



Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Biologia Aplicada

Protocolo de Culminação de estudos II

Relatório Final (Investigação)

**Avaliação do tempo de imersão de sementes em ácido
sulfúrico para quebra de dormência tegumentar da *Millettia
stuhlmanii* (Taub.) (Jambirre)**

Autora:

Laila Carlos Cuna



Maputo, Setembro de 2025





Faculdade de Ciências

Departamento de Ciências Biológicas

Licenciatura em Biologia Aplicada

Protocolo de Culminação de estudos II

Relatório Final (Investigação)

**Avaliação do tempo de imersão de sementes em ácido
sulfúrico para quebra de dormência tegumentar da *Milletia
stuhlmanii* (Taub.) (Jambirre)**

Autora:

Laila Carlos Cuna
Quilambo

Guilundo

Supervisores:

Prof. Doutor Orlando

Prof^a. Doutora. Célia Martins

Mestre Sónia Ventura

Mestre Milton Pinho



Lic. Nilso Mangué

Maputo, Setembro de 2025



Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, dono da minha vida, pela força, pela saúde, pela sabedoria e pela proteção em cada etapa desta caminhada.

À minha mãe Vitória Vasco Machava, que com enorme sacrifício custeou toda a minha formação e nunca deixou de acreditar em mim. Este trabalho também é fruto do seu esforço, sacrifício e a sua dedicação para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus docentes e supervisores: Prof. Doutor. Orlando Quilambo, Prof^a. Doutora Célia Martins, Mestre Sónia Guilundo, Mestre Milton Pinho e Lic. Nilso da Silva, pela dedicação, paciência e contributo essencial na minha formação, transmitindo não apenas conhecimentos, mas também valores que levarei para a vida.

As minhas tias Nana Maria, também aos meus primos Dudu, Big, Sílvia, Sarifa e Cacilda, pela presença, encorajamento, apoio nas horas mais difíceis e ajuda moral e financeira. nomeadamente com o dinheiro para o transporte, fichas, etc, o que tantas vezes me permitiu seguir os estudos com firmeza.

A minha irmã Safira e aos meus sobrinhos Ken e Nasser pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Aos meus amigos, pela amizade, apoio nos momentos de incerteza e por partilharem comigo as alegrias e as dificuldades desta etapa.

Aos meus colegas de curso pelo companheirismo e pelas partilhas ao longo destes anos, que tornaram esta jornada mais leve, divertida e enriquecedora.

O meu obrigado também vai para os meus pastores, Amândio e Isaura pelo apoio espiritual, pelas palavras de fé e encorajamento que tantas vezes me fortaleceram.

A todos, meu muito obrigado, de coração. Sem o vosso apoio, este trabalho não teria sido possível.



Dedicatória

Dedico este trabalho à memória da minha avó **Marta Jossias Sambo**, que me criou com amor e dedicação. Onde quer que ela esteja, que receba a minha profunda gratidão e todo o meu carinho.



Declaração de Honra

Eu, Laila Carlos Cuna, Declaro, sob compromisso de honra, que o presente trabalho intitulado “Avaliação do tempo de imersão de sementes em ácido sulfúrico para queda de dormência tegumentar da *Millettia stuhlmannii* (Taub.) (Jambirre)” é de minha autoria.

Declaro ainda que todas as fontes consultadas foram devidamente referenciadas ao longo do trabalho e que nenhuma parte foi plagiada, copiada ou reproduzida de forma indevida. As ideias, análises e conclusões aqui apresentadas resultam de trabalho pessoal e da pesquisa desenvolvida durante o período de elaboração do relatório, não tendo sido utilizado qualquer meio ilícito.

Esta declaração é feita com plena consciência das consequências legais e acadêmicas decorrentes de qualquer tipo de falsificação, plágio ou má conduta científica.



