



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

VINÍCIUS COSTA ARAÚJO

**CICLOS DESCONTÍNUOS DE HIDRATAÇÃO AUMENTAM A TOLERÂNCIA AO
DÉFICIT HÍDRICO EM SEMENTES DE ALGODÃO ‘BRS TOPÁZIO’**

AREIA

2023

VINÍCIUS COSTA ARAÚJO

CICLOS DESCONTÍNUOS DE HIDRATAÇÃO AUMENTAM A TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO EM SEMENTES DE ALGODÃO ‘BRS TOPÁZIO’

Trabalho de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Riselane de Lucena Alcântara Bruno.

Coorientador: MSc. Francisco Eudes da Silva

AREIA

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A663c Araújo, Vinicius Costa.

Ciclos descontínuos de hidratação aumentam a tolerância ao déficit hídrico em sementes de algodão ?BRS Topázio? / Vinicius Costa Araújo. - Areia, 2023.

30 f. : il.

Orientação: Riselane de Lucena Alcantara Bruno.

Coorientação: Francisco Eudes da Silva.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Ecofisiologia da germinação. 3. *Gossypium hirsutum* L. 4. Pré-hidratação. 5. Armazenamento. I. Bruno, Riselane de Lucena Alcantara. II. Silva, Francisco Eudes. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635 (02)

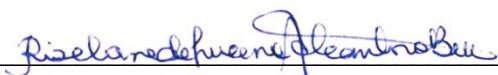
VINÍCIUS COSTA ARAÚJO

CICLOS DESCONTÍNUOS DE HIDRATAÇÃO AUMENTAM A TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO EM SEMENTES DE ALGODÃO ‘BRS TOPÁZIO’

Trabalho de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 09/11/2023.

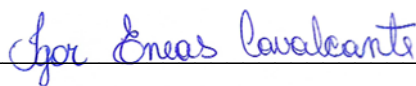
BANCA EXAMINADORA



Profª. Drª. Riselane de Lucena Alcântara Bruno
Orientadora – CCA/UFPB



MSc. Francisco Eudes da Silva
Coorientador – CCA/UFPB



MSc. Igor Eneas Cavalcante
Examinador – PPGAgro/UFPB



MSc. Robevania da Silva Alves Almeida
Examinadora – PPGAgro/UFPB

A Deus por tudo que me foi concedido, aos meus pais por terem sempre me apoiado e a minha avó Maria Evaristo de Araújo (*in memoriam*).

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por tudo que me foi proporcionado durante essa jornada, sem sua benção nada disso seria possível, foi e sempre será meu porto seguro.

A minha mãe Suzana Maria da Costa Araújo e ao meu Pai Gilberto de Araújo, por ter me apoiado e incentivado desde o princípio, me dado força nessa jornada, muito obrigado pelos seus ensinamentos, amo vocês.

As minhas irmãs que estão sempre presentes me apoiando, e aos meus avós Getúlio Batista de Araújo e Maria Evaristo de Araújo (*in memoriam*) pelos conselhos que me foram concebidos.

A Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias (UFPB/CCA), por possibilitar meu ingresso no curso de bacharelado em agronomia, e me fornecer ensino gratuito de qualidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de pesquisa, e por oportunizar espaço de conhecimento técnico-científico.

A Professora Riselane de Lucena Alcântara Bruno, por aceitar a orientação deste trabalho de conclusão, e possibilitar, ao longo do curso, minha integração nos espaços de ensino, pesquisa e extensão.

Ao meu coorientador Francisco Eudes da Silva, que me ajudou muito nessa jornada, orientando nas atividades e na vida, agradeço pelos ensinamentos.

A disponibilidade, atenção e prontidão do MSc. Igor Eneas Cavalcante e da MSc. Robevânia da Silva Alves Almeida, por aceitar fazer parte da banca avaliadora deste estudo.

Agradeço a todos os professores do Centro de Ciências Agrárias que me ajudaram nessa jornada, em especial ao professor Leossávio, por ter me acolhido no estágio de Grandes Culturas.

A minha namorada Bruna Paloma Pereira Lima que sempre esteve ao meu lado apoiando, incentivando e sendo meu aconchego.

Aos colegas do Laboratório de Sementes que me ajudaram desde o início, em especial ao Joel Gregório, Karialane Belarmino, Luís Gustavo, Dayane Gomes, Daniela Rosario, Lucy Gleice, Luana Barbosa, Maria Eduarda e Jackson Nobrega.

Aos meus amigos de curso André Oliveira, Franklin Correia, José Erivan, José Rayan, Felipe dos Santos, Ítalo Luís, Diogo Vieira, Lucas Firmino, Eryadison Bonifácio, Bruna Thalia, Wellington, Bruno Guirra e Sillas Souza.

Também agradeço a todas as pessoas que me ajudaram diretamente e indiretamente durante toda essa jornada.

A todos vocês meu muito obrigado!

RESUMO

Os efeitos deletérios ocasionados pelo déficit hídrico, podem afetar a germinação e reduzir o rendimento final do algodoeiro, o que pode ser contornado pela realização de ciclos descontínuos de hidratação, os quais estimulam tolerância osmótica e podem melhorar a resposta das sementes de algodão a esse tipo de estresse. Avaliar a germinação e crescimento inicial de plântulas de algodão colorido, cultivar ‘*BRS Topázio*’, sob ciclos de hidratação descontínuos em sementes após oito anos de armazenamento. Para isso, sementes da “*BRS topázio*” foram submetidas a 0 (sem hidratação), 1, 2 e 3 ciclos de hidratação (10 h) e desidratação (18 h), com posterior germinação sob estresse hídrico simulado para os potenciais osmóticos 0,0 (água destilada); -0,3; -0,6 e -0,9 MPa. As variáveis avaliadas foram: Germinação (%); Índice de Velocidade de Germinação (IVG); Tempo Médio de Germinação (TMG); Massa Seca Parte Aérea (MSPA) Massa Seca da Raiz (MSR) e Massa Seca Total (MST) de plântulas e raiz (g planta⁻¹). A utilização de três ciclos de hidratações descontínuas foi mais favorável à germinação (21 e 40%) sob estresses hídricos severos (-0,9 e -0,6 MPa), respectivamente. Em sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, a aplicação de três ciclos de hidratação e desidratação por período de 10h e 18h respectivamente, aumenta a tolerância ao estresse hídrico simulado severo (-0,9 MPa) durante a germinação e o desenvolvimento de plântulas, quando comparado ao tratamento controle. A curva de hidratação descrita pelo modelo trifásico, surge nas fases I, II e III da germinação, por período de 13, 22 e 24h. Enquanto a curva de desidratação para retorno ao peso inicial tem duração de 22h.

Palavras-chave: ecofisiologia da germinação; *Gossypium hirsutum* L; pré-hidratação; armazenamento.

