

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

LORENA VIEIRA OLIVEIRA

ESTRESSE HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES
DE *Khaya anthotheca* (WELW.) C.DC.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2024

LORENA VIEIRA OLIVEIRA

ESTRESSE HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES
DE *Khaya anthotheca* (WELW.) C.DC.

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Coorientador: Dr. Júlio César Tannure Faria

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPIRITO SANTO

2024

LORENA VIEIRA OLIVEIRA

ESTRESSE HÍDRICO E SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES
DE *Khaya anthotheca* (WELW.) C.DC.

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal

Aprovada em 26 de junho de 2024

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



MARCOS VINICIUS WINCKLER CALDEIRA

Data: 01/07/2024 08:47:10-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira (Orientador)

DCFM/CCAUE/Ufes

Documento assinado digitalmente



CRISTIANE COELHO DE MOURA

Data: 03/07/2024 08:34:35-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Cristiane Coelho de Moura (Examinadora)

DCFM/CCAUE/Ufes

Documento assinado digitalmente



TAMYRIS DE MELLO

Data: 03/07/2024 22:45:48-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Tamyris de Mello (Examinadora)

PPGCFL/Ufes

Documento assinado digitalmente



ROBERT GOMES

Data: 03/07/2024 10:18:48-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. Robert Gomes (Examinador)

PPGCFL/Ufes

Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.

Josué 1:9

AGRADECIMENTOS

Gostaria agradecer primeiramente a Deus, que sempre me guiou, e concedeu forças para continuar e colocar tantas pessoas boas em meu caminho.

À toda minha família por todo o apoio e pela ajuda, e que muito contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial, agradeço aos meus pais, Geraldino Antônio da Luz Oliveira e Ilsa Vieira Oliveira, que sempre estiveram ao meu lado, apoiando e incentivando-me em todos os momentos difíceis durante a realização deste curso.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado e que tornaram minha jornada mais leve e agradável durante a graduação. Em particular, agradeço a Maria Vitória, Lorena, Tatiana, Bárbara, Karoline, Eduardo e Wander, que estiveram presentes comigo em todos os trabalhos ao longo desses cinco anos.

Aos meus companheiros de turma de 2019/1, por compartilharem comigo tantos anos de companheirismo e amizade. Aos estudantes de Engenharia Florestal da turma de 2018/1, cuja convivência foi imprescindível, proporcionando ótimos momentos na minha trajetória.

Expresso minha sincera gratidão aos meus professores pelos ensinamentos transmitidos, especialmente ao professor Marcos Vinicius Winckler Caldeira, por aceitar o desafio de ser meu orientador.

Agradeço também aos professores do DCFM, cuja contribuição para minha especialização profissional é algo que levarei comigo por toda a vida.

Agradeço ao meu coorientador Júlio César Tannure Faria, por sua constante disposição em ouvir minhas ideias e por todo o apoio e dedicação. Agradeço ao Robert por ter me orientado e apoiado na elaboração do projeto e a montagem do experimento, e sua confiança em mim.

Agradeço ao pessoal do Laboratório de Sementes, em especial, à Tamyris pela orientação na etapa inicial desse projeto, obrigada pelo seu carinho.

À Fazenda Mogno Verde (proprietário Michel Capelari e responsável técnico Engenheiro Florestal Fausto Scapini) pela doação das sementes de *Khaya anthotheca*.

À FAPES pela concessão da bolsa.

À banca avaliadora pela disponibilidade em contribuir com meu crescimento profissional na avaliação deste trabalho.

Por fim, sou grata a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada!

RESUMO: O gênero *Khaya* destaca-se pela produção de madeira nobre e seu uso vem crescendo cada vez mais no Brasil, e no mercado mundial. Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo analisar os efeitos de osmorregulatórios em diferentes concentrações de manitol, polietilenoglicol (PEG-6000), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de sódio (NaCl) na germinação de sementes e no desenvolvimento de plântulas de *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC. Foram testadas sete concentrações de cada soluto (0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1,2 e -1,6 Mpa) ao longo de 20 dias, analisando-se a germinação das sementes e o crescimento das plântulas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes cada. As plântulas foram classificadas como normais ou anormais, e as sementes não germinadas foram categorizadas como dormentes e mortas. Os métodos de análise incluíram porcentagem de germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG). Os resultados indicaram que baixas concentrações de manitol são toleradas pelas sementes, ou seja, germinam sob estresse, mas concentrações elevadas prejudicam a germinação e a velocidade de germinação. O PEG-6000, mesmo em pequenas quantidades, reduziu a germinação, porém, o NaCl e KCl não afetaram a germinação até -0,6 Mpa. No entanto as concentrações maiores inibiram completamente a germinação. A espécie apresentou tolerância a baixos níveis de estresse hídrico e salino, porém apresentou suscetibilidade a agentes contaminantes e dormência sob condições mais extremas. Esses dados ajudam a entender como as sementes de *K. anthotheca* reagem a diferentes condições de estresse, o que pode ajudar a definir melhores práticas para o manejo e cultivo dessas sementes em viveiros.

Palavras-chave: silvicultura; mogno-africano; sementes florestais; potencial osmótico.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	15
2.1. Geral.....	15
2.2. Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. Caracterização do gênero <i>Khaya</i>	16
3.2. <i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C.DC.	17
3.3. Germinação de sementes.....	20
3.4. Efeito do estresse hídrico e salino na germinação	21
4. METODOLOGIA	24
5. RESULTADOS DA PESQUISA	29
5.1. Germinação, umidade, IVG e TMG	29
5.2. Avaliação da germinação, IVG e TMG sob concentrações de manitol e PEG-6000.....	33
5.3. Avaliação da germinação, IVG e TMG sob concentrações de NaCl e KCl	36
6. CONCLUSÕES	40
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
8. REFERÊNCIAS	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Identificação dos tratamentos, com o potencial osmótico e produtos utilizados na montagem do experimento para sementes de <i>Khaya anthotheca</i>	25
Tabela 2: Efeitos de diferentes concentrações de manitol na germinação, IVG e TMG das sementes de <i>K. anthotheca</i>	29
Tabela 3: Efeitos de diferentes concentrações de PEG-6000 na germinação, IVG e TMG das sementes de <i>K. anthotheca</i>	31
Tabela 4: Efeitos de diferentes concentrações de NaCl na germinação, IVG e TMG das sementes de <i>K. anthotheca</i>	33
Tabela 5: Efeitos de diferentes concentrações de KCl na germinação, IVG e TMG das sementes de <i>K. anthotheca</i>	33
Tabela 6: Percentuais de sementes normais, anormais, dormentes e mortas das sementes de <i>K. anthotheca</i> sob diferentes concentrações de manitol.....	36
Tabela 7: Percentuais de sementes normais, anormais, dormentes e mortas das sementes de <i>K. anthotheca</i> sob diferentes concentrações de PEG-6000.	37
Tabela 8: Percentuais de sementes normais, anormais, dormentes e mortas das sementes de <i>K. anthotheca</i> sob diferentes concentrações de NaCl.	37
Tabela 9: Percentuais de sementes normais, anormais, dormentes e mortas das sementes de <i>K. anthotheca</i> sob diferentes concentrações de KCl.	38

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - A: Imagem de um indivíduo adulto de *Khaya anthotheca*. B: *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC.: 1. Ramo com folha composta e inflorescência, 2. Base da árvore com sapopema e 3. Fruto deiscente com uma valva removida. 18
- Figura 2: Montagem do experimento demonstrando a disposição das sementes de *Khaya anthotheca*, após a assepsia das sementes, organizadas uma ao lado da outra em gerbox entre duas folhas de papel germitest. (a) Disposição das sementes; (b) sementes cobertas pelo germitest; (c) gerbox após a adição da solução; (d) gerbox fechado, pronto para ser embalado e armazenado em BOD (Biochemical Oxygen Demand ou Demanda Bioquímica de Oxigênio). 25
- Figura 3: Sementes de *Khaya anthotheca* durante o período de avaliação ao 8º dia de avaliação. (a) Disposição as sementes; (b, c e d) Imagem aproximada de uma semente iniciando a germinação.....27
- Figura 4: Sementes de *Khaya anthotheca* durante o período de avaliação, sendo verificado se a radícula havia atingido o tamanho mínimo para ser considerada germinada. (a) Semente contaminada; (b) Semente com germinação anormal, onde a parte aérea não se desenvolveu; (c) Semente com germinação normal, com a presença de radícula e parte aérea..... 28
- Figura 5: Ajuste de regressão polinomial. (a) dados para germinação em diferentes potenciais osmóticos de manitol para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas; (b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes potenciais osmóticos de manitol para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas..... 30
- Figura 6: Ajuste de regressão polinomial. (a) dados para germinação em diferentes potenciais osmóticos de PEG-6000 para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas; (b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes potenciais osmóticos de PEG-6000 para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas.... 32
- Figura 7: Ajuste de regressão polinomial. (a) dados para germinação em diferentes potenciais osmóticos de NaCl para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas; (b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes potenciais osmóticos de NaCl para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas. 34

Figura 8: Ajuste de regressão polinomial. (a) dados para germinação em diferentes potenciais osmóticos de KCl para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas; (b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes potenciais osmóticos de KCl para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas. 35

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Khaya*, pertencente à família *Meliaceae*, é notável por suas diversas espécies com produção de madeira nobre, de alto valor comercial (Pennington; Styles, 1975). Popularmente conhecidas por mogno-africano, essas espécies se adaptaram muito bem as condições edafoclimáticas brasileiras, encontrando-se exemplares das espécies *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC., *Khaya grandifoliola* C. DC., *Khaya ivorensis* A. Chev. e *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (Reis, 2019).

A crescente demanda por madeira tropical proveniente de fontes legais e sustentáveis está estimulando novos investimentos em plantações em todo o país, impulsionando o mercado florestal. Além do Brasil, vários países, como Austrália, Ásia, África e outras áreas da América tropical, estão também promovendo o cultivo de espécies do gênero *Khaya* (Reis, 2019).

No entanto, para garantir o sucesso dessas plantações, é essencial compreender as especificidades de cada espécie. *Khaya anthotheca*, por exemplo, é uma espécie de mogno-africano tipicamente encontrada em solos aluviais profundos e férteis ao longo das margens de rios e encostas, com preferência por solos úmidos e bem drenados (Hines; Eckman, 1993; Maroyi, 2008; Praciak *et al.*, 2013). Quanto à necessidade de luz, demonstra moderada tolerância à sombra quando jovem e uma tolerância moderada à luz plena quando mais velha (Hines; Eckman, 1993; Praciak *et al.*, 2013).

