novas tecnologias de pragas e doenças tropicais, o desenvolvimento de variedades mais produtivas, o estabelecimento de sistemas mais eficientes de produção e a notável organização da cadeia produtiva dos produtores brasileiros de algodão são fatores representativos para o avanço nos

mercados nacional e internacional (SEVERINO et al., 2019).

A cotonicultura brasileira, nos últimos anos, elevou o Brasil a segundo maior exportador mundial de algodão. Novas metodologias de gerenciamento do campo, investimentos, pesquisas e melhor beneficiamento incrementaram a produtividade e a qualidade da fibra brasileira, ajustando-se às necessidades industriais. Além do incremento na produção, a elevada produtividade possibilitou que o país direcionasse uma parcela representativa de sua produção para o mercado externo (SEVERINO et al., 2019).

2.2 Indução de tolerância em plantas

Estresse pode ser conceituado como um fator externo que tem influência negativa sobre a planta. Numa visão agrônômica, ambiente desfavorável representa o fator mais representativo na redução de produtividade. As plantas desenvolveram diversas estratégias de resposta às alterações ambientais, ajustando seu metabolismo para manter a homeostase. O nível de estresse, a genética e o manejo determinam sua sobrevivência ou morte (CUSTÓDIO et al., 2009).

A indução de tolerância ao estresse em plantas tem sido um dos principais enfoques de pesquisas por muitos anos. As perdas como resultado da exposição de plantas a condições ambientais adversas são estimadas em bilhões de dólares por ano. Assim, o desenvolvimento de metodologias para indução de tolerância ao estresse em plantas é essencial e ainda possui enfoque considerável. As abordagens empregadas para a indução de tolerância relacionam engenharia genética, seleção *in vitro* e o uso de agentes indutores (SENARATNA et al., 2003). O termo indução de tolerância pode ser empregado para caracterizar uma proteção local, isto é, a indução de tolerância somente nos tecidos onde foi realizado o tratamento com o agente indutor, como ainda pode identificar uma tolerância sistêmica, que se expressa em outros locais distintos do de aplicação do indutor (KUHN, 2007).

Os agentes indutores bióticos ou abióticos, com a capacidade de ativar ou induzir qualquer resposta de resistência nas plantas são conhecidos como elicitores, podendo se tratar de diversos compostos químicos, como oligossacarídeos, glicoproteínas, oligopeptídeos e ácidos graxos, destacando a inexistência de uma única característica estrutural determinante da atividade elicitora (KUHN, 2007).

A indução de tolerância relaciona a ativação de mecanismos de defesa latentes presentes nas plantas, como resposta ao tratamento aos elicitores. A ativação de tais mecanismos pode se dar mediante a elicitação por compostos existentes em extratos de

plantas, preparados de leveduras, exopolissacarídeos bacterianos, rizobactérias promotoras de crescimento, fungos promotores de crescimento e ainda raças não virulentas do patógeno, além do próprio patógeno inativado pelo calor. Pode-se ainda utilizar elicitores químicos ou físicos, como silício (Si), ácido salicílico (AS), ácido D-L-aminobutírico (BABA), quitosana, cloreto férrico, fosfato de potássio dibásico, acibenzolar-S-metil (ASM), ácido 2,6-dicloroisonicotínico (INA), fosfato de potássio monobásico, ácido jasmônico (AJ), metil jasmonato (MeJa), sacarina, ácidos graxos ou luz em comprimentos de onda específicos (KUHN, 2007). Assim, é possível inferir que a tolerância induzida se trata do aumento de tolerância a um fator, por meio de um agente externo sem qualquer alteração do genoma da planta, ocorrendo de modo não específico por meio da ativação de genes relacionados em inúmeras respostas de defesa, tais como explosões oxidativas, respostas de hipersensibilidade, acúmulo de proteínas-RP (por exemplo, peroxidases, quitinases e β -1,3-glucanases), síntese de inibidores de proteínases (IP), enzimas envolvidas na rota dos fenilpropanóides, como a fenilalanina amônia-liase (FAL), chalcona isomerase (CHI), chalcona sintase (CHS), cinamil álcool desidrogenase (CAD), polifenoloxidase (PFO) e enzimas envolvidas na peroxidação de lipídios, como a lipoxigenase (LOX), síntese de fitoalexinas, acúmulo de compostos fenólicos, aumentos na atividade de β -1,3-glucana sintase e conseqüente aumento na formação de calose, formação de papila, bem como o acúmulo de lignina (KUHN, 2007).