ABSTRACT

The harmful effects caused by water deficit can affect germination and reduce the final yield of the cotton plant, which can be overcome by carrying out discontinuous hydration cycles, which stimulate osmotic tolerance and can improve the response of cotton seedlings to this type of stress. To evaluate the germination and initial growth of colored cotton seedlings, cultivar 'BRS Topázio', under discontinuous hydration cycles in seeds after eight years of storage. For this, the seeds of "BRS topázio" were subjected to 0 (without hydration), 1, 2 and 3 cycles of hydration (10 h) and dehydration (18 h), with subsequent germination under simulated water stress for osmotic potentials 0, 0 (distilled water); -0.3; -0.6 and -0.9 MPa. The evaluations evaluated were: Germination (%); Germination Speed Index (IVG); Average Germination Time (AMR); Aerial Part Dry Mass (MSPA) Root Dry Mass (MSR) and Total Dry Mass (MST) of seedlings and roots (g plant⁻¹). The use of three discontinuous hydration cycles was more favorable to germination (21 and 40%) under severe water stress (-0.9 and -0.6 MPa), respectively. In colored cotton seeds, cultivar "BRS topázio", the application of three cycles of hydration and dehydration for a period of 10h and 18h respectively, increases tolerance to severe simulated water stress (-0.9 MPa) during germination and development of seedlings, when compared to the control treatment. The hydration curve described by the three-phase model appears in phases I, II and III of germination, for periods of 13, 22 and 24 hours. While the dehydration curve to return to initial weight lasts 22 hours.

key words: ecophysiology of germination; *Gossypium hirsutum* L; pre-hydration; storage.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. ANOVA referente as variáveis da qualidade fisiológica em sementes de algodão colorido, cultivar “ <i>BRS topázio</i> ”. Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Germinação (GERM), Tempo Médio de Germinação (TMG), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca da Raiz (MSR) e Massa Seca Total (MST) de plântulas. Areia - Paraíba, 2023.....	19
---	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Curva de hidratação (A) e desidratação (B) em sementes armazenadas de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”. Ponto branco = período de hidratação e desidratação aplicado. RE = início da protrusão radicular.....17
- Figura 2.** Germinação de sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, com 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação descontínuos, submetidas ao estresse hídrico simulado. Areia - Paraíba, 2023.....20
- Figura 3.** ((A) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e (B) Tempo Médio de Germinação (TMG) em sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, tratadas com 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratações descontínuos e submetidas a estresse hídrico simulado. Areia - Paraíba, 2023.....21
- Figura 4.** (A) Massa Seca da Parte aérea (MSPA), (B) Massa Seca da Raiz (MSR) e (C) Massa Seca Total (MST) em plântulas de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”. tratadas com 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratações descontínuas e submetidas a estresse hídrico simulado. Areia - Paraíba, 2023.....23

LISTA DE ABREVIACÕES

(GERM)	Germinação
(HD)	Hidratação Descontínua
(IVG)	ndice De Velocidade De Germinação
(PB)	Paraíba
(PEG)	Polietilenoglicol
(MSPA)	Massa Seca Da Parte Aérea
(MSR)	Massa Seca Da Raiz
(MST)	Massa Seca Total
(RE)	Incio da protrusão radicular
(TMG)	Tempo Médio de Germinação
(UFPB)	Universidade Federal da Paraíba

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL:	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1	ASPECTOS GERAIS DO <i>Gossypium hirsutum</i> L	13
3.2	QUALIDADE DE SEMENTES E FATORES QUE PODEM AFETAR A VIABILIDADE DAS SEMENTES ARMAZENADAS	14
3.3	CICLOS DE HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA, CONCEITOS E EFEITOS DA TÉCNICA EM SEMENTES	15
4	MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1	LOCALIZAÇÃO E OBTENÇÃO DAS SEMENTES	16
4.2	DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE E DA CURVA DE HIDRATAÇÃO E DESIDRATAÇÃO	16
4.3	IMPLANTAÇÃO DO TESTE DE GERMINAÇÃO E VARIÁVEIS ANALISADAS ...	18
4.4	ANÁLISE DOS DADOS	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

Responsável pelo fornecimento de 35% do total de fibra do mundo (MAHMOOD et al., 2021), o *Gossypium hirsutum* L. caracteriza-se como a fibra natural mais utilizada na indústria têxtil (BAYDAR et al., 2015), cultivada principalmente na China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil (BARROS et al., 2020).

Em todos os estágios de desenvolvimento, crescimento e reprodução, o estresse térmico e a seca são os principais fatores que limitam a produtividade e levam a uma redução substancial no rendimento final do algodão (MAHMOOD et al., 2021). Frente a esta problemática, diferentes estratégias fisiológicas, morfológicas, bioquímicas e moleculares foram desenvolvidas em programas de melhoramento de plantas para superar o estresse hídrico (ABID et al., 2016).

Entre as estratégias desenvolvidas para esta finalidade, o melhoramento da qualidade de sementes é sem dúvida indispensável, esta, por sua vez, está diretamente ligada ao somatório de fatores genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários (AMARO et al., 2019), como também a fatores do ambiente e do tempo de armazenamento.

O efeito deletério das sementes ocorre em grande parte devido aos processos oxidativos (WALTERS et al., 2010), derivado da perda de proteínas (GOEL et al., 2003), RNA (FLEMING et al., 2019), DNA (EL-MAAROUF-BOUTEAU et al., 2011), entre outros. Durante a maturação na matriz, bem como no armazenamento pós-colheita, o comprometimento oxidativo de biomoléculas, como lipídios e ácidos nucleicos pode ocorrer nos estágios iniciais de germinação sob várias condições de estresse (FENG et al., 2017).

Com os avanços na fisiologia vegetal, inúmeras técnicas de revigoramento pós-armazenamento têm buscado desenvolver tratamentos de pré-hidratação, tornando as sementes mais capazes de resistir a condições abaixo do ideal, reduzindo, assim, as perdas decorrentes do processo de deterioração (ADETUNJI et al., 2021).

Técnicas de pré-hidratação de sementes como hidrocondicionamento, osmocondicionamento (WAQAS et al., 2019; SINGH et al., 2020), nanocondicionamento (MAHAKHAM et al., 2017) e a hidratação descontínua (NICOLAU et al., 2020), podem contribuir efetivamente para o revigoramento de sementes, como também propiciar melhores aspectos de tolerância ao estresse hídrico.

A ação descontínua de hidratação ocorre naturalmente em regiões áridas e semiáridas (PEREIRA et al., 2023). Esse processo pode acontecer em intervalos até que a hidratação seja suficiente para iniciar as atividades metabólicas das sementes e consequentemente dar

continuidade ao processo de germinação (LIMA et al., 2018), conferindo as espécies, tolerância aos estresses abióticos que ocorrem no campo.