(Laila Carlos Cuna)

Epígrafe

*"Os que semeiam com lágrimas, com júbilo colherão.
Aquele que leva a preciosa semente, andando e chorando,
voltará, sem dúvida, com alegria, trazendo consigo os seus molhos."
— Salmos 126:5-6 —*



Resumo

A *M. stuhlmannii* é explorada a níveis insustentáveis, e prevê-se um rápido esgotamento da espécie. que tem um crescimento e desenvolvimento lento (60 anos). por outro lado, esta espécie apresenta dormência tegumentar. O presente estudo teve como objectivo avaliar o efeito do ácido sulfúrico a 98% em diferentes períodos de incubação na superação de dormência de *M. stuhlmannii*. O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatros tratamentos: T1 – controlo, T2 – incubação em ácido sulfúrico por 10 minutos, T3 - incubação em ácido sulfúrico por 20 minutos e T4 - incubação em ácido sulfúrico por 30 minutos. Após a escarificação as sementes foram colocadas a germinar por 30 dias em copos com área grossa previamente esterilizada. Foi avaliada a taxa de germinação (PG%), índice de velocidade germinação (IVG), tempo de médio de germinação (TMG) e velocidade média de germinação (VMG), e as sementes intactas e deterioradas foram expressas em percentagem. A escarificação química com ácido sulfúrico a 98% nos períodos testados não se mostrou eficiente na quebra de dormência tegumentar de sementes de *M. stuhlmannii*, embora tenham sido observadas diferenças significativas nos parâmetros de percentagem de germinação (PG) e índice de velocidade de germinação (IVG). Com esses resultados, sugere-se o teste de períodos mais curtos, e concentrações mais baixas, e também outros métodos para a quebra de dormência tegumentar da espécie em estudo para a produção de mudas mais rápido que o normal.

Palavras-Chave: Dormência; Escarificação; Germinação;; Reflorestamento .

Lista de Abreviaturas

PG – Percentagem de Germinação
IVG – Índice de Velocidade de Germinação
TMG – Tempo Médio de Germinação
VMG – Velocidade Média de Germinação
UEM – Universidade Eduardo Mondlane
CIF – Centro de Investigação Florestal
ANOVA – Análise de Variância
 H_2SO_4 – Ácido Sulfúrico
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
FAEF – Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
MADER – Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural
ABA – Ácido Abscísico
GA – Giberelina
DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia
ha – Hectare
mm – Milímetro
cm – Centímetro
°C – Graus Celsius
pH – Potencial Hidrogeniônico
GL – Graus de Liberdade
SQ – Soma dos Quadrados
QM – Quadrado Médio
F – Estatística F de Fisher
T1 – Tratamento 1 (controlo)
T2 – Tratamento 2 (10 minutos de imersão)
T3 – Tratamento 3 (20 minutos de imersão)
T4 – Tratamento 4 (30 minutos de imersão)
ns – Não Significativo
p – Nível de significância estatística
V/V – Volume por Volume
LAB – Laboratório
PDF – Planta de Desenvolvimento Florestal
IV – Índice de Velocidade
SD – Superação de Dormência
EF – Escarificação Física
EQ – Escarificação Química
ET – Escarificação Térmica
TM – Tratamento Mecânico
TC – Tratamento Químico
TT – Tratamento Térmico



Lista de tabelas

Tabela 2: Análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de *Tukey* a 5% de significância para o parâmetro Taxa de germinação (PG%) de sementes de *Millettia stuhlmanii* submetidas a diferentes períodos de incubação (Anexo 1).

Tabela 3: Análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de *Tukey* a 5% de significância para o parâmetro Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Millettia stuhlmanii* submetidas a diferentes períodos de incubação (Anexo 2).

Tabela 4: Análise de variância (ANOVA) a 5% de significância para o parâmetro Velocidade média de germinação (VMG) de sementes de *Millettia stuhlmanii* submetidas a diferentes períodos de incubação (Anexo 3).