Vale destacar que a *K. anthotheca* é frequentemente confundida com *K. grandifoliola*, diferindo por possuir folíolos menores e mais espessos (Praciak *et al.*, 2013). Além disso, há relatos de híbridos interespecíficos dessas espécies, sendo a espécie *K. grandifoliola*, em geral, de menor porte que *K. anthotheca* (Opuni-Frimpong, 2008). Estudos científicos tornam-se relevantes para *K. anthotheca*, uma vez que, atualmente, *K. grandifoliola* é a espécie mais implantada em território brasileiro (Reis, 2019).

Nos estudos referentes ao potencial de germinação de sementes, a água desempenha um papel crucial no desenvolvimento das plantas, influenciando o funcionamento das enzimas e na mobilização das substâncias de reserva (Castro *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2018). É essencial fornecer água adequadamente para evitar que o déficit hídrico interfira no processo de germinação, seja na velocidade ou mesmo na porcentagem de sementes germinadas. No entanto, o excesso de água também é

prejudicial, pois limita o acesso ao oxigênio necessário (Marcos Filho, 2015; Taiz; Zeiger, 2017). Sendo assim, dada a importância da água para o melhor desenvolvimento das culturas torna-se imprescindíveis estudos que compreendam as respostas fisiológicas das plantas em função da variação de disponibilidade hídrica (Chavarria *et al.*, 2015).

Além disso, salinidade é um importante fator de estresse abiótico que afeta diversos aspectos fisiológicos e bioquímicos durante a germinação e a emergência de plântulas, comprometendo o estabelecimento das culturas. O excesso de sais nos tecidos dificulta a mobilização de reservas e impede a germinação e o crescimento do embrião. Também, reduz o potencial hídrico do solo, diminuindo a absorção de água pelas sementes, o que gera déficit hídrico e desequilíbrio iônico nas células, resultando em toxicidade e estresse osmótico (Khan; Panda, 2008; Larré *et al.*, 2011). O estresse hídrico logo após a sementeira é um dos fatores abióticos que mais influencia o processo germinativo. Ele interfere diretamente nas atividades enzimáticas da planta, reduzindo o rendimento das cultivares e causando prejuízos (García *et al.*, 2012).

A escolha dos reagentes manitol, PEG-6000, KCl e NaCl para o estudo de estresse hídrico e salino se baseou na necessidade de simular condições adversas que as plantas podem enfrentar em seu ambiente natural ou em sistemas agrícolas. O manitol e o PEG-6000 são frequentemente utilizados para induzir estresse hídrico em plantas, pois reduzem o potencial hídrico do meio, mimetizando condições de seca (Sadeghi *et al.*, 2011). Já o KCl e o NaCl são sais comumente empregados para criar condições de estresse salino, uma vez que a salinidade do solo é um fator limitante importante para a germinação e o crescimento inicial das plantas (Flowers, 2004).

Esses estudos são cruciais para o desenvolvimento de estratégias de manejo que promovam a germinação e o estabelecimento bem-sucedidos em diferentes condições ambientais, como solos salinos e com déficit hídrico. Sendo assim, avaliar a capacidade de germinação da *Khaya anthotheca* em ambientes com estresse hídrico e salino pode fornecer valiosas informações para melhorar seu estabelecimento em condições adversas.

Sustentado na hipótese de que para cada sal existem níveis de potencial osmótico que venham a causar danos as culturas, objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito do estresse salino induzido por diferentes potenciais osmóticos das soluções

de cloreto de sódio (NaCl), de potássio (KCl), PEG e na germinação de sementes e no vigor de plântulas de *Khaya spp.*

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar os efeitos de sete concentrações de manitol, PEG-6000, KCl e NaCl na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de *Khaya anthotheca* (Welw.) C.DC.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar os efeitos do manitol nas dosagens de 0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1,2 e -1,6 MPa na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de *Khaya anthotheca*.

Avaliar os efeitos do PEG-6000 nas dosagens de 0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1,2 e -1,6 MPa na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de *Khaya anthotheca*.

Avaliar os efeitos do KCl nas dosagens de 0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1,2 e -1,6 MPa na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de *Khaya anthotheca*.

Avaliar os efeitos do NaCl nas dosagens de 0, -0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1,2 e -1,6 MPa na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de *Khaya anthotheca*.

Analisar a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas ao longo de 20 dias, onde foram avaliadas a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG).

Classificar no final do experimento, as plântulas em normais (PN) e anormais (PA) e acompanhar seu desenvolvimento. E classificar as sementes não germinadas em dormentes e mortas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Caracterização do gênero *Khaya*

As espécies do gênero *Khaya*, nativas da África, fazem parte do Reino Plantae, Filo Tracheophyta, Classe Magnoliopsida, Ordem Sapindales e Família Meliaceae (IUCN, 2018). Devido à semelhança na coloração das madeiras, a denominação “mogno” no mercado é utilizado para descrever uma variedade de espécies provenientes de diferentes regiões incluindo África, Austrália, Sudeste Asiático e Brasil. No entanto, essas madeiras diferem significativamente em sua aparência, estrutura e resistência mecânica (Pinheiro *et al.*, 2011). Essas espécies incluem *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss., *Khaya anthotheca* (Welw.) C.DC., *Khaya grandifoliola* C.DC., *Khaya ivorensis* A. Chev., e *Khaya madagascariensis* Jum. & H. Perrier, com as quatro primeiras sendo particularmente valorizadas possuindo maior interesse comercial (IUCN, 2018; Reis *et al.*, 2019).

Dentro do gênero *Khaya*, todas as espécies são conhecidas como mogno-africano, compartilhando características semelhantes nas flores e frutos, com diferenças mais notáveis nos folíolos (Pinheiro *et al.*, 2011). No Brasil, o cultivo de mogno-africano ainda é recente, com os mais antigos, com cerca de 40 anos, encontrados no estado do Pará (Reis *et al.*, 2019).

O gênero *Khaya* consiste principalmente em árvores de grande porte, que são de elevada importância dentro da família *Meliaceae* (Lamprecht, 1990). Pertencentes a essa mesma família, também encontramos o mogno-brasileiro, andiroba e cedro (Reis *et al.*, 2019). As espécies de mogno-africano, em condições naturais, podem atingir diâmetros próximos a 2,00 m e até 60,00 m de altura total, com fuste reto, cilíndrico e sem galhos até uma altura de 30,00 m (Opuni-Frimpong *et al.*, 2016). De maneira geral, essas espécies apresentam excelente crescimento e manejo em cultivos puros e consorciados, além de sua madeira ser altamente aproveitável devido às características mencionadas (Pinheiro *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2001).

O mogno-africano (*Khaya spp.*) tem despertado considerável interesse comercial devido à qualidade de sua madeira, que é altamente valorizada em diversos setores, como a indústria moveleira, naval, construção civil, produção de painéis e laminados, entre outros (Pinheiro *et al.*, 2011). A madeira do mogno-africano possui características similares às do mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), o que

levou à introdução da *Khaya spp.* no Brasil com o objetivo de suprir as necessidades do mercado anteriormente dependente dessa espécie. A produção em larga escala do mogno-brasileiro foi limitada devido ao ataque de pragas, como a broca *Hypsipyla grandella* Zeller, e doenças, que dificultaram o cultivo em monocultivo (Wallau *et al.*, 2008). Além disso, a crescente demanda e a exploração predatória do mogno-brasileiro contribuíram para a necessidade de alternativas, tornando o mogno-africano uma opção viável (Silva, 2013).

A exploração excessiva das madeiras de *Khaya spp.*, combinada com a falta de regeneração natural e ataques de pragas, está causando sua redução e levantando preocupações sobre a perda de diversidade genética das populações nativas no continente africano (Praciak *et al.*, 2013; Ofori *et al.*, 2007). Isso afeta o suprimento tradicional dessas madeiras no mercado global, em razão das demandas crescentes por conservação. Em razão do seu histórico de intensa exploração atenuado significativamente no final do século XX, em seus locais de origem, indivíduos nativos com grandes dimensões começaram a se tornar cada vez mais raros (Arnold, 2004). No entanto, abre-se a possibilidade de estabelecer plantios florestais sustentáveis com essas espécies em áreas tropicais, incluindo o Brasil (Reis, 2019).

3.2. *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC

O porte das árvores nativas de *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC variam de alto a muito alto, podendo alcançar alturas entre 40 m e 65 m, com o fuste podendo chegar a 30 m (Figura 1, a) (Maroyi, 2008; Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, 2012; Praciak *et al.*, 2013; Opuni-Frimpong *et al.*, 2016). Geralmente, o fuste é retilíneo e cilíndrico, *mas* também pode apresentar sapopemas, um tipo de radícula tabular que cerca o tronco, podendo atingir alturas de 4 m a 6 m (Figura 1, b) (Maroyi, 2008; Praciak *et al.*, 2013).

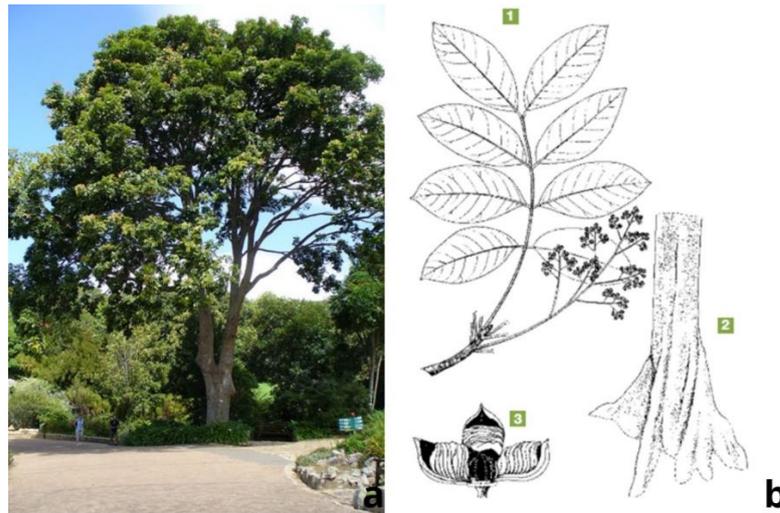


Figura 1 - A: Imagem de um indivíduo adulto de *Khaya anthotheca*. B: *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC.: 1. Ramo com folha composta e inflorescência, 2. Base da árvore com sapopema e 3. Fruto deiscente com uma valva removida.

Fontes: Banco de Dados de Plantas Tropicais, 2022; Maroyi (2008).

Khaya anthotheca é uma espécie decídua que apresenta ocorrência natural em vários países africanos, em Florestas Semidecíduas úmidas e nas mais secas, nas zonas de transição entre Floresta Semidecídua Seca e Savana, além de Florestas Perenifólias Úmidas (Maroyi, 2008; Praciak *et al.*, 2013; Opuni-Frimpong *et al.*, 2016).