Assim, ciclos descontínuos de hidratação em sementes armazenadas de *G. hirsutum* podem contribuir para mitigar o estresse hídrico durante a germinação e o desenvolvimento inicial da plântula, ao induzir tolerância para superar os recursos hídricos limitados, manter a produtividade e a qualidade da fibra, satisfazendo as necessidades crescentes de fibra em todo o mundo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Avaliar a germinação e crescimento inicial de plântulas de algodão colorido, cultivar ‘*BRS Topázio*’, sob ciclos de hidratação descontínuos em sementes após oito anos de armazenamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Determinar o padrão trifásico da germinação em sementes armazenadas de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”;

Estabelecer períodos de hidratação e desidratação, com base no padrão trifásico da germinação, das sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”;

Avaliar o potencial fisiológico de sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*” submetidas a diferentes potenciais osmóticos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS GERAIS DO *Gossypium hirsutum* L

O algodoeiro é uma dicotiledônea originária da região entre México e a América Central, pertencente à família Malvaceae e ao gênero *Gossypium*. Com raízes pivotantes que podem ultrapassar os 25 cm; possuem caule do tipo ereto, cilíndrico com o aumento do número de nós de acordo ao crescimento do caule; apresentam folhas cotiledonares; suas flores são hermafroditas e axilares; os seus frutos são capsulares e de deiscência longitudinal, podendo ter de três a cinco lóculos e produzir até dez sementes, sendo essas sementes revestidas por pelos, chamados de línter (OLIVEIRA, 2017).

Existem no mundo aproximadamente 52 espécies do gênero *Gossypium*, sendo uma delas nativa dos solos Brasileiros, a *Gossypium mustelinum* considerada uma planta selvagem. O Brasil teve um grande impacto na cotonicultura, tornando-se conhecida como o centro de dispersão de espécies, como a *Gossypium hirsutum* L., sendo esta encontrada em duas formas;

a primeira, comercial conhecida como algodoeiro herbáceo e a outra do tipo local conhecida como algodoeiro mocó, sendo classificado como *Gossypium hirsutum* L. R. marie galante Hutch (SILVA, 2019).

O algodão colorido tem praticamente a mesma idade do algodão branco, sendo nativo das Américas e utilizado pelo homem há aproximadamente 4.500 anos. No Brasil, o algodão colorido começou a ser desenvolvido nos anos 80 com estudos relacionados ao melhoramento genético, através de sementes coletadas de algodoeiro remanescentes dos antigos plantios do Nordeste, sendo a primeira cultivar de algodão colorido desenvolvido denominado BRS 200. Na década de 90 a Embrapa Algodão começou um programa de melhoramento genético produzindo outras cultivares de fibra colorida, como a “BRS Verde”, “BRS Rubi” e “BRS Topázio” (OLIVEIRA, 2017).

A cultivar “BRS Topázio” foi originada através de cruzamentos entre as cultivares Delta Opal e Suregrow 31 (ROCHA, 2015). Essa cultivar apresenta uma cor de fibra próxima a marrom-clara e possui vários atributos que se sobressai quando comparada a outras cultivares coloridas. Produz uma alta porcentagem de fibra, em torno de 43,5% e uma uniformidade em torno de 85,2%, além disso, apresenta uma boa resistência quando comparada até as cultivares de fibras brancas (SOUZA et al., 2017).

3.2 QUALIDADE DE SEMENTES E FATORES QUE PODEM AFETAR A VIABILIDADE DAS SEMENTES ARMAZENADAS

A qualidade de uma semente é um fator indispensável para o estabelecimento e sucesso de áreas plantadas, seja para fins comerciais ou para recuperação de áreas degradadas (ULLMANN et al., 2015). Diversos atributos como a pureza varietal e física, alto desempenho fisiológico e a ausência de patógenos, podem determinar a germinação, vigor e longevidade das sementes (ISTA, 2015; GARCIA-RODRIGUEZ ET AL., 2018).

Estes aspectos ligados a longevidade e viabilidade das sementes podem ser classificados de acordo com o nível de tolerância à dessecação, como ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias, e podem ainda sofrer interferências dos padrões de qualidade, com base em outros aspectos como o armazenamento em diferentes condições ambientais (WALTERS et al., 2013; MARCOS-FILHO, 2015).

Em geral, a desidratação e a diminuição da umidade relativa, associado a outros fatores para a conservação da qualidade das sementes, como a presença e ação de fitopatógenos e insetos, a disponibilidade de oxigênio, a forma de acondicionamento e o período de armazenamento, podem contribuir para a longevidade das sementes, ou em alguns casos a deterioração (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

É observado que a temperatura e a umidade relativa do ar são os principais fatores que afetam a qualidade fisiológica da semente no armazenamento, onde a temperatura está diretamente ligada a velocidade dos processos bioquímicos, enquanto a umidade relativa do ar afeta o teor de água da semente (GOLDFARB et al., 2013).

Portanto, as condições ideais para manutenção da qualidade das sementes ortodoxas como as de algodão, são baixas temperaturas e umidade relativa do ar, pois o embrião reduz a atividade metabólica (AMARO et al., 2019).

3.3 CICLOS DE HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA, CONCEITOS E EFEITOS DA TÉCNICA EM SEMENTES

Durante a retomada das atividades metabólicas, a embebição de água pelas sementes em condições favoráveis ocorre de acordo com o padrão trifásico, sendo a fase I, a de embebição, uma consequência das forças matriciais; já a fase II, uma fase estacionária e é consequência do balanço entre dois potenciais, o osmótico e o de pressão e, na fase III, ocorre o surgimento da raiz primária (RODRIGUES et al., 2009).

Com isso, as sementes quando submetidas ao déficit hídrico, principalmente no início da embebição, têm como consequência a absorção de água prejudicada, diminuindo ou até mesmo estabilizando as próximas atividades do processo germinativo; para que esse processo seja iniciado é necessário que um grau mínimo de umidade seja alcançado, variando pela composição química e permeabilidade do tegumento de cada espécie. Portanto, a disponibilidade hídrica é essencial para a ativação dos processos metabólicos das sementes, já que no momento em que ocorre a falta de água, seja por seca ou outro fator ocasiona danos, como a aceleração das reações degenerativas, a redução das integridades das membranas celulares, desnaturação das proteínas e a ocorrência de plântulas danificadas e anormais (OLIVEIRA, 2017).

Dessa forma, alguns estudos têm sido desenvolvidos a partir do uso de hidrocondicionamento, a fim de determinar técnicas que possibilitem a germinação de sementes, mesmo em condições de estresse hídrico, como a exemplo dos ciclos de hidratação descontínuos (COSTA et al., 2021).

Os ciclos de hidratação e desidratação possibilitam que as sementes apresentem uma maior resistência no decorrer da dessecação, formando assim uma memória hídrica. (SANTOS et al., 2021). A memória hídrica em sementes é a capacidade de embebição desta de forma descontínua, com isso, é possível preservar os processos bioquímicos originados a partir da hidratação prévia. As sementes após o primeiro contato com a água, iniciam o processo germinativo e quando ocorre a suspensão da disponibilidade hídrica, a mesma sofre

desidratação, porém, consegue manter os seus processos bioquímicos iniciados, isso permite a capacidade de superação em momentos não favoráveis, como por exemplo períodos de déficit hídrico, proporcionando assim maiores chances de sobrevivência (AZEVEDO, 2020).

Essa metodologia apresenta um baixo custo e proporciona mudas mais vigorosas, como também, tolerantes aos estresses ambientais, sendo uma atividade de grande importância para a recuperação de áreas degradadas a exemplo do semiárido nordestino. Portanto, a hidratação descontínua de sementes, antes da semeadura, em regiões secas pode ser a solução, já que, além de possibilitar a germinação, também, pode apoiar no desenvolvimento das plântulas (HORA et al., 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E OBTENÇÃO DAS SEMENTES

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no município de Areia/PB, Brasil ($6^{\circ} 57' 46''$ S e $35^{\circ} 41' 31''$ O e 623 m de altitude). As sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS Topázio*”, foram provenientes do banco ativo de germoplasma de algodão da Embrapa Algodão, localizada no município de Campina Grande, Paraíba/Brasil.