2.3 Efeito da salinidade no desenvolvimento de plântulas

A salinidade é um dos principais estresses abióticos que exercem influência negativa sobre a produtividade e qualidade das culturas. Por volta de 20% das terras agricultáveis irrigadas são afetadas pela salinidade (CHINNUSAMY; JAGENDORF, ZHU, 2005).

O desafio dos solos salinos ainda é crescente em razão da utilização de água de má qualidade para irrigação e drenagem deficiente. Em solos argilosos, o manejo inadequado da salinidade pode conduzir à sodicidade do solo, em que o sódio se liga à argila carregada negativamente, causando a dispersão do solo, o tornando menos apto para o crescimento da cultura (CHINNUSAMY; JAGENDORF, ZHU, 2005).

Segundo o laboratório de salinidade do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA, solo salino pode ser definido por uma condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (ECe) de 4 dS m^{-1} ($4 \text{ dS m}^{-1} \approx 40 \text{ mM NaCl}$) ou mais. A maioria das culturas são altamente suscetíveis à salinidade do solo, mesmo quando tal condutividade é igual a 4 dS m^{-1} (CHINNUSAMY; JAGENDORF, ZHU, 2005).

Assim, a salinidade pode ser conceituada como uma circunstância de excesso de sais solúveis no solo ou no próprio ambiente radicular em que as plantas se desenvolvem (SCHAFRANSKI; MORAIS; CARVALHO, 2019).

Os principais íons que se relacionam à salinidade são os cátions Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e os ânions Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} e NO_3^- , que formam sais como cloretos, sulfatos, nitratos, carbonatos e bicarbonatos. Os sais mais prejudiciais às plantas são os cloretos e os sulfatos de sódio e de magnésio, em razão de sua maior solubilidade (KAISER et al., 2016).

A toxidez da salinidade ocorre em sua maioria pelos íons Na^+ e Cl^- , geralmente predominantes em ambientes salinos. Seus efeitos tóxicos relacionam aos distúrbios acerca do balanço iônico (K^+ e Ca^+ em relação ao Na^+) e ao desbalanço na absorção de nutrientes essenciais, tal como à atuação específica desses íons sobre o desempenho de enzimas e membranas. Deste modo, o entendimento de como se dá a compartimentalização desses íons nas plantas em desenvolvimento pode elucidar o processo de aclimação das plantas ao estresse salino e propiciar a avaliação de seu nível de susceptibilidade. A tolerância ao estresse salino é distinta entre espécies e em um mesmo genótipo pode variar entre estádios fenológicos, ademais, nem todas as partes da planta são igualmente prejudicadas pela salinidade (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2017).

Em sementes, o excesso de sais gera limitação da absorção de água em razão da diminuição do potencial osmótico do substrato, desacelerando a embebição das sementes ou o alongamento da raiz, além de causar toxicidade nos tecidos em razão do acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- . A toxicidade iônica também pode gerar o atraso na emergência das plântulas e da mobilização de reservas, ou ainda reduzir a viabilidade das sementes, por acometer processos fisiológicos e metabólicos dos tecidos embrionários (COSTA, 2019).