A espécie *K. anthotheca* é monoica, o que significa que possui flores unissexuais femininas e masculinas na mesma planta, com uma aparência muito semelhante (Maroyi, 2008; Praciak *et al.*, 2013; Opuni-Frimpong *et al.*, 2016). As flores são numerosas e pequenas, agrupadas em inflorescências do tipo panícula axilar, com comprimento variando entre 30 cm e 45 cm, esbranquiçadas e possuem perfume adocicado (Maroyi, 2008; Pinheiro *et al.*, 2011).

O fruto consiste em uma cápsula ereta, relativamente globosa e lenhosa, de cor marrom acinzentada, com diâmetro variando entre 4 cm e 10 cm e contendo quatro a cinco valvas deiscentes (Maroyi, 2008; Praciak *et al.*, 2013; Opuni-Frimpong *et al.*, 2016). Quando maduro, o fruto se abre no topo em valvas delgadas, com menos de 5 mm de espessura, que permanecem unidas na base (Pinheiro *et al.*, 2011).

As sementes de *Khaya anthotheca* não possuem dormência e, portanto, não necessitam de tratamento prévio (Eckman, 1993; Praciak *et al.*, 2013). Quando frescas, apresentam uma porcentagem de germinação entre 60% e 90%, geralmente ocorrendo de três a quatro semanas após a sementeira (Hines; Eckman, 1993;

Pinheiro *et al.*, 2011; Praciak *et al.*, 2013). De acordo com Maroyi (2008), o processo de germinação é hipógeo, ou seja, os cotilédones permanecem abaixo da superfície do solo. O epicótilo apresenta um comprimento variando entre 5 cm e 8 cm, e as primeiras duas folhas são simples e opostas.

K. anthotheca, também conhecida como mogno-branco, é conhecida por sua madeira marrom avermelhado escuro, durável e resistente a cupins e fungos, ideal para móveis, pisos, painéis e construção de barcos (Selva Florestal). A germinação das sementes ocorre entre 10 a 35 dias após o semeio, com um padrão geral de germinação de 60 a 90% (Praciak *et al.*, 2013). A germinação é hipógea, onde os cotilédones permanecem abaixo da terra (Opuni-Frimpong, 2008), enquanto o epicótilo pode alcançar aproximadamente 6,00 cm de comprimento (Opuni-Frimpong, 2008).

Além de seu valor na indústria madeireira, *K. anthotheca* apresenta múltiplos usos, incluindo fornecimento de sombra em sistemas agroflorestais e usos medicinais. Sua casca produz um corante marrom-avermelhado amplamente utilizado na medicina tradicional devido ao sabor amargo. É empregada no tratamento de diversas condições, como resfriados, febres, pneumonia, dores abdominais e vômitos, além de ser considerada afrodisíaca (PFAF, 2011).

Devido à crescente demanda e à oferta restrita da madeira nativa de *K. anthotheca* no mercado internacional, essa espécie tem sido amplamente utilizada em plantações comerciais dentro de sua área de distribuição natural, além de ser cultivada em países como África do Sul, Ásia tropical e América tropical (Hines; Eckman, 1993; Maroyi, 2008; Praciak *et al.*, 2013). De acordo com o zoneamento para as espécies de *Khaya* no Brasil, mais de 60% do território é altamente apto para o desenvolvimento de *K. ivorensis*, *K. anthotheca*, *K. grandifoliola* e *K. senegalensis*, no entanto, no Brasil, os plantios dessa espécie estão sendo realizados em pequena escala (Reis, 2019).

O cultivo do mogno-africano no Brasil tem crescido significativamente nos últimos anos, visando o fornecimento de madeira nobre demandada pelo mercado (Reis, 2019). A maioria dos plantios está em fase jovem, com diversas técnicas silviculturais sendo desenvolvidas em várias regiões do país (Reis, 2019). A inovação inclui plantios mistos e sistemas de integração para otimizar o crescimento das árvores e a qualidade do fuste (Reis, 2019). Apesar da necessidade de mais pesquisas devido ao ciclo longo da espécie e à escassez de estudos, trabalhos técnicos estão em

progresso, destacando a importância contínua da pesquisa para o cultivo e aprimoramento das técnicas existentes (Reis, 2019).

3.3. Germinação de sementes

No processo de germinação das sementes, a primeira etapa na sequência de eventos que culminam com a retomada do crescimento do eixo embrionário (emissão da radícula primária) é a embebição, um tipo de difusão que ocorre quando as sementes absorvem água (Marcos Filho, 2015). De acordo com o mesmo autor, a absorção de água dá início a uma série de processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente, os quais, na ausência de um fator limitante, resultam na emergência da plântula.

A germinação pode ser definida como uma série de eventos morfogenéticos que resultam na transformação de um embrião em uma plântula (Berlyn, 1972). Entre esses fatores estão as temperaturas extremas, a salinidade do solo, o excesso ou a falta de água, a formação de crostas no solo e a presença de insetos e patógenos (Junior, 2023). Além disso, o conhecimento das características morfológicas dos frutos, sementes e plântulas das espécies florestais fornecem informações sobre como armazenar as sementes, sua viabilidade e os métodos adequados de semeadura (Kuniyoshi, 1983).

De acordo com Villela *et al.* (1991), a uniformidade, a rapidez e a porcentagem de emergência das plantas no campo têm impacto considerável no rendimento. No cultivo do mogno-africano (*Khaya spp.*), as mudas são inicialmente produzidas em viveiro, geralmente em tubetes de 180 cm³, com um tempo médio de formação de seis meses, garantindo condições ideais antes do plantio em campo (Reis, 2019). A germinação e o estabelecimento de plântulas são essenciais para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente onde a água é limitada. A capacidade de certas espécies de sementes germinarem em condições estresse hídrico oferece benefícios ecológicos em comparação com aquelas que são mais suscetíveis à seca (Da Rosa, 2005).

Entretanto, o sucesso na germinação e desenvolvimento de uma espécie em um determinado ambiente depende, em parte, da energia utilizada na sua biologia reprodutiva, como na polinização, produção de sementes, dispersão e estabelecimento das plântulas; além de existir uma forte relação entre o peso médio

das sementes e o porte da espécie (Baker, 1972).

A maioria das sementes de espécies florestais germina quando é colocada em condições ambientais que lhe é favorável (Fowler, 2000). Nestas condições, quando a germinação não ocorre, as sementes são consideradas dormentes (Bianchetti, 1981). Para que as sementes germinem com sucesso, é essencial que estejam em condições favoráveis de luz, temperatura e água, além da viabilidade das sementes, onde em condições ideais do ambiente o embrião irá germinar e se desenvolver (Carvalho; Nakagawa, 2012; Mayer; Poljakoff-Mayber, 1989).

3.4. Efeito do estresse hídrico e salino na germinação

Pereira *et al.* (2012) relataram que o déficit hídrico é um dos principais fatores que limitam a germinação, pois cada espécie tem um valor específico de potencial hídrico externo abaixo do qual a germinação não ocorre. A habilidade de uma semente germinar sob uma ampla variedade de condições é conhecida como vigor, e esse vigor depende, dentre outros fatores, das condições ambientais presentes no local de semeadura (Simoni *et al.*, 2011). Secas periódicas, por exemplo, podem ser encontradas no campo, e a semente deve ser vigorosa para que seja competitiva (Marcos Filho, 2015).

Outro fator limitante é a salinidade, uma das principais causas da queda de rendimento das culturas em regiões áridas e semiáridas que afeta a germinação não só dificultando a cinética de absorção de água, mas também facilitando a entrada de íons em quantidade tóxica nas sementes embebidas (Braccini *et al.*, 1996). Os efeitos dependem de fatores como espécie, cultivar, tipos de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (Braccini *et al.*, 1996).

De acordo com NAS *et al.*, (2011), em solos salinos, os sais afetam as plantas mediante a retenção osmótica de água e o efeito iônico específico sobre o protoplasma. As soluções salinas retêm água e, deste modo, reduzem o potencial hídrico, tornando-a cada vez menos acessível às plantas (NAS *et al.*, 2011). Esse efeito de solutos dissolvidos é similar a um déficit hídrico do solo e, a maioria das plantas responde níveis excessivos de salinidade no solo da mesma forma para o déficit hídrico (Taiz; Zeiger, 2013). Além disso, o excesso de sal no solo também pode causar efeitos de toxidez, concentrações altas de sais totais nas células podem

inativar as enzimas e inibir a síntese proteica (Taiz; Zeiger, 2013).

De acordo com Taiz *et al.*, (2017), o estresse hídrico e salino tem impactos negativos nas plantas, afetando-as em diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento. Esses efeitos incluem fechamento estomático, redução das atividades celulares e metabólicas, e inibição fotossintética, resultando na diminuição da produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, na produtividade econômica (Taiz *et al.*, 2017). Para enfrentar esses desafios, as plantas desenvolvem resistência à salinidade, uma capacidade descrita por Larcher (2000) como a habilidade de regular a entrada de sal do substrato para evitar que grandes quantidades alcancem o protoplasma. Além disso, essa resistência inclui a capacidade de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos decorrentes do aumento da concentração de sais (Larcher, 2000).

O estresse osmótico, caracterizado pela falta de água ou pela presença de sais no ambiente, pode resultar diversas respostas fisiológicas e bioquímicas nas sementes em processo de germinação, resultando na redução e na uniformidade da germinação, bem como na diminuição da viabilidade das plântulas (Verslues *et al.* 2006; ROSA *et al.*, 2005). Portanto, compreender as respostas fisiológicas das plantas à variação de disponibilidade hídrica é crucial dada a importância da água para o desenvolvimento das culturas (Chavarria *et al.*, 2015).

Estudos visando entender a tolerância das plantas ao estresse hídrico frequentemente recorrem à manipulação de potenciais osmóticos utilizando soluções com diferentes potenciais osmóticos, onde as sementes são colocadas para germinar, procurando simular condições de salinidade e baixa umidade do solo. Sendo utilizados soluções de PEG (polietilenoglicol), o manitol, o KCl (cloreto de potássio) e o NaCl (cloreto de sódio), estudos utilizaram esses reagentes como Rego (2007), Gomes Filho (2019) e Oliveira (2009).

O PEG (polietilenoglicol) tem sido utilizado com sucesso em trabalhos de pesquisa para simular os efeitos do déficit hídrico nas plantas, por não penetrar nas células, não ser degradado e não causar toxidez, devido ao seu alto peso molecular (Hasegawa *et al.*, 1984).

Na germinação de sementes, a escassez de água é um fator limitante, dessa forma, o vigor da semente pode estar diretamente relacionado ao potencial osmótico de água no solo e pode comprometer a capacidade germinativa em condições naturais (PEREIRA *et al.*, 2014). Assim, a escolha dos agentes osmóticos adequados para

simular condições de estresse hídrico é fundamental para garantir a validade dos experimentos (Braga *et al.*, 1995).