Após a aquisição, as sementes foram postas em sacos de papel kraft e armazenadas em refrigerador controlado à temperatura de 10°C e 35% de umidade relativa do ar por oito anos.

4.2 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE E DA CURVA DE HIDRATAÇÃO E DESIDRATAÇÃO

Inicialmente, o grau de umidades das sementes foi quantificado pelo método de estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 h, utilizando-se duas repetições de $4,5 \pm 0,5$ g. O teor de água foi calculado com base na massa úmida e expresso em porcentagem (BRASIL, 2009)

A curva de hidratação e desidratação foi obtida com quatro repetições de 50 sementes. Estas foram pesadas em balança analítica digital (0,001 g) antes da embebição e após cada intervalo de tempo pré-determinado até a emissão da raiz primária.

A embebição foi realizada em papel toalha (Germitest[®]) umedecido com água destilada no volume de 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidas em câmaras de germinação a 25°C com fotoperíodo de 12 h (BRASIL, 2009). Após o acondicionamento, o peso das sementes foi mensurado, a cada 60 min, em balança analítica de precisão (0,001 g) até trinta horas de hidratação, quando foi observada a protrusão radicular primária em 50% das sementes de cada repetição.

A curva de desidratação foi obtida por meio da perda de umidade das sementes hidratadas, que foram colocadas para secar em dessecadores forrados com dupla camada de papel toalha e mantidos em ambiente de laboratório (25 ± 3 °C), cujas pesagens foram realizadas a cada 60 min até que alcançassem o peso inicial (Figura 1)

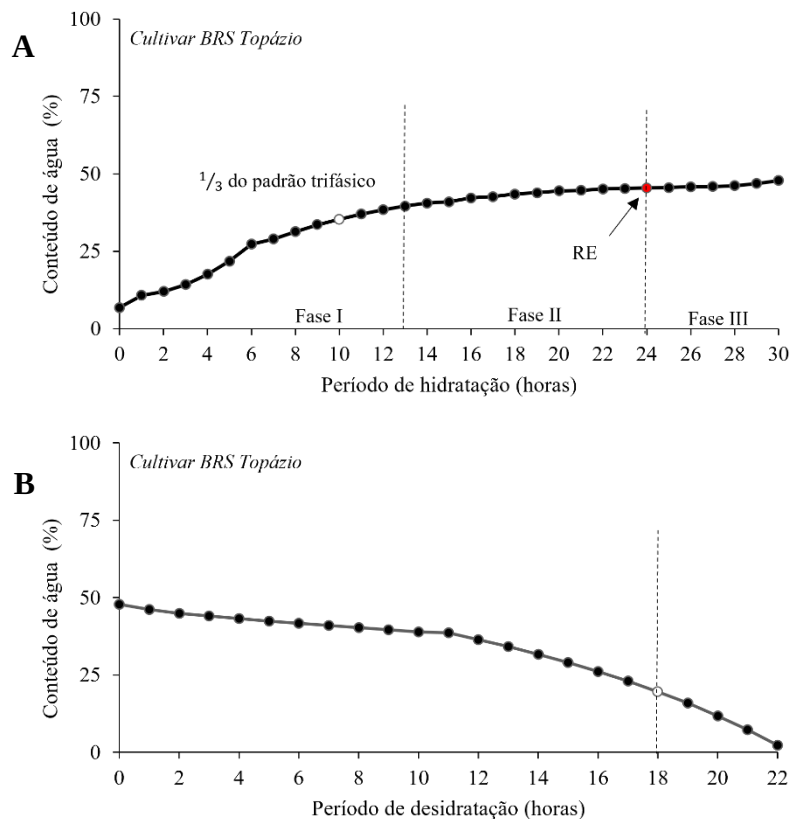


Figura 1. Curva de hidratação (A) e desidratação (B) em sementes armazenadas de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”. Ponto branco = período de hidratação e desidratação aplicado. RE = início da protrusão radicular.

Após a obtenção das curvas de hidratação e desidratação, efetuou-se os ciclos de 0, 1, 2 e 3 de Hidratação Descontínua (HD), adotando-se o período em que as sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, pré-hidratassem os tecidos, mas não houvesse a emissão das radículas ($1/3$ do padrão trifásico) (10 h de hidratação e 18 h desidratação).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), seguindo arranjo fatorial (4 x 4) com quatro repetições de 50 sementes, com quatro combinações de estresse hídrico simulado com solução de polietilenoglicol (PEG 6000) nos potenciais osmóticos de 0,0 (água destilada); -0,3; -0,6 e -0,9 MPa (VILLELA et al., 1991) com três ciclos de hidratação descontínuos e o controle.

4.3 IMPLANTAÇÃO DO TESTE DE GERMINAÇÃO E VARIÁVEIS ANALISADAS

Os rolos de papel, correspondentes a cada tratamento, foram acondicionados em germinadores a 25°C, sendo as plântulas avaliadas por meio dos seguintes testes: Germinação - por meio do percentual de plântulas normais formadas até o décimo segundo dia (BRASIL et al., 2009); Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) - contabilização diária do número de sementes germinadas após a implantação do teste de germinação, e calculado conforme fórmulas propostas por Maguire (1962) e Labouriau (1983), respectivamente.

A determinação da Massa Seca da Parte Aérea, Raiz e Total (MRPA, MSR e MST) foi realizada com todas as plântulas normais, sendo estas colocadas em sacos de papel kraft e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72h. Posteriormente, foram pesadas em balança de precisão para obtenção da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e massa seca total (MST), e os dados foram expressos em g plântulas⁻¹.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos a ANOVA, pelo teste F a 5% de probabilidade, e quando significativo realizou-se a regressão, adotando-se as equações com maiores coeficientes de determinação. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, armazenadas por oito anos, apresentaram teor de água de 7.2%. Este valor associado ao armazenamento e as condições de temperatura e umidade relativa do ar do ambiente, contribuiu efetivamente para a conservação e preservação dos atributos de qualidade das sementes.

Visto que o armazenamento adequado de sementes com teor de água entre 4-8% (ELLIS et al., 1990) e em condições adequadas de armazenamento (BAKHTAVAR et al., 2019), podem contribuir para a modulação das atividades respiratórias, enzimáticas, e com isso garantir a longevidade por maiores períodos (OLIVEIRA et al., 2020).

A curva de hidratação foi descrita pelo modelo trifásico, com aparecimento das primeiras sementes germinadas às 24h e mais de 50% de germinação às 30h após a semeadura (Fig. 1A). As fases I, II e III da germinação corresponderam a 13h, 22h e 24h (Fig. 1A). A curva de desidratação para retorno ao peso inicial durou em média 22h (Fig. 1B).

A variação nos períodos de hidratação e desidratação de sementes pode estar associada à constituição bioquímica de cada espécie, bem como a genômica funcional (NICOLAU et al., 2020; WANG et al., 2022). Estes componentes por sua vez, podem sofrer alterações de maneira natural no ambiente, ou por pressão indutiva gerada por técnicas de melhoramento.