A germinação é um dos processos fisiológicos mais afetados pela salinidade, principalmente em culturas mais sensíveis. Na germinação, o efeito tóxico da salinidade ocorre pela interferência dos sais no potencial hídrico do solo, diminuindo o gradiente de potencial entre o solo e a superfície da semente, limitando a absorção de água e o percentual de germinação (MAIA JUNIOR et al., 2020).

Bernardes e colaboradores (2015), citados por Deuner (2017), pesquisando a cultura do repolho evidenciaram que o estresse salino influencia negativamente a manifestação do potencial fisiológico pela germinação, vigor das sementes e redução no desenvolvimento das plântulas, tanto da parte aérea quanto da raiz. Em melão, altas concentrações de cloreto de sódio geraram diminuição da velocidade de emergência e crescimento das plântulas. Em melão, concentrações elevadas de cloreto de sódio provocaram redução da velocidade de

emergência e do crescimento das plântulas (SOARES et al., 2010). Avaliando a produção de alface em hidroponia com água salina, Paulus et al. (2010), também constataram resposta linear e decrescente na redução da massa fresca. Ademais, a salinidade pode influenciar negativamente a divisão celular, inibindo o índice mitótico e gerando aberrações cromossômicas. A concentração salina que gera o retardamento e diminuição do número de sementes germinadas é dependente da tolerância de cada espécie. Segundo Costa (2019) geralmente a porcentagem e velocidade de germinação das sementes são inversamente proporcionais ao incremento da salinidade, distinguindo apenas o limite máximo de tolerância de cada espécie

2.4 Efeito da temperatura no desenvolvimento de plântulas

Entre as diversas condições que influenciam o desempenho fisiológico de sementes, a temperatura se trata de um dos principais, podendo acometer negativamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas no campo (GEHLING, 2015).

Nessa perspectiva, existem temperaturas ideais para a germinação, sendo que a máxima e a mínima prejudicam a recuperação do crescimento. Isto pois a temperatura influencia a dinâmica de absorção de água, regula os processos bioquímicos e fisiológicos que se relacionam à germinação, afetando a velocidade de protusão da radícula. (RAMOS; VARELA; MELO, 2006).

A máxima germinação das sementes se dá dentro de um limite de temperatura, existindo uma faixa ideal para cada espécie. A temperatura ótima propicia a máxima porcentagem de germinação, num menor período de tempo, ao passo que sob temperaturas elevadas ou reduzidas as sementes contam com menores taxas de germinação, podendo gerar até mesmo a morte do embrião (GEHLING, 2015).

Os sinais primordiais de danos por temperatura surgem na germinação das sementes e emergência das plântulas. Altas temperaturas reduzem a mobilização das reservas, limitando os nutrientes para o embrião, acometendo a capacidade de germinação e prejudicando o estabelecimento das plântulas. Já baixas temperaturas tornam o processo germinativo mais lento, gerando desuniformidade no estande de plântulas (BOVOLINI et al., 2015).

A faixa de 20 a 30°C é considerada ideal para a germinação de grande parte das espécies tropicais e subtropicais (OLIVEIRA; BARBOSA, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS), do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras – MG. Foram utilizadas sementes de algodão (*Gossypium hirsutum*) produzidas na safra 2020/2021, fornecidas pela Cooperativa de Produtores Rurais de Catuti, localizada na cidade de Catuti, região norte do estado de Minas Gerais.

O teor de água das sementes foi determinado conforme metodologia descrita pela RAS - Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), pelo método de estufa a 105°C.

As sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em soluções aeradas de ácido indol acético (100 µM), peróxido de hidrogênio (100 µM), quitosana (0,75 mM), melatonina (0,2mM), nitroprussiato de sódio - solução doadora de ON (100µM) e condicionamento em água, ou hidrocondicionamento, a temperatura de 20°C, por período de 24hrs (MENEZES, 1996).