Entre essas soluções, o manitol tem sido amplamente utilizado devido à sua inércia química e não toxicidade, conforme evidenciado por diversos estudos (Silva, 2006; Moraes, 2003; Da Silva, 2013; Gomes Filho, 2019). Além disso, o polietileno glicol (PEG) emerge como uma alternativa viável para induzir déficit hídrico nas plantas, dada sua característica de não penetrar nas células e sua estabilidade molecular, embora possa afetar negativamente o processo germinativo em alguns casos (Hasegawa *et al.*, 1984; Hardegree; Emmerich, 1994; Tobe *et al.*, 2000).

A germinação da semente em solos com baixo potencial hídrico depende de cada espécie (Perez, 2001). Um dos métodos para a determinação da tolerância das plantas ao estresse hídrico e salino é a observação da capacidade germinativa das sementes em tais condições, geralmente testadas em laboratório (Pelegri, 2013).

4. METODOLOGIA

As sementes de *Khaya anthotheca* (Welw.) C. DC. utilizadas no presente trabalho foram coletadas em Paragominas – PA, em outubro de 2022, provenientes de duas árvores da espécie, em plantio de 23 anos de idade, implantado com mudas doadas pela Embrapa Belém. As sementes foram recebidas em novembro de 2022 e mantidas armazenadas em câmara fria a 5 °C, com umidade relativa abaixo de 35%. O teste de germinação inicial, resultou em uma porcentagem de germinação acima de 90%. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro, ES (CCAUE-UFES).

Seis concentrações foram determinadas para as avaliações do estudo (-0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1,2 e -1,6 Mpa), sendo utilizados manitol, PEG-6000, KCl e NaCl. Nos potenciais osmóticos utilizados, a solução de potencial 0,0 Mpa foi classificada como controle (água destilada), dessa forma, foram 28 tratamentos, organizados em blocos de sete tratamentos para cada um dos quatro potenciais osmóticos (Tabela 1).

Tabela 1 - Identificação dos tratamentos, com o potencial osmótico e produtos utilizados na montagem do experimento para sementes de *Khaya anthotheca*

Tratamento	$\Psi\pi$ (MPa)	Solução	Tratamento	$\Psi\pi$ (MPa)	Solução
T1	0	H ₂ O	T1	0	H ₂ O
T2	-0,2	manitol	T2	-0,2	KCl
T3	-0,4	manitol	T3	-0,4	KCl
T4	-0,6	manitol	T4	-0,6	KCl
T5	-0,8	manitol	T5	-0,8	KCl
T6	-1,2	manitol	T6	-1,2	KCl
T7	-1,6	manitol	T7	-1,6	KCl
T1	0	H ₂ O	T1	0	H ₂ O
T2	-0,2	NaCl	T2	-0,2	PEG
T3	-0,4	NaCl	T3	-0,4	PEG
T4	-0,6	NaCl	T4	-0,6	PEG
T5	-0,8	NaCl	T5	-0,8	PEG
T6	-1,2	NaCl	T6	-1,2	PEG
T7	-1,6	NaCl	T7	-1,6	PEG

Fonte: Autora, 2024.

Para simulação do estresse hídrico, foram preparadas soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) em diferentes potenciais osmóticos, utilizando tabela

citada por Villela *et al.* (1991). Para determinações das soluções de manitol, KCl e NaCl foi utilizada a equação de Van't Hoff (1).

$$\Psi\pi = -R \times T \times C \quad (1)$$

Em que: $\Psi\pi$ = potencial osmótico (atm); R = constante geral dos gases perfeitos (0,082 atm L mol⁻¹ K⁻¹); T = temperatura (K) e C = concentração (mol L⁻¹).

Os testes de germinação das sementes foram conduzidos com quatro repetições, cada uma contendo 25 sementes (Figura 2). As sementes foram selecionadas com base em critérios que visaram evitar sementes com anomalias, sendo desinfestadas por meio da imersão em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 90 s, seguido por tríplice lavagem em água destilada. Posteriormente as sementes foram dispostas em caixas acrílicas do tipo “gerbox” (previamente esterilizados em álcool etílico hidratado 70° INPM), entre duas folhas de papel germitest, e umedecidas com 12 mL das soluções, sendo quantidade suficiente para embeber as sementes sem perder o contato com a superfície para respiração.

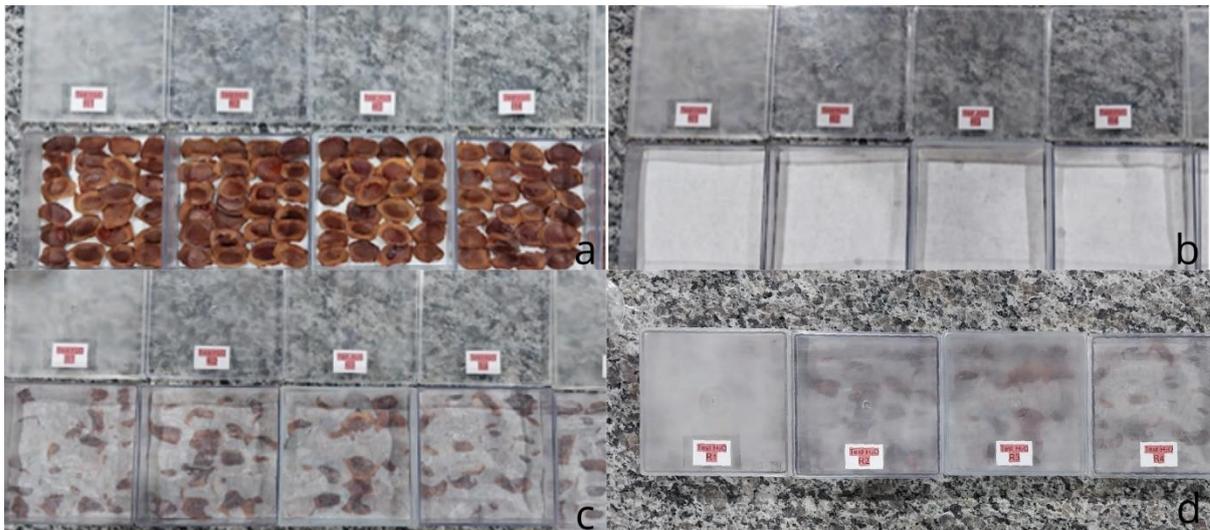


Figura 2: Montagem do experimento demonstrando a disposição das sementes de *Khaya anthotheca*, após a assepsia das sementes, organizadas uma ao lado da outra em gerbox entre duas folhas de papel germitest. (a) Disposição das sementes; (b) sementes cobertas pelo germitest; (c) gerbox após a adição da solução; (d) gerbox fechado, pronto para ser embalado e armazenado em BOD.

Fonte: Autora, 2024.

Depois de montados, os gerbox foram envolvidos em sacos de polietileno, para evitar a evaporação da solução, e armazenados em câmaras de germinação do tipo

Bioquímica Oxigen Demand (BOD) na temperatura constante de 25 °C, com fotoperíodo de 12/12h, durante 20 dias, com a germinação sendo avaliada diariamente (Figura 3a-d). A cada dois dias, as sementes foram transferidas para gerbox contendo novas soluções dos potenciais osmóticos, nas mesmas concentrações testadas, para manutenção dos potenciais osmóticos das soluções.

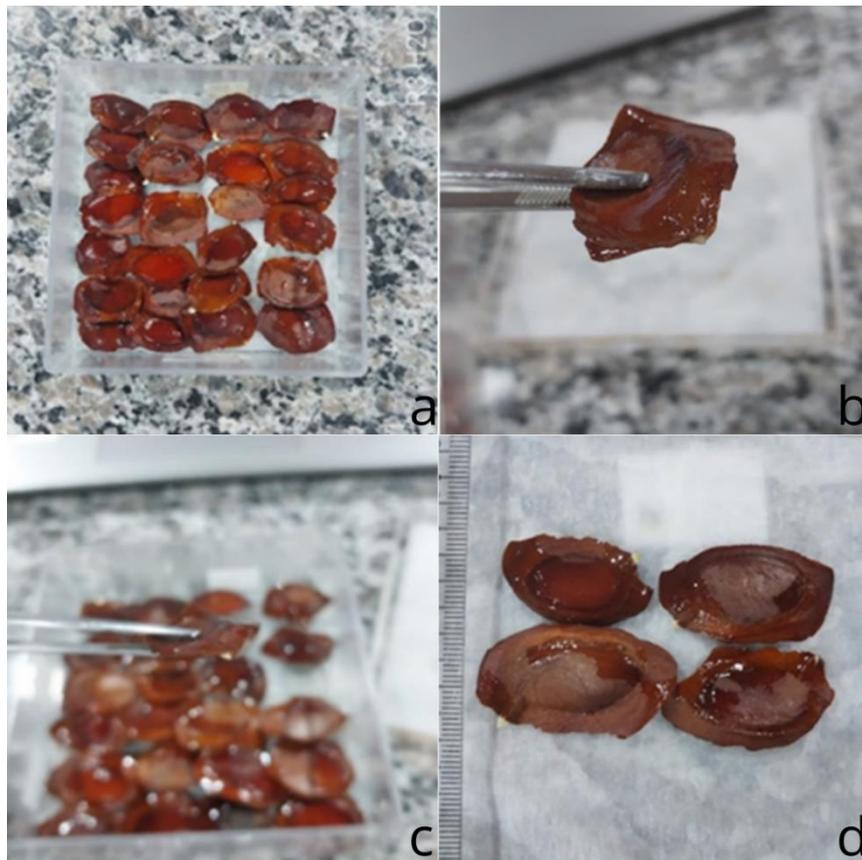


Figura 3: Sementes de *Khaya anthotheca* durante o período de avaliação ao 8º dia de avaliação. (a) Disposição as sementes; (b, c e d) Imagem aproximada de uma semente iniciando a germinação.

Fonte: Autora, 2024.

Foram classificadas como germinadas, as sementes que apresentaram radícula com mais de 2 mm de comprimento (Figura 4bc). As variáveis de germinação analisadas foram: porcentagem de germinação (G), (Brasil, 2009), tempo médio de germinação (TMG - dias) (Labouriau, 1983), e índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire, 1962).



Figura 4: Sementes de *Khaya anthotheca* durante o período de avaliação, sendo verificado se a radícula primária havia atingido o tamanho mínimo para ser considerada germinada. (a) Semente contaminada; (b) Semente com germinação anormal, onde a parte aérea não se desenvolveu; (c) Semente com germinação normal, com a presença de radícula e parte aérea.

Fonte: Autora, 2024.