Frente a isto, a utilização descontínua da hidratação em sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*” demonstrou interações significativas com os tratamentos pré-germinativos (Tabela 1) em todas as variáveis: IVG ($p = 0,0000$), germinação ($p = 0,0000$), TMG ($p = 0,0000$), MSPA ($p = 0,0000$), MSR ($p = 0,0000$), e MST ($p = 0,0000$).

Tabela 1. ANOVA referente as variáveis da qualidade fisiológica em sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”. Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Germinação (GERM), Tempo Médio de Germinação (TMG), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca da Raiz (MSR) e Massa Seca Total (MST) de plântulas. Areia - Paraíba, 2023.

Fonte de Variação	G.L.	IVG	GERM	TMG	MSPA	MSR	MST
Ciclo de hidratação (Ciclos)	3	248,57*	26,59*	108,50*	29,65*	38,16*	32,60*
Potencial osmótico (Posm)	3	107,42*	501,10*	103,62*	250,41*	232,95*	259,43*
Ciclos x Posm	9	11,75*	5,77*	16,82*	13,0*	7,08*	11,98*
Resíduo	48	2,43	43,5	0,17	0,008	0,0003	0,012

*Significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A influência da aplicação dos ciclos de hidratação e desidratação (1, 2 e 3), nas variáveis de qualidade fisiológica, foi mais acentuada em condições osmóticas mais severas. A medida em que o potencial osmótico foi reduzido, houve uma diminuição do percentual germinativo em todos os tratamentos pré-germinativos (Fig. 2).

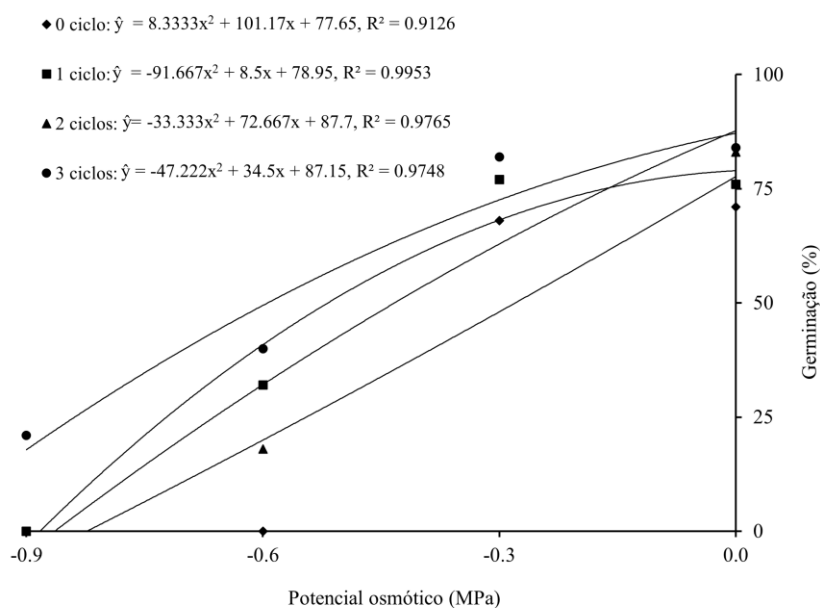


Figura 2. Germinação de sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, com 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratação descontínuos, submetidas ao estresse hídrico simulado. Areia - Paraíba, 2023.

No entanto, a utilização de três ciclos de hidratação foi mais favorável à germinação (21 e 40%) sob estresses hídricos mais severos (-0,9 e -0,6 MPa) respectivamente, em comparação com as sementes submetidas a um e dois ciclos (32 e 18%), ou sem hidratação descontínua (0%) (Fig. 2).

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas a fim de revigorar as sementes, e com isso garantir a uniformidade germinativa por ativação enzimática, mecanismo de reparo celular, síntese de proteínas e mecanismos de defesa antioxidante (JAFAR et al., 2012). Dentre as estratégias desenvolvidas para esta finalidade, a retomada da hidratação dos tecidos é um fator indispensável para o início da germinação (BASKIN; BASKIN, 2014).

Durante a reidratação dos tecidos, ocorre a intensificação da respiração e de outras atividades metabólicas, o que contribui para o fornecimento de energia e nutrientes necessários à retomada do crescimento do eixo embrionário (MARCOS-FILHO, 2015).

Este processo de pré-hidratação gerado pelos ciclos de hidratação descontínuos, contribui para o revigoramento das sementes armazenadas de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, com bom desempenho no Índice de Velocidade de Germinação e um menor Tempo Médio de Germinação quando tratadas com três ciclos descontínuos de hidratação e submetidas a potenciais osmóticos mais severos (-0.9 MPa), em comparação as sementes não tratadas e aos demais tratamentos com ciclos descontínuos de hidratação (Fig. 3A e 3B).