Após o condicionamento, as sementes foram lavadas em água corrente e secadas, em estufa com circulação forçada de ar regulada a 25 °C, por 24hrs. Ressalta-se que as sementes sem condicionamento (tempo 0) também foram colocadas na estufa, a fim de uniformizar o teor de água entre as sementes de todos os tratamentos. Após esse procedimento o teor de água das sementes submetidas aos diferentes tratamentos foi determinado.

As sementes condicionadas e não condicionadas (controle), foram submetidas a condição de estresse salino via solução de NaCl, 10 dS m⁻¹ (LOPES e SILVA, 2010) e a condição de estresse por temperatura via exposição à 38°C (HODGES et al, 1993).

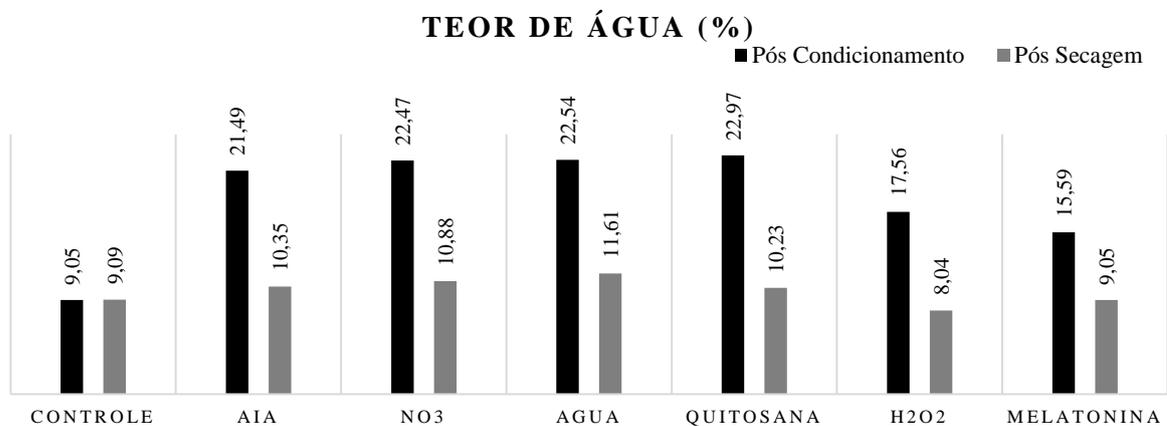
No teste de germinação foram utilizadas oito repetições de 25 sementes. Para o estresse salino, a semeadura foi realizada sobre duas folhas de papel germitest e sobrepostas com mais uma folha, as quais foram umedecidas com volume de solução de NaCl, equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. Permaneceram em germinador tipo Mangelsdorf regulado a temperatura de 25°C, com luz constante. Para o estresse térmico, a semeadura foi realizada sobre duas folhas de papel germitest e sobrepostas com mais uma folha, as quais foram umedecidas, com água destilada, com volume equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel. Permaneceram em BOD regulada a temperatura de 38°C, com sistema de luz 12/12h. A primeira contagem da germinação foi realizada aos 4 dias e a avaliação final ao sétimo dia após a semeadura.

Para as análises das sementes de algodão foram utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições, em esquema fatorial 6x3, sendo seis soluções condicionantes e três condições de germinação. As médias foram submetidas a análise de variância e, quando significativas, foi aplicado teste de Scott-Knott para comparação das médias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a figura abaixo (Figura 1), nota-se que após o condicionamento, o teor de água foi superior nas sementes de algodão tratadas com Quitosana (22,97%), água (22,54%), NO_3 (22,47%) e AIA (21,49%), seguidos por H_2O_2 (17,56%), melatonina (15,59%) e controle (9,05%). Já após a secagem, as sementes com maior teor de água foram as tratadas com água (11,61%), NO_3 (10,88%), AIA (10,35%) e quitosana (10,23%), seguidas por controle (9,09%), melatonina (9,05%) e, por fim, H_2O_2 (8,04%).