Ao final do experimento, foram classificadas como plântulas normais (PN) aquelas que mostram potencial para dar origem a plantas normais, apresentando sistema radicular e epicótilo desenvolvido; e em plântulas anormais (PA) àquelas que não mostram potencial para dar origem a plantas normais, apresentando anomalias ou má formações morfológicas (BRASIL, 2009). As sementes não germinadas foram classificadas em duas categorias: sementes dormentes (que apresentou indícios de

impermeabilidade do tegumento à água ou algum tipo de dormência) e sementes mortas (que apresentaram algum tipo de deterioração ou presença de fungos).

A análise estatística foi realizada considerando cada reagente de forma individual para cada potencial osmótico, que foram subdivididos em experimentos específicos para cada potencial osmótico. Sendo cada tratamento avaliado independentemente. A análise estatística foi realizada com cada reagente sendo analisado individualmente para cada potencial osmótico, totalizando 28 tratamentos. Os dados das avaliações de germinação, IVG e TMG foram submetidos ao teste de Hartley ($p > 0,05$) e Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) para verificar a homogeneidade de variância entre os tratamentos e a distribuição normal dos resíduos, respectivamente. Conforme necessário, os dados foram transformados por meio do teste Box-Cox. Em seguida, a análise de variância (ANOVA, $p < 0,05$) foi aplicada e, de acordo com a significância, os dados foram comparados pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Os conjuntos de dados das avaliações foram analisados por meio de regressão utilizando modelos de regressão polinomial ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS DA PESQUISA

5.1. Avaliação da germinação, IVG e TMG sob concentrações de manitol e PEG-6000

Os resultados de germinação, IVG e TMG das sementes de *K. anthotheca*, submetidas às concentrações de manitol estão contidas na Tabela 2. Os tratamentos com -0,2 Mpa, -0,4 Mpa, -0,6 Mpa e -0,8 Mpa demonstraram ser estatisticamente superiores em comparação com os demais tratamentos de manitol, apresentando porcentagens de germinação acima de 80% (Tabela 2). Isso indica que as sementes de *K. anthotheca* são tolerantes a estas concentrações de manitol, mantendo altas taxas de germinação.

Tabela 2: Efeitos de diferentes concentrações de manitol na germinação, IVG e TMG das sementes de *K. anthotheca*.

Tratamento	Germinação	IVG	TMG
T1 (Controle)	85.00 a*	2.81 a	7.72 f
T2 (manitol -0,2)	85.00 a	2.58 a	8.43 e
T3 (manitol -0,4)	92.00 a	2.65 a	8.80 e
T4 (manitol -0,6)	80.00 a	1.99 b	10.34 d
T5 (manitol -0,8)	81.00 a	1.84 b	11.18 c
T6 (manitol -1,2)	60.00 b	1.02 c	14.85 b
T7 (manitol -1,6)	26.00 c	0.36 d	18.57 a

Fonte: Autora, 2024.

*As letras diferentes indicam grupos significativamente diferentes ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Valores médios seguidos pela mesma letra não variam estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott.

Para o IVG, o tratamento submetido a concentrações de -1,6 Mpa apresentou IVG estatisticamente menor (Tabela 2), sugerindo uma diminuição no vigor das sementes sob estas condições. Os demais tratamentos apresentaram as maiores médias estatísticas, demonstrando maior velocidade de germinação, indicando maior vigor das sementes. Quanto ao TMG, o tratamento -1,6 Mpa evidenciou-se com a maior média desse índice, indicando que as sementes demoraram mais para germinar à medida que a dose foi aumentada, refletindo menor vigor.

A porcentagem de germinação nas menores concentrações de manitol ficou próxima ao tratamento controle, como pode ser observado na Figura 5. Por outro lado, nas concentrações mais altas, houve uma redução na germinação. Assim, pequenas concentrações de manitol podem ser toleradas pelas sementes de *K. anthotheca*, mas concentrações acima de -1,2 Mpa tornam-se prejudiciais. Em solos com salinidade baixa a moderada, a germinação é semelhante ao controle, enquanto em alta salinidade, a germinação é reduzida.

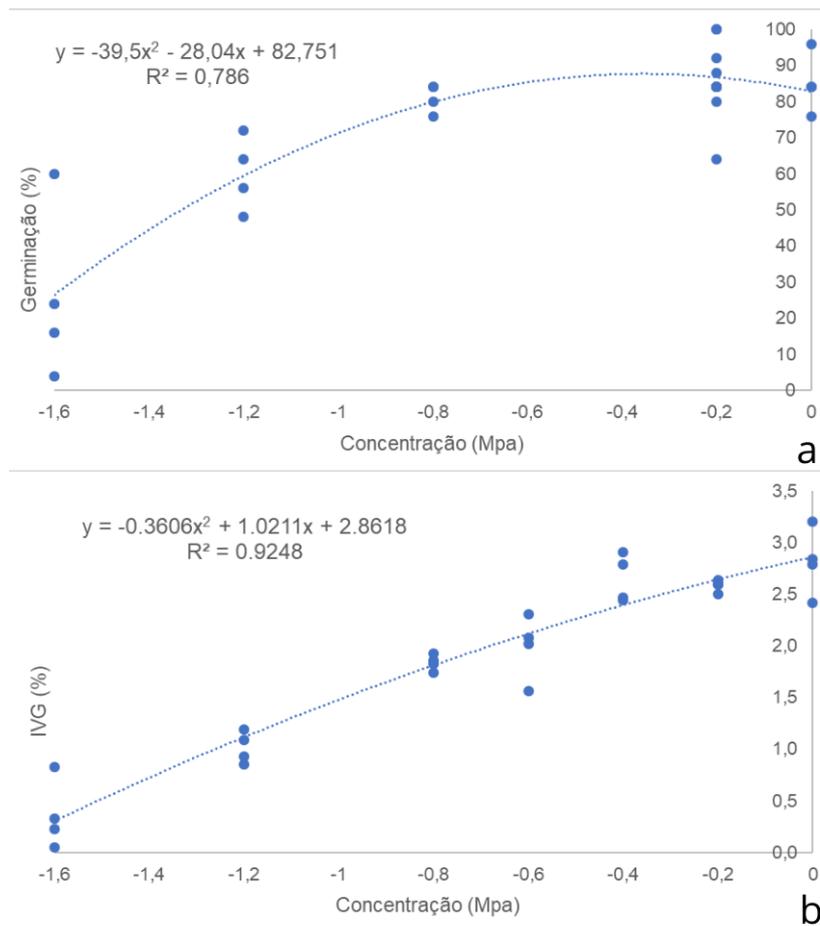


Figura 5: Ajuste de regressão polinomial. (a) dados para germinação em diferentes potenciais osmóticos de manitol para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas; (b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes potenciais osmóticos de manitol para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas.

Fonte: Autora, 2024.

A porcentagem de germinação das sementes submetidas ao PEG-6000 (Tabela 3) diminuiu à medida que a concentração do reagente aumentou. Na menor concentração (-0,2 Mpa), a germinação foi de 47%, enquanto na concentração mais

alta (-1,6 Mpa) a germinação foi zero. Isso indica que as sementes de *K. anthotheca* são menos resistentes ao estresse osmótico imposto pelo PEG-6000 em comparação com o manitol.

Observando o IVG, os tratamentos com PEG-6000 também mostram uma tendência de redução na velocidade de germinação com o aumento da concentração. Quanto ao TMG, os valores foram relativamente altos em todos os tratamentos com PEG-6000, sendo o reagente onde houve maior atraso na germinação das sementes. Os tratamentos com PEG-6000 nas concentrações -1,2 Mpa e -1,6 Mpa não tiveram germinação. Mesmo nas menores concentrações, a porcentagem de germinação e IVG se mostraram baixas, indicando que até mesmo pequenas quantidades de PEG-6000 afetaram a germinação das sementes. As concentrações de PEG-6000 de -0,2 Mpa, -0,4 Mpa e -0,6 MPa resultaram em taxas de germinação de 47, 41 e 36%, respectivamente, e IVG de 1,44, 1,13 e 0,82, respectivamente.

Tabela 3: Efeitos de diferentes concentrações de PEG-6000 na germinação, IVG e TMG das sementes de *K. anthotheca*.

Tratamento	Germinação	IVG	TMG
T1 (Controle)	85.00 a*	2.81 a	7.72 a
T2 (PEG-6000 -0,2)	47.00 b	1.44 b	8.31 a
T3 (PEG-6000 -0,4)	41.00 b	1.13 c	9.25 a
T4 (PEG-6000 -0,6)	36.00 b	0.82 c	11.22 a
T5 (PEG-6000 -0,8)	9.00 c	0.19 d	9.05 a
T6 (PEG-6000 -1,2)	0.00 c	0.00 d	0.00 b
T7 (PEG-6000 -1,6)	0.00 c	0.00 d	0.00 b

Fonte: Autora, 2024.

*As letras diferentes indicam grupos significativamente diferentes ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Valores médios seguidos pela mesma letra não variam estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott.

Ao compararmos os resultados deste estudo com de Fanti *et al.* (2004), para *Ceiba speciosa* (A.St-Hil.) Ravenna (paineira) observaram uma redução na viabilidade das sementes com a diminuição do potencial osmótico, reportando uma queda significativa na germinação a partir de -0,5 Mpa para o PEG 6000 e -0,6 Mpa para o manitol, com o limite de tolerância ao PEG 6000 entre -0,6 e -0,7 Mpa, e ao manitol

entre -1,4 e -1,6 Mpa. Para a *K. anthotheca*, a germinação também começou a ser significativamente afetada a partir de -1,6 Mpa para o manitol, mas caiu drasticamente a partir de -0,8 Mpa para o PEG-6000, atingindo 0% em -1,2 Mpa para ambos os solutos, (Figura 5 e 6) indicando uma menor tolerância ao estresse hídrico do mogno em comparação à paineira.