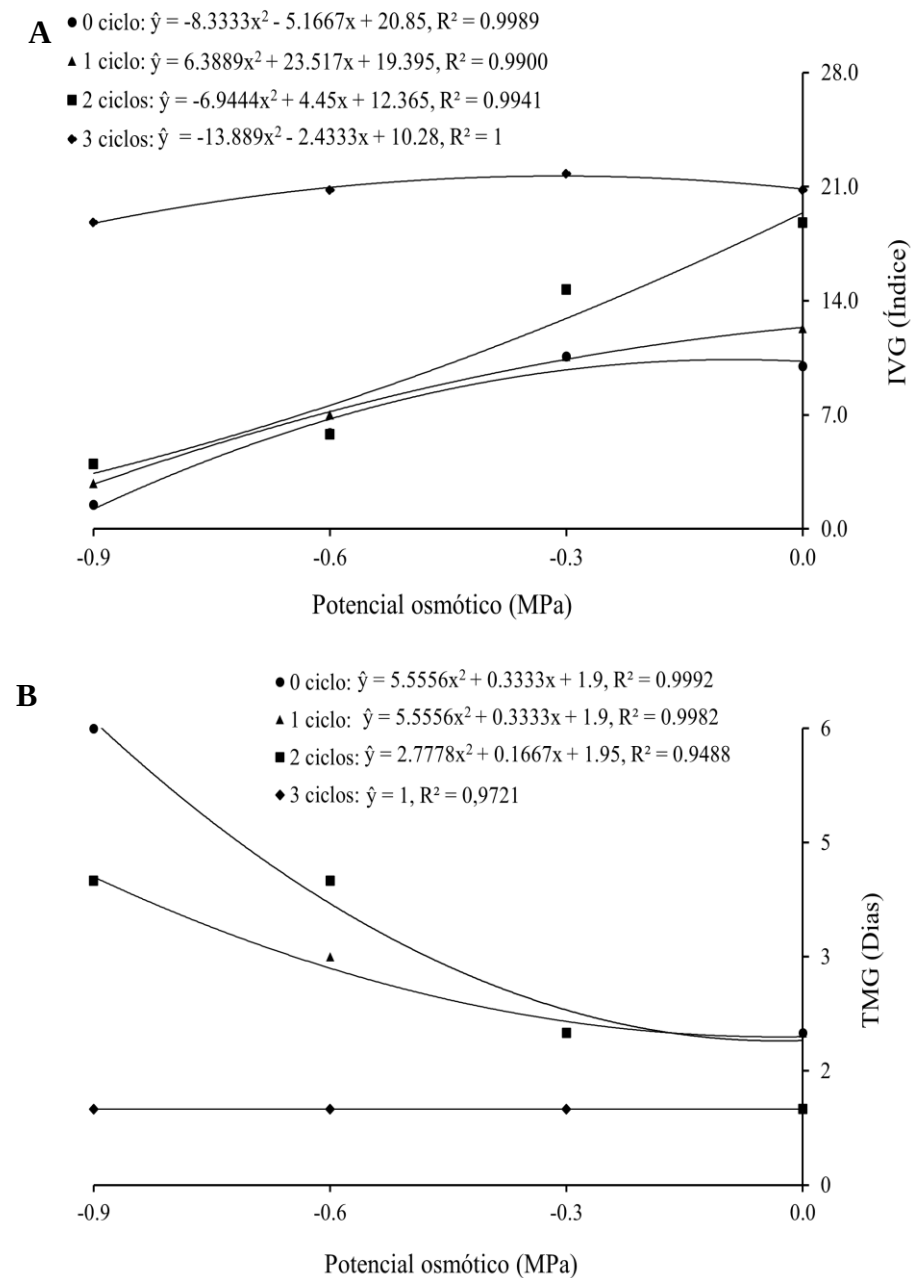


Figura 3. (A) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e (B) Tempo Médio de Germinação (TMG) em sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, tratadas com 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratações descontínuos e submetidas a estresse hídrico simulado. Areia - Paraíba, 2023.

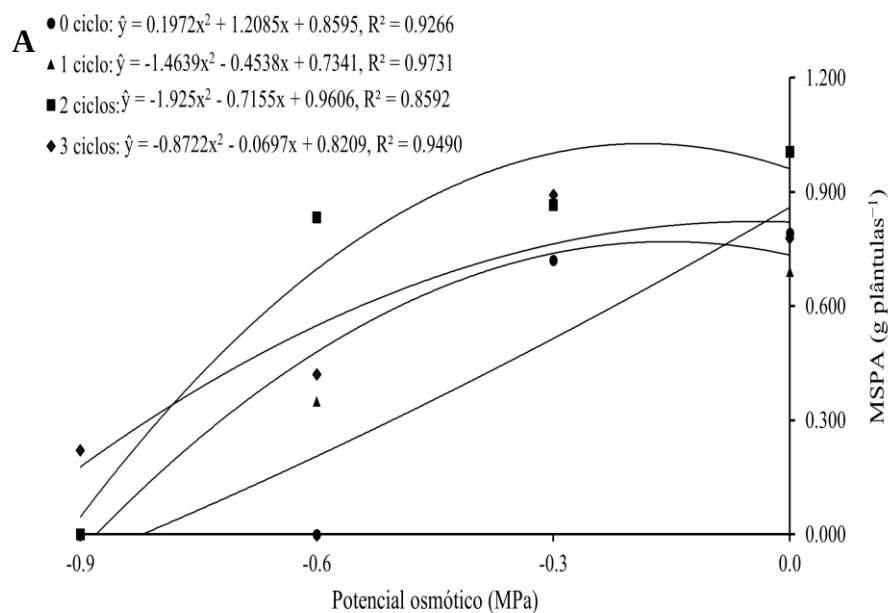
Os valores de IVG para o ciclo três, variaram de 18,8 a 21,8 entre os potenciais osmóticos. Esses dados demonstram que, embora ocorra sensibilidade das sementes de algodão a níveis elevados de restrição hídrica, o tratamento pré-germinativo com descontínuas desidratações contribuiu efetivamente para atenuação do estresse hídrico nas fases iniciais da germinação.

Em estudos com potenciais osmóticos de até -1,0 MPa, Meneses et al. (2011) notaram que a germinação de quatro cultivares de algodão reduziu drasticamente a medida em que houve o aumento severo do estresse, tornando-se quase nula já ao potencial osmótico de -0,6 MPa.

O déficit hídrico pode causar diminuições em todos os parâmetros de qualidade fisiológica, podendo ser mais acentuado na porcentagem e velocidade de germinação das sementes, sendo esta alteração uma resposta inerente para cada espécie (MASETTO et al., 2013).

O Tempo Médio de Germinação foi maior (média de 6 dias) em sementes que não passaram pela hidratação descontínua, em condição de menor disponibilidade hídrica simulada, pelo potencial osmótico de -0,9 MPa (Fig. 3B). O estresse hídrico pode retardar drasticamente o início da germinação das sementes (NICOLAU et al., 2020).

A massa seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) foi reduzida gradativamente com o estresse hídrico simulado, mas em condições mais severas de estresse a hidratação descontínua contribuiu para a melhoria do desempenho de plântulas quando comparado com o tratamento controle (sem hidratação descontínua) (Fig. 4A, 4B e 4C)