Tabela 5: Análise de variância (ANOVA) a 5% de significância para o parâmetro Tempo medio de germinação (TMG) de sementes de *Millettia stuhlmanii* submetidas a diferentes períodos de incubação (Anexo 4).



Lista de figuras

Figura 1: Localização geográfica do local da área de estudo.

Figura 2: Taxa de germinação de sementes de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

Figura 3: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico após 30 dias. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

Figura 4: Velocidade média de germinação (VMG) de sementes de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico após 30 dias. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

Figura 5: Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico após 30 dias. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

Índice

Agradecimentos.....	i
Dedicatória.....	ii
Declaração de Honra.....	iii
Epígrafe.....	iv
Resumo.....	v
Lista de Abreviaturas.....	vi
Lista de tabelas.....	vii
Lista de figuras.....	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Problema do estudo.....	3
1.2. Justificativa.....	4
1.3. Objectivos:.....	6
1.3.1. Geral:.....	6
1.3.2. Específicos:.....	6
1.4. Hipóteses.....	6
2. Revisão bibliográfica.....	7
2.1. Aspectos gerais.....	7
2.2. Distribuição Geográfica e Habitat Natural.....	7
2.3. Aspectos Ecológicos.....	8
2.3.1. Adaptações ao Clima e ao Solo.....	8
2.3.2. Papel Ecológico e Importância Ambiental.....	8
2.3.3. Importância Ecológica e Económica.....	8
2.4. Classificação Taxonómica.....	9
2.5. Dormência tegumentar das sementes.....	9
2.5.1. Tipos de Dormência das Sementes.....	9



2.5.2. Fatores que Contribuem para a dormência da Semente.....	9
2.5.3. Vantagens e Desvantagens da Dormência das Sementes.....	10
2.2.4. Métodos de Quebra de Dormência em Sementes com Dormência Tegumentar.....	11
2.2.5 Técnicas Mecânicas.....	11
2.2.6. Métodos Térmicos.....	11
2.2.7. Tratamentos Químicos.....	11
3. Área de estudo.....	13
4. Material e Métodos.....	14
4.2. Amostragem.....	14
4.3. Métodos.....	14
4.4. Desenho experimental.....	15
5. Gestão e análise de dados.....	16
6. Resultados.....	17
6.2. Taxa de germinação (PG).....	17
6.3. Índice de velocidade de germinação (IVG).....	17
6.4. Velocidade média de germinação (VMG).....	18
7. Discussão.....	21
8. Conclusão.....	25
9. Recomendações.....	26
10. Referencias bibliográficas.....	27
Anexos.....	32

1. Introdução

O sector florestal em Moçambique desempenha um papel importante para a economia e desenvolvimento do país, e estima-se que 40 milhões de hectares (ha) ou 50% da área terrestre moçambicana seja coberta por florestas nativas, principalmente florestas de Miombo que são a fonte primaria da maior parte das espécies madeiras (Ministério Da Agricultura, 2006; Aquino *et al.*, 2016). Em contrapartida, a exploração comercial da madeira e a sua exportação constitui uma importante fonte de divisas para o país (Ministério Da Agricultura, 2006; Aquino *et al.*, 2018).

O crescimento populacional no país, o crescente interesse na exploração das espécies madeiras para exportação, crescimento da agricultura comercial, o índice de desflorestação anual tem aumentado num ritmo de perda anual de cerca de 217 000 hectares o que equivale a 0.58% (Ribeiro e Nhabanga, 2009; Teixeira, 2018; Mussagy *et al.*, 2021). Aliado a isso, assiste-se a exploração e comercialização ilegal da madeira que têm implicações muito negativas na colecta de receitas dos operadores que cumprem com os regulamentos e com sobre-exploração destes recursos num nível insustentável, contribuindo assim com o aumento do índice de desflorestamento (Aquino *et al.*, 2016).