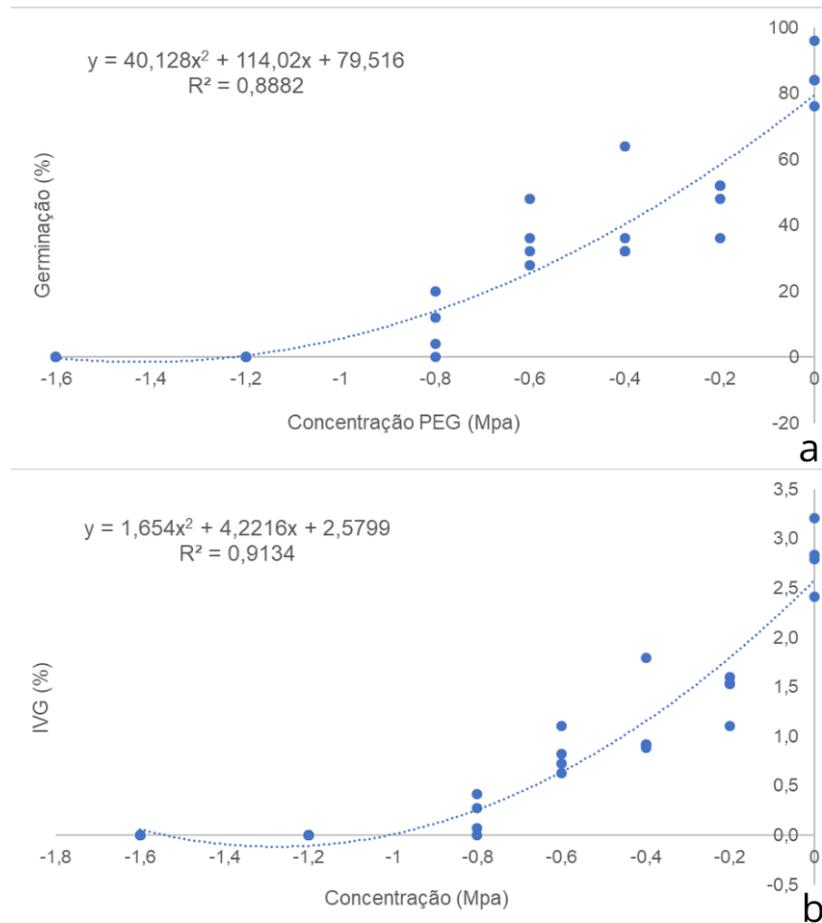


Figura 6: Ajuste de regressão polinomial. (a) dados para germinação em diferentes potenciais osmóticos de PEG-6000 para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas; (b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes potenciais osmóticos de PEG-6000 para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas.

Fonte: Autora, 2024.

A diferença no limite máximo de tolerância ao estresse hídrico simulado pelos agentes PEG-6000 e manitol pode ser atribuída à permeabilidade diferencial do tegumento das sementes aos solutos de baixo peso molecular. O manitol penetra nas sementes, reduzindo o efeito de seca, enquanto o PEG-6000, devido ao seu alto peso

molecular e alta viscosidade, impede a penetração através das membranas celulares e reduz a disponibilidade de oxigênio, afetando a germinação (Bradford, 1995).

5.2. Avaliação da germinação, IVG e TMG sob concentrações de NaCl e KCl

Para os tratamentos submetidos aos sais, NaCl (Tabela 4) e KCl (Tabela 5), as porcentagens de germinação não apresentaram quedas até o potencial osmótico de -0,6 Mpa, no entanto a partir de -0,8 Mpa, reduções significativas na viabilidade foram registradas (Figura 7 e figura 8). Além disso nas concentrações de -1,2 e -1,6 Mpa resultaram em completa inibição da germinação.

Tabela 4: Efeitos de diferentes concentrações de NaCl na germinação, IVG e TMG das sementes de *K. anthotheca*.

Tratamento	Germinação	IVG	TMG
T1 (Controle)	85.00 a*	2.81 a	7.72 e
T2 (NaCl -0,2)	86.00 a	2.54 a	8.73 d
T3 (NaCl -0,4)	84.00 a	2.09 b	10.43 c
T4 (NaCl -0,6)	78.00 a	1.54 c	12.98 b
T5 (NaCl -0,8)	21.00 b	0.37 d	14.10 a
T6 (NaCl -1,2)	0.00 c	0.00 e	0.00 f
T7 (NaCl -1,6)	0.00 c	0.00 e	0.00 f

Fonte: Autora, 2024.

*As letras diferentes indicam grupos significativamente diferentes ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Valores médios seguidos pela mesma letra não variam estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott.

Tabela 5: Efeitos de diferentes concentrações de KCl na germinação, IVG e TMG das sementes de *K. anthotheca*.

Tratamento	Germinação	IVG	TMG
T1 (Controle)	85.00 a*	2.81 a	7.72 a
T2 (KCl -0,2)	86.00 a	2.59 a	8.53 a
T3 (KCl -0,4)	89.00 a	2.34 b	9.67 a
T4 (KCl -0,6)	62.00 b	1.33 c	11.96 a
T5 (KCl -0,8)	3.00 c	0.06 4	6.62 a
T6 (KCl -1,2)	0.00 c	0.00 4	0.00 b

T7 (KCl -1,6)	0.00 c	0.00 4	0.00 b
---------------	--------	--------	--------

Fonte: Autora, 2024.

*As letras diferentes indicam grupos significativamente diferentes ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Valores médios seguidos pela mesma letra não variam estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott.

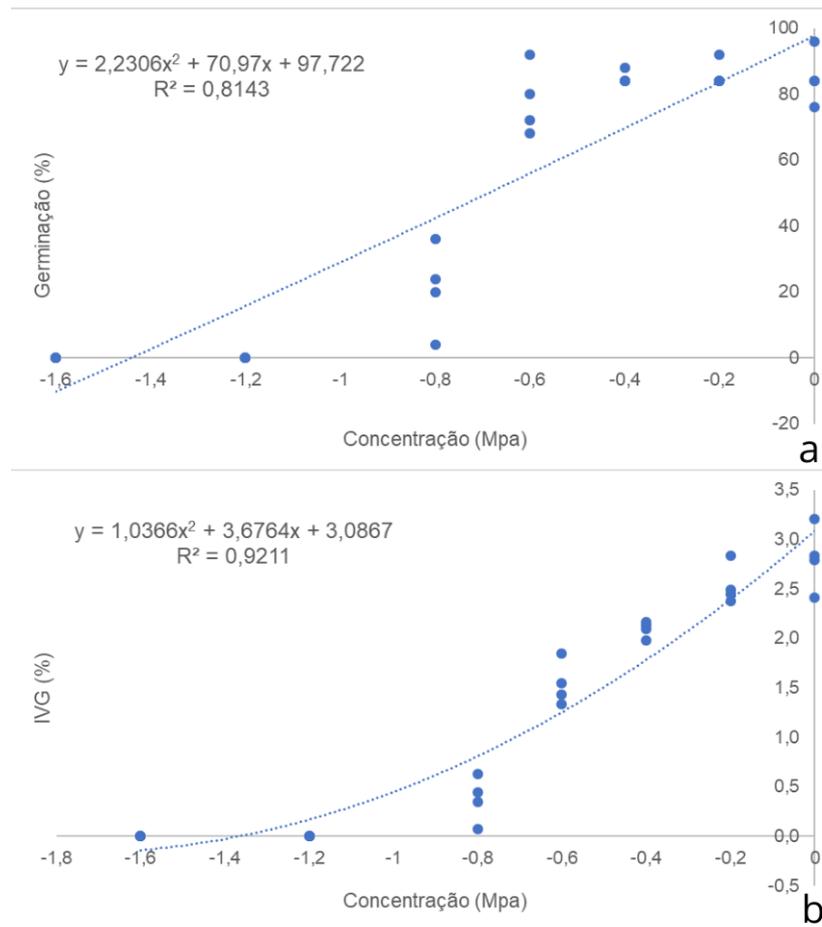


Figura 7: Ajuste de regressão polinomial. (a) dados para germinação em diferentes potenciais osmóticos de NaCl para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas; (b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes potenciais osmóticos de NaCl para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas.

Fonte: Autora, 2024.

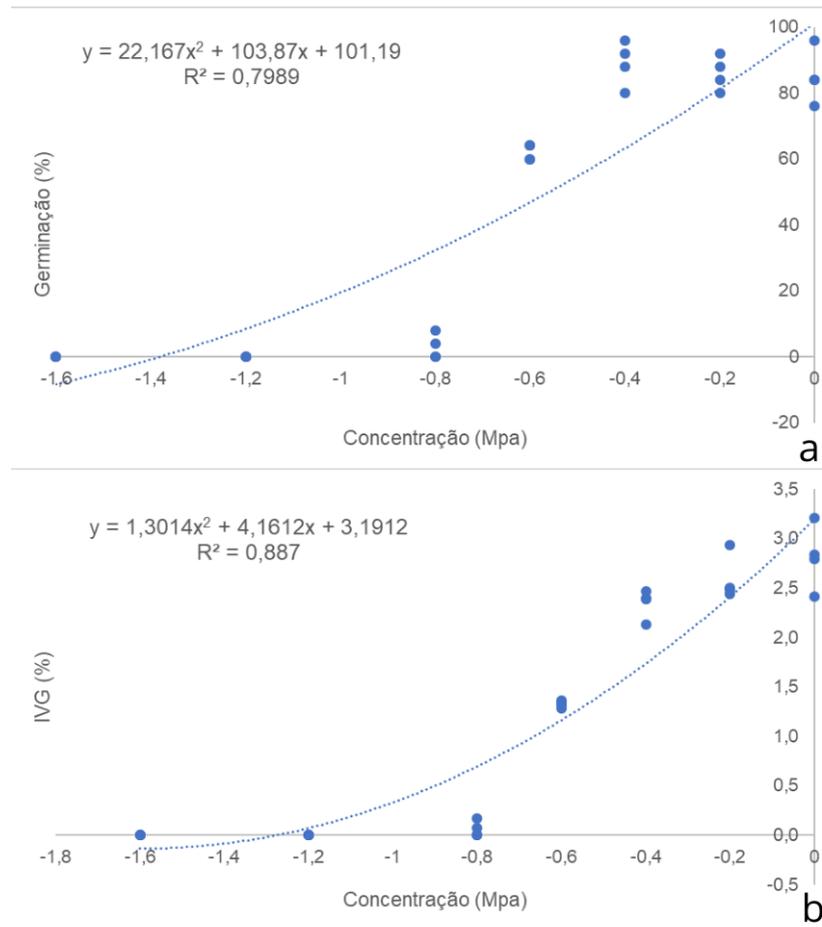


Figura 8: Ajuste de regressão polinomial. (a) dados para germinação em diferentes potenciais osmóticos de KCl para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas; (b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em diferentes potenciais osmóticos de KCl para a *Khaya anthotheca* nas variáveis analisadas.

Fonte: Autora, 2024.

A redução na porcentagem de germinação e o atraso no início do processo germinativo com o aumento do estresse salino podem estar relacionados pela incapacidade de absorção água por uma planta, mesmo o solo estando rico em água, produzida pela alta concentração de sais no meio germinativo. Esse aumento de sais resulta na diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, do potencial hídrico, afetando a cinética de absorção de água pelas sementes (efeito osmótico) e elevando a níveis tóxicos a concentração de íons no embrião (efeito tóxico) (Cramer *et al.*, 1986; Tobe *et al.*, 2000). A inibição do crescimento ocasionada pela salinidade, de acordo com Tobe *et al.* (2000), deve-se tanto ao efeito osmótico quanto ao efeito tóxico, que resultam na concentração de íons no protoplasma. Além desses efeitos, a

tolerância à salinidade envolve a capacidade do protoplasma de resistir a distúrbios no balanço iônico associados ao estresse salino, um fator que depende da espécie vegetal, do tipo de tecido e do vigor (Cramer *et al.*, 1986; Larcher, 2000).