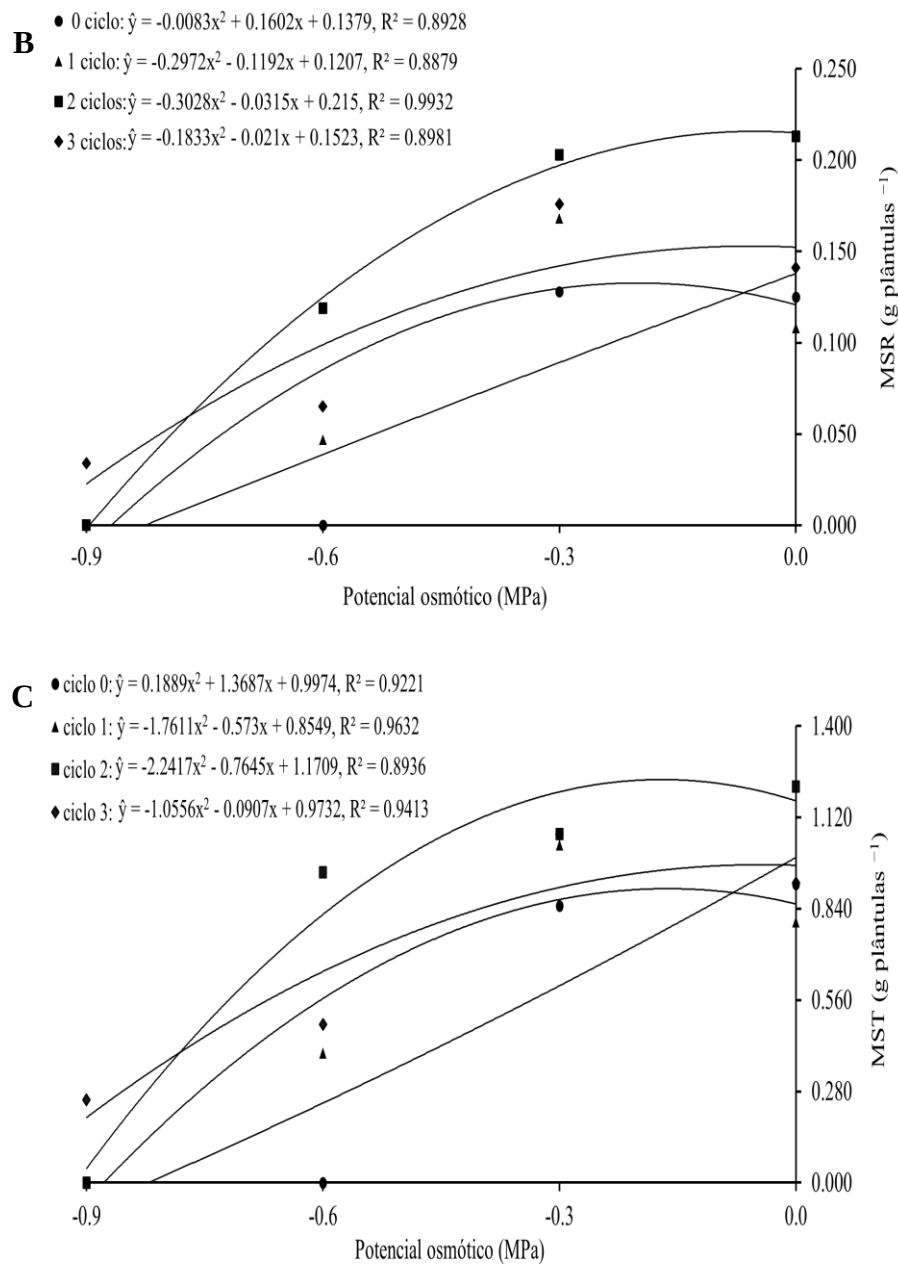


Figura 4. (A) Massa Seca da Parte aérea (MSPA), (B) Massa Seca da Raiz (MSR) e (C) Massa Seca Total (MST) em plântulas de algodão colorido, cultivar “BRS topázio”. tratadas com 0, 1, 2 e 3 ciclos de hidratações descontínuas e submetidas a estresse hídrico simulado. Areia - Paraíba, 2023.

A massa seca de plântulas manteve estável apenas em sementes submetidas a dois ciclos de hidratação, com valores médios de $0,833 \geq 1,006$ (MSPA), $0,119 \geq 0,213$ (MSR) e $0,952 \geq 1,214$ g planta⁻¹. Estudos demonstram que o processo de desidratação não afeta consideravelmente a memória de hidratação, tornando as sementes mais tolerantes a novos estresses (PEREIRA et al., 2023)

Durante o processo de desidratação, ocorre naturalmente a danificação das membranas lipídicas, que é impulsionada pelo diacilglicerol presente nas células vegetais (plastídio e retículo endoplasmático) responsáveis pela síntese de glicerolipídios que causam vazamento de eletrólitos de forma desorganizada (HU et al., 2018).

Esta desorganização das membranas pode afetar o desenvolvimento das plântulas, uma vez que em condições de estresse, as sementes investem sua energia metabólica no reparo da membrana, e não no crescimento, para reduzir esses danos (PEREIRA et al., 2023).

A hidratação descontínua em sementes armazenadas potencializou os efeitos de tolerância ao estresse hídrico simulado em comparação ao controle nos aspectos de qualidade fisiológica e desempenho de plântulas. No entanto, para se compreender melhor as contribuições desse tratamento para incidência em novos estudos, se faz necessário adicionar análises laboratoriais que possibilitem avaliar a contribuição na composição química dos tecidos de proteção e reorganização das membranas.

6 CONCLUSÃO

Em sementes de algodão colorido, cultivar “*BRS topázio*”, a aplicação de três ciclos de hidratação e desidratação, por período de 10h e 18h respectivamente, aumenta o potencial fisiológico ao déficit hídrico severo (-0,9 MPa) durante a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas;

A curva de hidratação descrita pelo modelo trifásico, surge nas fases I, II e III da germinação, por período de 13, 22 e 24h. Enquanto a curva de desidratação para retorno ao peso inicial tem duração de 22h.

REFERÊNCIAS

- ABID, M. A.; MALIK, W.; YASMEEN, A.; QAYYUM, A.; ZHANG, R.; LIANG, C.; ... ASHRAF, J. Mode of inheritance for biochemical traits in genetically engineered cotton under water stress. **AoB Plants**, v. 8, n. plw008, p. 1-15, 2016. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw008>
- ADETUNJI, A. E.; ADETUNJI, T. L.; VARGHESE, B.; SERSHEN, P. N. W. Oxidative stress, ageing and methods of seed invigoration: an overview and perspectives. **Agronomy**, v. 11, n. 12, p. 2369, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122369>
- ALVES L. M. A. Análise das características intrínsecas do algodão de fibra colorido. **MONOGRAFIA**; (Bacharel em Engenharia Agrônômica) Curso de graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia. p. 1-23, 2023.
- AMARO, H. T. R.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; SANTOS-DIAS, L. A.; SOUZA-DAVID, A. M. S.; SILVA, F. W. S. Secagem e armazenamento de sementes de culturas

oleaginosas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 1/2, p. 105-119, 2019. <https://doi.org/10.36812/pag.2019251/2105-119>

AZEVEDO W. L. C. T. Sementes de espécie do chaco possuem memória hídrica como adaptação ao estresse. **DISSERTAÇÃO** (Mestrado em Biologia Vegetal) Programa de Pós-Graduação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, p. 1-30, 2020.

BAKHTAVAR, M. A.; AFZAL, I.; BASRA, S. M. A. Moisture adsorption isotherms and quality of seeds stored in conventional packaging materials and hermetic Super Bag. **PLoS One**, v. 14, n. 2, p. e0207569, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207569>

BARROS, M. A. L.; SILVA, C. R. C. D.; LIMA, L. M. D.; FARIAS, F. J. C.; RAMOS, G. A.; SANTOS, R. C. D. A review on evolution of cotton in Brazil: GM, white, and colored cultivars. **Journal of Natural Fibers**, v. 19, n. 1, p. 209-221, 2022. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1738306>

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego, USA: Academic/Elsevier, 2014. 1602 p.

BAYDAR, G.; CILIZ, N.; MAMMADOV, A. Life cycle assessment of cotton textile products in Turkey. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 104, s/n, p. 213-223, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.08.007>

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, 2009. 399 p.

COSTA, R. Q. Tratamento de sementes com tiametoxam e suplementação de fósforo como mitigador do estresse hídrico durante a fase vegetativa do feijão-caupi. **TESE** (Doutorado em Engenharia Agrônômica) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, p. 1-78, 2018.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. E.; TAO, K. L. Low moisture content limits to relations between seed longevity and moisture. **Annals of Botany**, v. 65, n. 5, p. 493-504, 1990. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087961>

EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; MAZUY, C.; CORBINEAU, F.; BAILLY, C. DNA alteration and programmed cell death during ageing of sunflower seed. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 14, p. 5003-5011, 2011. <https://doi.org/10.1093/jxb/err198>

FENG, J.; SHEN, Y.; SHI, F.; LI, C. Changes in seed germination ability, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities of Ginkgo biloba seed during desiccation. **Forests**, v. 8, n. 8, p. 286, 2017. <https://doi.org/10.3390/f8080286>

FLEMING, M. B.; HILL, L. M.; WALTERS, C. The kinetics of ageing in dry-stored seeds: a comparison of viability loss and RNA degradation in unique legacy seed collections. **Annals of Botany**, v. 123, n. 7, p. 1133-1146, 2019. <https://doi.org/10.1093/aob/mcy217>

GOEL, A.; GOEL, A. K.; SHEORAN, I. S. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, n. 9, p. 1093-1100, 2003. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00881>

GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V. P. Considerações sobre o armazenamento de sementes; **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v.7, n.3, p.71-74, set. 2013.