O mercado madeireiro em Moçambique é dominado por quatro espécies: *Dalbergia melanoxylon* (pau preto); *Pterocarpus angolensis* (umbila); *Azelia quanzensis* (chanfuta) e *Millettia stuhlmannii* (jambirre), e estas fazem parte das espécies madeiras mais concorridas nos mercados imobiliário nacional e internacional (Silva *et al.*, 2012; Aquino *et al.*, 2018).

A *Mi. stuhlmannii* Taub. (jambirre) é uma espécie da família fabaceae, com distribuição restrita no sul da Tanzânia, leste do Zimbabwe e Moçambique (Louppe *et al.*, 2008). A semelhança com outras espécies madeiras valiosas tem levado à sua exploração excessiva e em níveis insustentáveis, o que poderá levar ao rápido esgotamento das populações naturais da espécie. Inventários florestais indicam que a densidade de indivíduos adultos comercializáveis da *M. stuhlmannii* varia entre 0,19 % e 0,65 % das espécies de corte nas florestas de miombo, com até 6 árvores por 20 hectares (Ribeiro e Nhabanga, 2009; PMF, 2014). Essa baixa densidade, combinada com a exploração contínua – legal e ilegal – torna a espécie

altamente vulnerável. De acordo com dados do Banco Mundial (2018), a taxa de desmatamento em Moçambique é de aproximadamente 267.000 hectares por ano, e entre 2007 e 2014 cerca de 81 % da exploração florestal no país foi considerada ilegal, ultrapassando em até quatro vezes a capacidade anual de corte sustentável (AAC), o que reforça a urgência de estratégias eficazes de regeneração e conservação da espécie.

Esta planta tem ainda um crescimento e desenvolvimento lento, com um crescimento anual médio em diâmetro variando de 5,69 a 5,75 mm – o que leva cerca de 66 anos para atingir o diâmetro mínimo de corte 40 cm considerado ideal pelo decreto DECRETO DE LEI nº 12/2002 que regula a gestão florestal (Hofiço, 2021).

A *M. stuhlmannii* pode ser regenerada através da semente e raízes. No entanto, a regeneração das florestas em ambas as formas é lenta, em particular para Moçambique em que é condicionada por factores ambientais (tipo de solo, luz e fogo) e as perturbações antrópicas dominantes e constituem factores determinantes que influenciam a estrutura, a composição e a capacidade de regeneração das espécies (Syampungani *et al.*, 2016; Hofiço, 2021).

A regeneração por sementes em particular é condicionada a dificuldades na germinação da espécie de *M. stuhlmannii* mesmo que as condições sejam favoráveis (luz, temperaturas, água e oxigénio), entretanto, esse problema pode estar associado ao facto da própria semente ser dormente como muitas espécies da família *fabaceae* que apresentam dormência tegumentar (Montanha *et al.*, 2018; Hofiço, 2021).

Diversos métodos podem ser utilizados para superar a dormência tegumentar em sementes de espécies florestais, incluindo a escarificação química, mecânica e térmica, além do uso de reguladores de crescimento, como o ácido giberélico (GA₃). A escarificação química com ácido sulfúrico concentrado é uma das técnicas mais aplicadas, especialmente em sementes da família Fabaceae, por sua eficácia na corrosão do tegumento e na promoção da absorção de água (Araújo *et al.*, 2017; Montanha *et al.*, 2018)). No entanto, a sua eficácia varia conforme a espécie, a espessura do tegumento e o tempo de exposição ao ácido. Em algumas espécies, como *M. stuhlmannii*, exposições prolongadas ao ácido podem danificar o embrião,

reduzindo a taxa de germinação (Ferreira *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2020). Por isso, é essencial avaliar diferentes estratégias para determinar o método mais eficiente e menos agressivo

O tempo de imersão no ácido sulfúrico é um factor essencial na escarificação química em espécies florestais porque permite que o ácido penetre nas camadas externas das sementes, facilitando a quebra de dormência e promovendo a germinação (Montanha *et al.*, 2018). Deste modo, o presente trabalho teve como objectivo principal avaliar o tempo de imersão de sementes de jambirre em ácido sulfúrico para a superação da dormência tegumentar.