Embora todos os solutos afetem negativamente a germinação em altas concentrações, nas concentrações de -0,2, -0,4 e -0,6 Mpa houve uma germinação relativamente alta. Os resultados indicam que *K. anthotheca* pode tolerar níveis baixos de estresse hídrico e salino, mas concentrações -0,8, -1,2 e -1,6 Mpa são prejudiciais. Isso é relevante para a escolha de ambientes de plantio e manejo de irrigação, especialmente em regiões sujeitas a salinização do solo.

5.3. Sementes não germinadas e normalidade de plântulas

A partir dos resultados apresentados nas tabelas 6, 7, 8 e 9 é possível observar que os tratamentos controle, manitol -0,2, manitol -0,4, KCl -0,2, e KCl -0,4 apresentaram germinação com plântulas normais acima de 60%. Por outro lado, uma grande parte dos tratamentos, com concentrações acima de -0,6 obtiveram 0% de germinação (manitol -0,8, manitol -1,2, manitol -1,6, NaCl -0,6, KCl -0,6, KCl -0,8, KCl -1,2, KCl -1,6, NaCl -0,8, NaCl -1,2, NaCl -1,6, PEG-6000 -0,6, PEG-6000 -0,8, PEG-6000 -1,2, e PEG-6000 -1,6), ou seja, mesmo nos tratamentos que germinaram, as sementes não foram capazes de gerar plântulas normais, caracterizadas pela presença de radícula e parte aérea.

Tabela 6: Percentuais de sementes normais, anormais, dormentes e mortas das sementes de *K. anthotheca* sob diferentes concentrações de manitol.

Tratamento	Normais	Anormais	Dormentes	Mortas
	%			
T1 (Controle)	63 a*	23 c	10 e	4 e
T2 (Manitol -0,2)	64 a	21 c	12 e	3 e
T3 (Manitol -0,4)	66 a	26 c	6 e	2 e
T4 (Manitol -0,6)	5 d	75 a	14 e	6 e
T5 (Manitol -0,8)	0 d	81 a	8 e	11 d
T6 (Manitol -1,2)	0 d	60 b	34 d	6 e
T7 (Manitol -1,6)	0 d	26 c	64 b	10 d

Fonte: Autora, 2024.

*As letras diferentes indicam grupos significativamente diferentes ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Valores médios seguidos pela mesma letra não variam estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott.

Tabela 7: Percentuais de sementes normais, anormais, dormentes e mortas das sementes de *K. anthotheca* sob diferentes concentrações de PEG-6000.

Tratamento	Normais Anormais Dormentes Mortas			
	%			
T1 (Controle)	63 a*	23 c	10 e	4 e
T2 (PEG-6000 -0,2)	18 b	29 c	49 c	4 e
T3 (PEG-6000 -0,4)	8 c	33 c	15 e	44 b
T4 (PEG-6000 -0,6)	0 d	36 c	53 c	11 d
T5 (PEG-6000 -0,8)	0 d	9 d	58 b	33 c
T6 (PEG-6000 -1,2)	0 d	0 d	83 a	17 d
T7 (PEG-6000 -1,6)	0 d	0 d	83 a	17 d

Fonte: Autora, 2024.

*As letras diferentes indicam grupos significativamente diferentes ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Valores médios seguidos pela mesma letra não variam estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott.

Tabela 8: Percentuais de sementes normais, anormais, dormentes e mortas das sementes de *K. anthotheca* sob diferentes concentrações de NaCl.

Tratamento	Normais Anormais Dormentes Mortas			
	%			
T1 (Controle)	63 a*	23 c	10 e	4 e
T2 (NaCl -0,2)	16 b	70 b	11 e	3 e
T3 (NaCl -0,4)	2 d	82 a	8 e	8 e
T4 (NaCl -0,6)	0 d	78 a	11 e	11 d
T5 (NaCl -0,8)	0 d	21 c	64 b	15 d
T6 (NaCl -1,2)	0 d	0 d	69 b	31 c
T7 (NaCl -1,6)	0 d	0 d	66 b	34 c

Fonte: Autora, 2024.

*As letras diferentes indicam grupos significativamente diferentes ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Valores médios seguidos pela mesma letra não variam estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott.

Tabela 9: Percentuais de sementes normais, anormais, dormentes e mortas das sementes de *K. anthotheca* sob diferentes concentrações de KCl.

Tratamento	Normais Anormais Dormentes Mortas			
	%			
T1 (Controle)	63 a*	23 c	10 e	4 e
T2 (KCl -0,2)	63 a	26 c	5 e	6 e
T3 (KCl -0,4)	0 d	62 b	25 d	13 d
T4 (KCl -0,6)	0 d	3 d	66 b	31 c
T5 (KCl -0,8)	0 d	0 d	47 c	53 a
T6 (KCl -1,2)	0 d	0 d	61 b	39 c
T7 (KCl -1,6)	63 a	23 c	10 e	4 e

Fonte: Autora, 2024.

*As letras diferentes indicam grupos significativamente diferentes ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Valores médios seguidos pela mesma letra não variam estatisticamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott.

Quanto à porcentagem de plântulas anormais, os tratamentos utilizando manitol -0,6, manitol -0,8, NaCl -0,2, NaCl -0,4 e NaCl -0,6 apresentaram uma porcentagem de germinação anormal acima de 70%. Em contraste, os tratamentos NaCl -1,2, NaCl -1,6, KCl -1,2, KCl -1,6, PEG-6000 -1,2 e PEG-6000 -1,6 apresentaram uma porcentagem de anormalidade de 0%. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que alguns desses tratamentos não tiveram nenhuma germinação, neste caso as sementes ficaram distribuídas como dormentes e mortas, como é o caso de NaCl -1,2, NaCl -1,6, KCl -1,2, KCl -1,6, PEG-6000 -1,2 e PEG-6000 -1,6, causando a impossibilidade de se avaliar a sua normalidade.

Segundo Almeida *et al.* (2011), a presença de sais no sistema radicular das plantas, resulta na diminuição da capacidade do sistema radicular em absorver água, induzindo ao déficit hídrico. Esse cenário, por consequência, acarreta na redução da porcentagem de fotossíntese e crescimento, fato que pode ter ocorrido nas plântulas *Khaya anthotheca*. Além disso, quando as plantas são submetidas a esse estresse, os efeitos iniciais não causam sintomas visíveis, como toxicidade, injúrias, desbalanço

nutricional ou desidratação, promovendo, no entanto, redução no crescimento (Fageria *et al.*, 2010).

Em relação às sementes que não germinaram, essas foram classificadas em duas categorias: dormentes e mortas. As porcentagens de sementes dormentes variaram com mínimos de 4%, no tratamento controle e máximos de 83%, no tratamento PEG-6000 -1,2 e PEG-6000 -1,6. A classificação das sementes mortas variou de 2 % para o manitol -0,4 a 53% para o KCl -1,2. A maioria das amostras apresentou porcentagens abaixo de 30%, com exceção das amostras NaCl -1,2, NaCl -1,6, KCl -0,8, KCl -1,2, KCl -1,6, PEG-6000 -0,4 e PEG-6000 -0,8. A mediana das porcentagens foi de 9%, indicando uma tendência central moderada. É importante destacar que a maior porcentagem de ocorrência de sementes mortas foi devido à contaminação.

Podemos inferir que as sementes de *K. anthotheca* não germinaram devido aos estresses simulados pelos tratamentos, que reduziram a disponibilidade de água necessária para a reidratação das sementes e iniciaram a germinação. Segundo Rego *et al.* (2011), a primeira condição para a germinação de uma semente viável e não dormente é a disponibilidade de água para sua reidratação. Todas as sementes, exceto aquelas com barreiras físicas, se hidratam na presença de água (Carneiro; Braccini, 1996).

Quanto as sementes classificadas como mortas, semelhantemente a espécie aqui estudo apresentou alta porcentagem de contaminação nos tratamentos de PEG-6000. De maneira geral, a contaminação variou bastante, sugerindo que alguns tratamentos foram mais afetados por agentes contaminantes. Notou-se também uma grande quantidade de sementes dormentes, assim classificadas por se apresentarem vivas e rígidas, o que pode indicar um comportamento de dormência. Onde, em condições adversas, as sementes ativam mecanismos de dormência para evitar a germinação em ambientes desfavoráveis, garantindo assim sua sobrevivência até que as condições melhorem.

A espécie deste estudo apresentou alta porcentagem de contaminação nos tratamentos de PEG. De maneira geral, a contaminação apresentou grande variação, sugerindo que alguns tratamentos foram significativamente mais afetados por agentes contaminantes. Fanti *et al.* (2004) observou grande incidência de fungos quando as sementes de paineira foram expostas aos diferentes potenciais osmóticos das

soluções de PEG 6000, reduzindo seu vigor e viabilidade. A dormência destacou-se como a categoria com as maiores porcentagens individuais, e as sementes contaminadas, foram classificadas como mortas.

A redução acentuada na porcentagem de sementes normais em concentrações mais altas de manitol, NaCl, KCl e PEG-6000 indica que esses solutos, em níveis elevados, criam condições adversas que impedem a germinação, provavelmente devido ao estresse osmótico ou toxicidade. A ocorrência de alta porcentagem de plântulas anormais para manitol -0,6 (75 %), manitol -0,8 (81 %), manitol -1,2 (60 %), NaCl -0,2 (70 %), NaCl -0,4 (82 %), NaCl -0,6 (78 %) e KCl -0,6 (62 %), mostra que, embora algumas sementes germinem, elas apresentam deformidades que prejudicam seu desenvolvimento. Isso sugere que as sementes de *K. anthotheca* têm uma tolerância limitada a condições de estresse osmótico e salino, resultando em alta porcentagem de anormalidade, sendo exceção apenas os tratamentos controle, manitol -0,2, manitol -0,4, KCl -0,2 e KCl -0,4, com porcentagem de plântulas normais superior à porcentagem de anormalidade.

6. CONCLUSÃO

Pode-se inferir que baixas concentrações de agentes osmóticos como manitol podem ser toleradas pelas sementes de *K. anthotheca*, mas concentrações elevadas tornam-se prejudiciais. As concentrações elevadas não só afetam a porcentagem de germinação, como retardam a velocidade de germinação. Na prática, isso significa que ao preparar substratos para a semeadura em viveiro, deve-se evitar substratos que contenham sais, e isso pode prevenir atrasos na germinação e assegurar um desenvolvimento mais uniforme das plântulas, facilitando o manejo e a produção em larga escala de mudas saudáveis de *K. anthotheca*.