Figura 1 - Teor de água em sementes de algodão após o condicionamento fisiológico em diferentes condicionantes e após o processo de secagem.



Fonte: Do autor (2021).

Posteriormente ao condicionamento, as sementes alcançam teores de água relativamente elevados que não permitem a manutenção do potencial fisiológico no decorrer do armazenamento. Assim, a secagem deve ser realizada de modo a não se perder os benefícios do condicionamento, além de minimizar os riscos de danos mecânicos causados pelos implementos de semeadura (ARAÚJO et al., 2011).

Após a secagem, o teor de água manteve-se inferior a 12%, teor recomendado por

Peske et al. (2012) para melhor conservação das sementes. Como explica Flach (2015), o teor de água é um dos principais fatores para se evitar a deterioração da semente no decorrer do período de armazenamento. Conservando a temperatura e o teor de água em baixos níveis, a respiração e o ataque de microorganismos serão reduzidos.

De acordo com a Tabela 1, na primeira contagem de germinação, na condição sem estresse, os condicionantes H₂O₂, água, NO₃ e Quitosana apresentaram uma maior porcentagem de plântulas normais, superando os condicionantes AIA, Melatonina e o controle. Já na condição com NaCl, o condicionante H₂O₂ apresentou uma maior porcentagem de plântulas normais, superando os demais condicionantes e o controle. Já na condição de estresse térmico, os condicionantes H₂O₂, água, Melatonina e Quitosana apresentaram uma maior porcentagem de plântulas normais do que os condicionantes AIA, NO₃ e o controle. Já dentro de cada condicionante, não houveram diferenças nas condições sem estresse, NaCl e Temperatura para o controle, H₂O₂, água, Melatonina e Quitosana. Já para os condicionantes AIA e NO₃, na condição sem estresse houve uma maior porcentagem de plântulas normais.

Tabela 1 - Porcentagem de plântulas normais na primeira contagem de germinação em sementes de algodão, em condições sem estresse, em estresse por salinidade (NaCl) e por temperatura, por diferentes condicionantes.

	Primeira contagem da germinação		
	Sem estresse	NaCl	Temperatura
Controle	68 Ab	68 Ab	68 Ab
AIA	75 Ab	62 Bb	59 Bb
H ₂ O ₂	85 Aa	82 Aa	78 Aa
Água	82 Aa	69 Ab	77 Aa
Melatonina	71 Ab	64 Ab	78 Aa
NO ₃	83 Aa	67 Bb	69 Bb
Quitosana	87 Aa	73 Ab	78 Aa
CV (%)		16,16	

Medias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

Segundo Nakagawa (1999), uma maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem indica um maior vigor das sementes, por apresentarem uma maior velocidade de germinação. Uma melhor qualidade fisiológica das sementes que passaram pelo condicionamento osmótico relaciona-se ao fato de que, durante o processo, há a reparação da organização estrutural da membrana plasmática durante a embebição (BARROS, 2017).

De acordo com a Tabela 2, nas condições sem estresse e NaCl não houve diferenças entre a porcentagem de germinação das sementes de algodão submetidas aos condicionantes e controle, o que pode ser atribuído à sua qualidade fisiológica inicial, alto e médio vigor, respectivamente. Já na condição com estresse térmico, as sementes condicionadas com H₂O₂, água, Melatonina e Quitosana apresentaram maior porcentagem de germinação, superando as sementes tratadas com NO₃, AIA e controle.

Para cada condicionante, não houve diferenças nas porcentagens de germinação nas condições sem estresse, NaCl e Temperatura para as sementes tratadas com H₂O₂, água, melatonina, quitosana e NO₃. Para as sementes tratadas com AIA e as sementes que não foram condicionadas (controle), a condição com estresse térmico proporcionou uma menor porcentagem de germinação.

Tabela 2 - Porcentagem de plântulas normais no teste de germinação em sementes de algodão, em condições sem estresse, em estresse por salinidade (NaCl) e por temperatura, por diferentes condicionantes.