1.1. Problema do estudo

Em Moçambique, as florestas constituem uma das principais fontes de matérias-primas e de subsistência para as comunidades e indústrias florestais. No entanto, apesar da sua importância ecológica, social e económica, as florestas enfrentam uma crescente pressão de exploração, tanto legal como ilegal, colocando em risco diversas espécies nativas. Segundo o Mozambique Country Forest Note do Banco Mundial (2018), o país perde anualmente entre 220.000 e 267.000 hectares de floresta, o que representa aproximadamente 0,66% da sua cobertura florestal. As principais causas incluem a agricultura comercial e familiar, a exploração madeireira insustentável, a expansão urbana e o uso intensivo de combustível lenhoso. Entre 2007 e 2014, estimou-se que mais de 80% da exploração florestal foi ilegal, ultrapassando em até quatro vezes a capacidade anual de corte (AAC) autorizada (Banco Mundial, 2018).

Entre as espécies ameaçadas por essa sobre-exploração encontra-se a *M. Stuhlmannii* Taub. (jambirre), uma árvore nativa da família Fabaceae, valorizada pela sua madeira de alta qualidade. Embora não possua uma avaliação oficial na Lista Vermelha da IUCN, a espécie está classificada como “Pouco Preocupante” (Least Concern) na África do Sul pela SANBI, mas com uma população extremamente reduzida e fragmentada: apenas 159 indivíduos foram registados numa área de 300 hectares, de acordo com dados de 2007 (SANBI, 2007; IUCN, 2023).

A regeneração natural da *M. Stuhlmannii* é limitada, devido à presença da

dormência tegumentar nas sementes, o que dificulta o processo de germinação em condições naturais. Mesmo após germinarem, as plantas apresentam crescimento lento, levando cerca de 66 anos para atingir o diâmetro mínimo de corte de 40 cm, conforme o estipulado pelo Decreto n.º 12/2002 (Hofiço, 2021). Estes factores, aliados às ações humanas e às condições ambientais desfavoráveis, tornam urgente a adoção de estratégias para melhorar a propagação da espécie (Hofiço, 2021).

O Plano Estratégico Nacional do Sector Florestal (Ministério da Agricultura, 2006) recomenda o desenvolvimento de plantações florestais sustentáveis, com o objetivo de promover benefícios económicos, sociais e ambientais, equilibrando os interesses das comunidades, do sector público e do sector privado. No entanto, conforme observado pela DNFFB (2003), as iniciativas de regeneração natural e artificial das florestas nativas permanecem muito limitadas, o que compromete a reposição das espécies exploradas (DNFFB, 2003).

Entre os métodos mais utilizados para superar a dormência tegumentar, destaca-se a escarificação química com ácido sulfúrico concentrado. Apesar de ser uma técnica comum na família Fabaceae, a sua eficácia depende directamente do tempo de incubação das sementes no ácido: tempos curtos podem ser ineficazes, enquanto períodos excessivos podem danificar o embrião (Ferreira *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2020). Assim, torna-se necessário avaliar diferentes tempos de incubação para determinar as condições mais adequadas para a germinação segura e eficiente das sementes da *Millettia stuhlmannii* (; Ferreira *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2020).

Neste contexto, coloca-se a seguinte questão de investigação:

Será que o ácido sulfúrico, em diferentes tempos de incubação, influencia a quebra da dormência tegumentar das sementes de *M. Stuhlmannii* (Taub.)?