HORA, I. S.; MEIADO, M. V. A hidratação descontínua em sementes favorece a produção de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae). **Agroforestalis News**, v. 1, n. 1, p. 20-24, 2016. <http://www.reciis.cict.fiocruz.br/>

Hu, X. L.; Yu, X. M.; Chen, H. Y.; Li, W. Q. Turnover of glycerolipid metabolite pool and seed viability. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 5, p. 1-14, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19051417>

JAFAR, M. Z.; FAROOQ, M.; CHEEMA, M. A.; AFZAL, I.; BASRA, S. M. A.; WAHID, M. A.; ... SHAHID, M. Improving the performance of wheat by seed priming under saline conditions. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 198, n. 1, p. 38-45, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00485.x>

LABOURIAU, L. F. G. **Germinação das sementes**. Washington: Secretaria da OEA, 1983.173 p.

LIMA, A. T.; MEIADO, M. V. Effects of seed hydration memory on initial growth under water deficit of cactus from two populations that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. **Plant Species Biology**, v. 33, n. 4, p. 268-275, 2018. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12219>

MACHADO, J. C.; WAQUIL, J. M.; SANTOS, J. P.; REICHENBACH, J. W. Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 232, p. 76-86, 2006.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-77, 1962.

MAHAKHAM, W.; SARMAH, A. K.; MAENSIRI, S.; THEERAKULPISUT, P. Nanoprimer technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2017. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08669-5>

MAHMOOD, T.; WANG, X.; AHMAR, S.; ABDULLAH, M.; IQBAL, M. S.; RANA, R. M.; ... DU, X. Genetic potential and inheritance pattern of phenological growth and drought tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 12, n. 705392, p. 1-18, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.705392>

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas** 2. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015. 660 p.

MASETTO, T. E.; FARIA, J. M. R.; FRAIZ, A. C. R.; REZENDE, R. K. S. Condicionamento osmótico de sementes de *Sesbania virgata* (CAV.) PERS (Fabaceae). **Cerne**, v.19, s/n, p. 629-636, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000400013>

MENESES, C. H. S. G.; BRUNO, R. D. L. A.; FERNANDES, P. D.; PEREIRA, W. E.; LIMA, L. H. G. D. M.; LIMA, M. M. D. A.; VIDAL, M. S. Germination of cotton cultivar seeds under water stress induced by polyethyleneglycol-6000. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 2, p. 131-138, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000200001>

NICOLAU, J. P. B.; SILVA, F. E.; FELIX, F. C.; TORRES, S. B.; PACHECO, M. V.; PEREIRA, M. D. Discontinuous hydration on the germination of *Mimosa caesalpiniiifolia* and *Pityrocarpa moniliformis* seeds under water stress. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 555-561, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252020v33n228rc>

OLIVEIRA, H. Germinação de sementes, crescimento inicial, trocas gasosas e clorofila de plantas de algodão submetidas ao estresse hídrico e salino. **DISSERTAÇÃO** (Mestrado em Engenharia Agrícola) Programa de Pós-Graduação Universidade Federal de Campina Grande, p. 1-110, 2017.

OLIVEIRA, T. L. D.; PINHO, R. G. V.; SANTOS, H. O. D.; SILVA, K. M. D. J.; PEREIRA, E. D. M.; SOUZA, J. L. D. Biochemical changes and physiological quality of corn seeds subjected to different chemical treatments and storage times. **Journal of Seed Science**, v. 42, n. e202042038, p. 1-15, 2020. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42234181>

PEREIRA, K. T. O.; TORRES, S. B.; PAIVA, E. P.; ALVES, T. R. C.; SOUZA NETA, M. L.; VENÂNCIO, J. B.; ... SILVA SÁ, F. V. Discontinuous Hydration Cycles with Elicitors Improve Germination, Growth, Osmoprotectant, and Salt Stress Tolerance in *Zea mays* L. **Agriculture**, v. 13, n. 5, p. 1-14, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13050964>

ROCHAN, G. N. M. G. Diversidade genética e expressão gênica em fibras de algodão colorido. **DISSERTAÇÃO** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Programa De Pós-Graduação Em Ciências Agrárias, Universidade Estadual Da Paraíba, p. 1-45, 2015.

RODRIGUES A. P.; D'AGOSTINI, C.; LAURA, V.; ANTÔNIO, C.; KATYUCE, S.; GADUM, J. **Osmocondicionamento de sementes de salsa (*petroselinum sativum hoffm.*) em diferentes potenciais hídricos**; v. 33, n. 5, p. 1288-1294, 2009.

SANTOS, K. C.; DANTAS, B. F. Influência da hidratação descontínua em sementes armazenadas de *Aspidosperma pyrifolium* Mart. Zucc. **Revista agronomia Brasileira**, v. 5, s/n, p. 1-7, 2021. <http://www.fcav.unesp.br/rab>

SILVA P. V. C. Resistência de genótipos de algodão mocó (*Gossypium hirsutum* raça *marie galante*) a *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera: noctuidae); **DISSERTAÇÃO** (Mestrado em Engenharia Agrônoma), Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, p. 1-62, 2019.

SINGH, V. K.; SINGH, R.; TRIPATHI, S.; DEVI, R. S.; SRIVASTAVA, P.; SINGH, P.; ... BHADOURIA, R. Seed priming: state of the art and new perspectives in the era of climate change. **Climate change and soil interactions**, v. 9, n. 6, p. 143-170, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818032-7.00006-0>

SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; LIMA, G. S. A.; SÁ, L. L. PINHEIRO F. W. A.; Cultivo do algodoeiro cv. BRS Topázio em solos salino-sódico com adição de matéria orgânica; v. 38, p. 18, 2017.

VILLELA, F. A. et al. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de Polietileno Glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 12/12, p. 1957-1968, 1991.

WALTERS, C.; BALLESTEROS, D.; VERTUCCI, V. A. Structural mechanics of seed deterioration: standing the test of time. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 565-573, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.06.016>

WANG, H.; ZHOU, X.; LIU, C., LI, W.; GUO, W. Suppression of GhGLU19 encoding β -1, 3-glucanase promotes seed germination in cotton. **BMC Plant Biology**, v. 22, n. 1, p. 1-15, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03748-w>

WAQAS, M.; KORRES, N. E.; KHAN, M. D.; NIZAMI, A. S.; DEEBA, F.; ALI, I.; HUSSAIN, H. Advances in the concept and methods of seed priming. Priming and pretreatment of seeds and seedlings: Implication in plant stress tolerance and enhancing productivity in crop plants. **Springer Nature**, v,46, n. 8, p. 11-41, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_2