	Germinação (%)		
	Sem estresse	NaCl	Temperatura
Controle	79 Aa	80 Aa	69 Bb
AIA	83 Aa	76 Aa	60 Bb
H ₂ O ₂	87 Aa	85 Aa	81 Aa
Água	86 Aa	74 Aa	78 Aa
Melatonina	79 Aa	74 Aa	79 Aa
NO ₃	86 Aa	76 Aa	70 Ab
Quitosana	89 Aa	81 Aa	79 Aa
CV (%)		12,64	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2021).

O condicionamento fisiológico de sementes é uma metodologia indicada, especialmente, visando uma rápida e uniforme germinação das sementes em condições ambientais adversas. (FANAN; NOVEMBRE, 2007).

De acordo com Oliveira et al. (2010), o condicionamento fisiológico possibilita o desdobramento das reservas e a síntese de metabólitos indispensáveis à germinação, proporcionando uma germinação das sementes mais rápida, reduzindo seu período de exposição às condições desfavoráveis, como ataque de patógenos e estresses abióticos, entre outras. O êxito do condicionamento fisiológico é dependente de diversos fatores, como a

temperatura, a concentração da solução ou potencial osmótico, o período de duração do tratamento, o método e o período de secagem após o processo (OLIVEIRA et al., 2010).

5 CONCLUSÃO

O condicionante H₂O₂ impossibilitou a perda de vigor das sementes nas condições testadas, tanto na primeira contagem de germinação quanto no teste de germinação, além de associar teor de água pós secagem adequado ao armazenamento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. M. V.; OLIVEIRA, L. M. M. Estresse salino associado à temperatura de 30°C interfere no crescimento e na distribuição de íons Na⁺ e K⁺ em plântulas de *Vigna unguiculata* (L.) WALP. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, II., 2017, Recife, PE. **Anais do evento** [...]. [S. l.: s. n.], 2018. p. 1-13. Disponível em: <https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/ESTRESSE-SALINO-ASSOCIADO-%C3%80-TEMPERATURA-DE-30%C2%B0C-INTERFERE-NO-CRESCIMENTO-E-NA-DISTRIBUI%C3%87%C3%83O-DE-%C3%8DONS-Na-E-K-EM-PL%C3%82NTULAS-de-Vigna-unguiculata-L.-WALP.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2021.

ARAÚJO, P. C. *et al.* Condicionamento fisiológico e vigor de sementes de maxixe. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/7Y9z6sFNz3fQrsmbMGkpbqS/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BARROS, T. T. V. **OSMOCONDICIONAMENTO E TOLERÂNCIA AO ESTRESSE TÉRMICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE GIRASSOL**. 2017. 55 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/18696/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2021.

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

BOVOLINI, M. P. *et al.* Influência de temperatura e substrato na germinação e no vigor de sementes de *Jacaranda micrantha* Cham. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, RS, v. 14, n. 3, p. 203-209, 2015.

CHINNUSAMY, W.; JAGENDORF, A.; ZHU, J. K. Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants. **Crop Science**, v. 4, n. 2, p. 437-448, mar/abr 2005. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci2005.0437>. Acesso em: 8 abr. 2021.

COÊLHO, J. D. PRODUÇÃO DE ALGODÃO. **Caderno Setorial ETENE**, ano 4, n. 99, p. 1-11, out 2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/209/1/2019_CDS_99.pdf. Acesso em: 5 abr. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 8 – Safra 2020/21, n. 4 - Quart levantamento, Brasília, jan 2021, 85 p.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 8 – Safra 2020/21, n. 1 - Primeiro levantamento, Brasília, outubro 2020, 77 p.

COSTA, A. A. **Osmoproteção na germinação da chia (*Salvia hispanica* L.) com atenuadores dos estresses hídrico e salino**. 2019. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, MOSSORÓ, RN, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4466/1/AnaAC DISSERT.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2021.