1.2. Justificativa

Dada a importância sociocultural e industrial das espécies madeiras como o jambirre, ela está ameaçada de esgotamento, tal como outras espécies madeiras da flora moçambicana (Louppe *et al.*, 2008). Em estudos realizados na região de Mossurize, província de Manica, a espécie *Millettia stuhlmannii* apresentou um

volume unitário médio de 0,41 m³/ha e um Cut Allowable Annual (CAA) de 670,77 m³/ano (Júlio *et al.*, 2019). A nível nacional, o IV Inventário Florestal Nacional estima um CAA de 446 728 m³/ano para espécies de primeira classe, incluindo o jambirre, com reduções acentuadas de até 54% em relação a inventários anteriores (IIAM, 2015). Além disso, a *Millettia stuhlmannii* representa cerca de 2,5% do volume total nas florestas densas (IIAM, 2015). Estes dados confirmam a elevada pressão sobre a espécie e a necessidade urgente de protocolos de conservação e regeneração.

Por conta disso, protocolos de pesquisa que promovam a regeneração das espécies florestais como a *Millettia stuhlmannii* (Taub.) são essenciais. Portanto, são necessárias investigações sobre a regeneração natural e artificial, taxas de crescimento e planos de ação que devem ser desenvolvidos para aumentar o processamento local, otimizar a cadeia de mercado e salvaguardar a futura produção desta espécie valiosa (Louppe *et al.*, 2008).

Autores como Vieira *et al.* (2021), já avaliaram métodos para superação de dormência usando ácido sulfúrico de outra espécie florestal, à buchenavia tomentosa Eichler. No entanto, não foram encontrados trabalhos sobre quebra de dormência para a espécie de *M. stuhlmannii* (Jambirre).

Estudos tem demonstrado eficiência do ácido sulfúrico na quebra de dormência devido a capacidade de reagir com substâncias orgânicas, promovendo a remoção de camadas superficiais e facilitando a abrasão. A taxa de germinação varia de acordo com a concentração e tempo de exposição das sementes no ácido (Araújo *et al.*, 2017)

Assim, resultados dessa pesquisa irão contribuir com informação que poderá ser aplicada na definição de protocolos para a quebra de dormência em sementes de Jambirre em particular e para outras espécies florestais madeireiras. Para além disso, poderão igualmente ser aplicados na definição de políticas e planos estratégicos do governo no que concerne a regeneração das florestas moçambicanas.

Neste sentido, foi definido o presente estudo, o qual visa avaliar a influencia do

AVALIAÇÃO DO TEMPO DE IMERSÃO DE SEMENTES EM ÁCIDO SULFÚRICO PARA QUEBRA DE DORMÊNCIA TEGUMENTAR DA *MILLETTIA STUHLMANII* (TAUB.) (JAMBIIRRE)

ácido sulfúrico em diferentes períodos (tempo) na quebra de dormência tegumentar da semente da *Millettia stuhlmanii* (Taub.) (Jambirre).



1.3. Objectivos:

1.3.1. Geral:

- Avaliar a influência de diferentes períodos de incubação da semente no ácido sulfúrico para a quebra de dormência tegumentar da semente da *Millettia stuhlmanii* (Taub.) (Jambirre).

1.3.2. Específicos:

- Determinar os diferentes parâmetros de germinação das sementes de *Millettia stuhlmanii* (Taub.) em diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico;
- Comparar os diferentes parâmetros de germinação das sementes de *Millettia stuhlmanii* (Taub.) em diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico;
- Identificar o período de incubação mais eficaz na quebra de dormência tegumentar da *Millettia stuhlmanii* (Taub.) nos diferentes tratamentos.

1.4. Hipóteses

A escarificação química com ácido consiste no método de imersão das sementes em ácido sulfúrico (H_2SO_4), durante um determinado período de tempo (Morreira *et al.*, 2017). Vários estudos têm demonstrado a eficiência da escarificação ácida (dependendo do tempo de exposição na superação da dormência tegumentar das sementes. Cipriani *et al.* (2019) verificaram que a imersão em ácido sulfúrico foi o método mais eficiente para a superação de dormência de sementes em determinadas espécies da família Fabaceae.