Quanto ao PEG, pode-se constatar que mesmo nas concentrações menores resultaram em menor percentual germinativo e menor vigor, indicando que mesmo baixas quantidades de PEG afetaram negativamente a germinação das sementes. Para os sais NaCl e KCl, a germinação não foi significativamente afetada até -0,6 Mpa, mas concentrações de -0,8 Mpa ou superiores reduziram a viabilidade, com completa inibição da germinação em -1,2 e -1,6 Mpa.

Sementes de *K. anthotheca* podem tolerar níveis baixos de estresse hídrico e salino. Portanto, conclui-se que os estresses induzidos afetaram a viabilidade e a qualidade das sementes, destacando a importância da continuidade de estudos para entender melhor a resposta das sementes a condições de estresse.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo proporcionou uma compreensão dos efeitos que diferentes concentrações de manitol, PEG-6000, KCl e NaCl na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Khaya anthotheca*. Além da capacidade da espécie de tolerar baixos níveis de estresse hídrico e salino, tornando-se suscetível a concentrações mais elevadas desses solutos, especialmente ao manitol e ao PEG. Esses resultados poderão influenciar a escolha de ambientes de semeadura em viveiro, especialmente em áreas onde há salinização do solo.

A identificação dos limites de tolerância desta espécie a diferentes condições de estresses hídrico e salino, irá fornecer dados para o cultivo em diferentes ambientes. Além disso, o estudo destaca-se devido a importância que a *K. anthotheca* apresenta para a silvicultura, sendo uma espécie de grande valor comercial pela produção de madeira nobre.

A natureza da dormência observada no experimento pode ter sido induzida pelo estresse causado pelos reagentes utilizados. As sementes de *K. anthotheca* apresentaram dificuldades de germinação em presença de concentrações mais elevadas das soluções testadas, sugerindo que esses solutos podem ter contribuído para a indução da dormência. Esse tipo de dormência pode ser uma resposta adaptativa ao estresse ambiental, garantindo que a germinação ocorra apenas quando as condições se tornarem mais favoráveis.

Portanto, a elaboração de novos estudos explorando os mecanismos fisiológicos e bioquímicos que conferem resistência ou suscetibilidade das sementes de *K. anthotheca* a esses estresses é fundamental, bem como investigar mais a fundo a natureza da dormência induzida pelos solutos utilizados. Compreender como e por que as sementes entram em dormência sob condições de estresse pode fornecer informações valiosas para melhorar as taxas de germinação e o manejo de viveiros.

8. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W.S. *et al.* Identificação de genótipos de feijão-caupi tolerantes a salinidade, avaliado por meio de método multivariado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.11, 2011.
- ARNOLD, R. J. *Khaya senegalensis*: current use from its natural range and its potential in Sri Lanka and elsewhere in Asia. In: PROSPECTS for high-value hardwood timber plantations in the 'dry' tropics of northern Australia, Mareeba, Queensland, 2004. Proceedings. Queensland: **Private Forestry North Queensland Association Inc**, 2004.
- BAKER, H.G. Seed weight in relation to environmental conditions in Califórnia. **Ecology, Victoria**, v.53, n.6, p.998-1010, 1972. Tester; Davénport, 2003.
- BERLYN, G. P. (1972) Seed fermentation and morphogenesis. In: Kozlowsk, T. T. *Seed Biology*. New York: **Acad. press.**, v. 1, p. 223-312.
- BIANCHETTI, A. Tecnologia de sementes de essências florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.3, n.3, p.27-46, 1981.
- BRACCINI, A. L. *et al.* Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 10-16, jan./jun. 1996.
- BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker Inc., 1995. p.351-396.
- BRAGA, F. de A.; VALE, F. R. do; VENTURIM, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. de A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de Sementes**. SNAD/ DNDV/CLAV, Brasília, Brasil, 2009. 365 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf/. Acesso em: 05 mar. 2024.
- CARNEIRO, J.W.P.; BRACCINI, A.L. Relações hídricas durante a germinação de sementes. **Informativo Abrates**, Brasília. v.6, n.2-3, p. 68-76. 1996.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.
- CASTRO, R. D; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. **Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água**. p. 51-68. In: FERREIRA, A. G; BORGHETTI, F. (eds.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre: RS, 2004, 324p.
- CHAVARRIA, G; *et al.* Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1387-1393, 2015.
- CONSERVATOIRE ET JARDIN BOTANIKUES DE LA VILLE DE GENÈVE AND

SOUTH AFRICAN NATIONAL BIODIVERSITY INSTITUTE. African plant database. Pretoria, 2012

CRAMER, G. R., *et al.* Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. **Plant Physiology**, v.81, p.792-797, 1986.

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

DA SILVA, L. S. *et al.* Comportamento de semente de arroz sob diferentes potenciais osmóticos. 2013.

DOUCET, J. L. *et al.* Enrichment of Central African logged forests with high-value tree species: testing a new approach to regenerating degraded forests. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management**, v. 12, p. 83–95, 2016.

FAGERIA, N.K. *et al.* Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H.R. *et al.* Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicativos. Fortaleza: INCT Sal, 2010. Cap.13, p.205-218.

FANTI, S. C. *et al.* (2004), Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39, 903-909.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. 2000.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004.

GOMES FILHO, A. *et al.* Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi cv. BRS Pajeú. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2019. p. 60-73.

HARDEGREE, S. P.; EMMERICH, W. E. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 1, p. 1-7, 1994

HASEGAWA, P. M. *et al.* Cellular mechanisms of tolerance to water stress. **HortScience**, Alexandria, v.19, n. 3, p. 371-7. 1984.

HINES, D. H.; ECKMAN, K. Indigenous multipurpose trees of Tanzania: uses and economic benefits for people. Rome: **FAO**, 1993. 276 p.

IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. IUCN Red List. **Cambridge**, 2018.

JUNIOR, A. M., Produção de sementes, **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/producao-de-sementes/>. Acesso em: 05 abr. 2024.

KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae**

Plantarum, Heidelberg, v. 30, n. 1, p.81-89, 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-007-0093-7/>. Acesso em: 05 abr. 2024.

KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com araucária. 1983. 233 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

LABOURIAU, L. G. 1983. A germinação das sementes, Monografias Científicas, **Washington, USA**, 170 p.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit**, 1990. 343 p.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. Trad. de C.H.B.A. **Prado**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LARRÉ, C. F. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de arroz tratadas com solução salina e 24-epibrassinolídeo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p.86-94, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010131222011000100010&script=sci_abstract&tlng=p t/. Acesso em: 05 abr. 2023

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.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. **Piracicaba: Fealq**, 2015. 665p.

MAROYI, A. *Khaya anthotheca*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). Plant resources of Tropical Africa. **Wageningen: PROTA Foundation**, 2008.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. **London: Pergamon Press**, 1989. 270p.

MORAES, A. F. G; LEMOS DE MENEZES, Nilson. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, 2003.

OFORI, D. A.; OPUNI-FRIMPONG, E.; COBBINAH, J. R. Provenance variation in *Khaya* species for growth and resistance to shoot borer *Hypsipyla robusta*. **Forest Ecology and Management**, v. 242, p. 438-443, 2007.

OLIVEIRA, A. B. de; GOMES-FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista brasileira de sementes**, v. 31, p. 48-56, 2009.

OPUNI-FRIMPONG, E. *Khaya grandifoliola*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). Plant resources of Tropical Africa. **Wageningen: PROTA Foundation**, 2008.

OPUNI-FRIMPONG, E.; *et al.* Managing mahogany plantation in the tropics: field guide for farmers. Kumasi/Ghana: **Forest Institute of Ghana**, 2016. 95 p.

PELEGRINI, L. L. *et al.* Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 23, n. 2, p. 511-519, abr.-jun., 2013. ISSN 0103-9954.

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T. A generic monograph of Meliaceae. **Blumea**, v. 22, n. 3, p. 419-540, 1975.

PEREIRA, M. R. R. *et al.* Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, v.28, n.4, p.537-545, 2012.

PEREZ, S. C. J. G. de A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Influência da luz na germinação de sementes de canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia**, v. 60, p. 155-166, 2001.

PFAF. *Khaya anthotheca*. Plantas para um futuro. Disponível em: <https://pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Khaya+anthotheca>. Acesso em: 6 mai. 2024.

PINHEIRO, A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. C. Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya* spp.). Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura**, 2011. 102 p.

PRACIAK, A. *et al.* (Ed.). The CABI encyclopedia of forest trees. **Oxfordshire**: CABI, 2013. 523 p.

REGO, S. S. *et al.* Influência de potenciais osmóticos na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan (Angico-branco) - Mimosaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 549-551, 2007.

REIS, C. A. F.; DE OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. **Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil**. 2019.

RIBEIRO, M. C. C.; MARQUES, B. M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.281-284, 2001.

SADEGHI, H. *et al.* Effect of mannitol on germination and growth parameters of basil (*Ocimum basilicum*) under salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, v. 10, n. 62, p. 13469-13474, 2011.

SELVA FLORESTAL. Espécie de mogno africano mais plantada no Brasil. **Selva Florestal**. Disponível em: <https://selvaflorestal.com/especies-de-mogno-africano-mais-plantadas-no-brasil/>. Acesso em: 6 jun. 2024.

SILVA, A. L. Cultivo sustentável de mogno-africano. **Revista Brasileira de Arboricultura**, v. 2, n. 4, p. 123-130, 2013.

SILVA, E. A. A.; OLIVEIRA, J. M.; PEREIRA. **Fisiologia de sementes**. p. 15-40. In.:

BARBEDO, C. J.; SANTOS JÚNIOR, N. A. (eds) Sementes do Brasil-produção e tecnologia para espécies da flora brasileira. Instituto de Botânica, São Paulo: SP, 2018.

SILVA, J. B.; RODRIGUES, T. J. D.; VIEIRA, R. D. Desempenho de sementes de soja submetidas a diferentes potenciais osmóticos em polietilenoglicol. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1634-1637, 2006.

SIMONI, F. *et al.* Sementes de *Sorghum bicolor* L. – Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000). *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Pernambuco, v.11, n.1, p.188-192, 2011.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAIZ, L., Zeiger E. 2013. *Fisiologia Vegetal*. 5th. edn. Porto Alegre, Artmed.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, n. 3, p. 391-396, Mar. 2000.

VILLELA, F. A.; DONI F. L.; SEQUEIRA, E. L. **Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietilenoglicol 6.000 e da Temperatura**. 1991. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/106202/>. Acesso em: 18 dez. 2023.

VERSLUES PE, Bray EA (2006) Role of abscisic acid (ABA) and *Arabidopsis thaliana* ABA-insensitive loci in low water potential-induced ABA and proline accumulation. **J Exp Bot** 57:201–212.

WALLAU, R. L. R.; BORGES, A. R.; ALMEIDA, D. R.; CAMARGOS, S. L. Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, v.14, n.4, p.304-310, 2008.