CUSTODIO, C. C. *et al.* Tolerância cruzada induzida por choque térmico na germinação de semente de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 131-143, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222009000100015&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 12 abr. 2021.

DEUNER, C. **Extrato aquoso de folhas de alfaca roxa: indução de tolerância ao estresse salino em alfaca**. 2017. 84 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2017. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/4057/1/TESE%20Cris%20Deuner.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2021.

FANAN, S.; NOVENBRE, A. D. L. C. Condicionamento fisiológico de sementes de berinjela. **Bragantia**, v. 66, n. 4, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/GNpbjFPMQrGp4HcpPK3GWLw/?lang=pt>. Acesso em: 14 jul. 2021.

FLACH, L. **Qualidade Fisiológica de Sementes de Algodão Tratadas Quimicamente e Armazenadas em Condição Ambiente**. 2015. 31 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2015. Disponível

em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/3292/1/dissertacao_leonir_flach.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

GEHLING, V. M. **Desempenho fisiológico de sementes e plântulas de pimenta e de tomateiro sob diferentes temperaturas**. 2015. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2015. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/3278/1/dissertacao_vania_marques_gehling.pdf. Acesso em: 9 abr. 2021.

HODGES, H.F.; REDDY, K.R.; MCKINION, J.M.; REDDY, V.R. **Temperature effects on cotton**. Memphis: Mississippi State University, 1993. (Bull. 990, Mississippi Agric. Exp. Sta.)

KAISER, I. S. *et al.* Efeito de liberadores de óxido nítrico na qualidade fisiológica de sementes de repolho sob salinidade. **Rev. Ceres**, v. 63, n. 1, p. 39-45, fev 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2016000100039&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 12 abr. 2021.

KUHN, O. J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção**. 2007. 138 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de concentração: Fitopatologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11135/tde-05042007-140014/publico/OdairKuhn.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2021.

LOPES, K. P., y SILVA. M. Salinidade na germinação de sementes de algodão colorido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 274–279, 2010.

MAIA JÚNIOR, S. O. M. *et al.* Indução de tolerância ao estresse salino em sementes de tomateiro condicionadas com ácido salicílico. **Applied Research & Agrotechnology**, v.13: e6402, 2020.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.1-24.

OLIVEIRA, A. K. M.; BARBOSA, L. A. Efeitos da temperatura na germinação de sementes e na formação de plântulas de *Cedrela fissilis*. **FLORESTA**, v. 44, n. 3, p. 441-450, jan. 2014. ISSN 1982-4688. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/33260/23191>. Acesso em: 12 abr. 2021.

OLIVEIRA, A. B. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico e secagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v. 5, n. 3, p. 358-363, jul/set 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119016971013.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2021.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.29-35, 2010.

PESKE, S.T *et al.* **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3.ed. rev. ampl. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2012.

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P.; MELO, M. F. F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* HUBER EX DUCKE – Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 163-168, 2008. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/20810/1/artigo-inpa.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2021.

SCHAFRANSKI, B. P; MORAIS, G. I.; CARVALHO, T. C. de; Efeito do estresse salino em sementes de feijão dos grupos comerciais carioca e preto. **Applied Research & Agrotechnology**, v.12, n.3, p.17-30, set/dez 2019.

SENARATNA, T. *et al.* Benzoic acid may act as the functional group in salicylic acid and derivatives in the induction of multiple stress tolerance in plants. **Plant Growth Regulation**, v.39, p. 77–81, 2003.

SEVERINO, L. S. *et al.* **Produto: ALGODÃO - Parte 01: Caracterização e Desafios Tecnológicos: SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT3)**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, mai 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1109655/1/SerieDesafiosAgronegociobrasileiroNT3Algodao.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2021.

SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; MELO, R.F.; JORGE, C.A.; BONFIMSILVA, E.M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, n.3, p.235-248, 2007.