► Hipótese nula

- O tempo de imersão de sementes no ácido sulfúrico não difere no processo de quebra de dormência tegumentar da semente da *Millettia stuhlmanii* (Taub.).

► Hipóteses alternativa

- O tempo de imersão de sementes no ácido sulfúrico difere no processo de quebra de dormência tegumentar da semente da *Millettia stuhlmanii* (Taub.).

2. Revisão bibliográfica

2.1. Aspectos gerais

Millettia stuhlmannii (Taub.) é uma espécie nativa do sudeste de África, com destaque para Moçambique, Tanzânia, Zimbábue e algumas áreas da África do Sul. Ela é conhecida em várias zonas do país como panga-panga, jambirre ou partridge wood (Remane e Therrell, 2014). Esta árvore é característica de regiões tropicais, especialmente em florestas secas com uma precipitação anual que varia de 700 mm a 1.400 mm e matas caducifólias, e encontra-se frequentemente em solos arenosos e de arenitos conglomeráticos, e em Moçambique, *M. stuhlmannii* é considerada uma espécie de alto valor comercial, com significativa importância económica (Remane e Therrell, 2014).

M. stuhlmannii é uma árvore pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Papilionoideae*, com folhas compostas, alternadas, com folíolos ovais ou lanceolados que estão adaptadas para maximizar a captura de luz solar, uma característica importante em florestas densas, onde a competição por luz é intensa (Boaler, 1966; Figueiredo *et al.*, 2011; Mackenzie *et al.*, 2013). O sistema reprodutivo da planta é composto por flores (predominantemente roxas ou lilases que atraem abelhas como principais polinizadoras), organizadas em inflorescências do tipo racemo (Figueiredo *et al.*, 2011). A estrutura floral segue o padrão da subfamília *Papilionoideae*, com uma corola em forma de borboleta, o que facilita a interação com esses polinizadores. O fruto da planta é uma vagem, contendo várias sementes, e apresenta adaptações para a dispersão, seja por vento ou por animais (Figueiredo *et al.*, 2011; Mattapha, 2017).

2.2. Distribuição Geográfica e Habitat Natural

O clima na região de ocorrência da *M. stuhlmannii* (Taub.) é marcado por duas estações distintas: a estação chuvosa, de novembro a março, e a estação seca, de abril a outubro (Frost, 1996; Mackenzie *et al.*, 2013;). Durante a estação chuvosa, a árvore recebe uma quantidade significativa de água, o que favorece o seu crescimento. Já durante a estação seca, a planta adota uma estratégia de perder as suas folhas, o que ajuda a reduzir a transpiração e a conservar a água, permitindo a sua sobrevivência durante os períodos de escassez hídrica (Mattapha, 2017).

2.3. Aspectos Ecológicos

2.3.1. Adaptações ao Clima e ao Solo

Ecologicamente, *M. stuhlmannii* é adaptada a ambientes tropicais húmidos e é comum tanto em florestas tropicais densas quanto nas bordas de florestas secundárias (Mattapha, 2017). A espécie prefere solos bem drenados, ricos em nutrientes, e é capaz de crescer tanto em áreas sombreadas quanto em zonas mais abertas, com maior incidência de luz solar (Mattapha, 2017), o que lhe permite que ela desenvolva em uma variedade de ambientes dentro do seu habitat natural, sendo uma espécie importante na regeneração de áreas alteradas ou desmatadas (Mackenzie *et al.*, 2013).

A propagação é feita por sementes, como forma de perpetuar a espécie há uma interação com fauna, e as flores são polinizadas principalmente por abelhas e os frutos maduros são dispersos por animais ou pelo vento, pois as sementes de *M. stuhlmannii* possuem uma estrutura que favorece essa dispersão, o que permite que a planta colonize novas áreas da floresta e se propague em ambientes favoráveis à sua germinação (Mattapha, 2017).

2.3.2. Papel Ecológico e Importância Ambiental

Em termos ecológicos, a *M. stuhlmannii* desempenha um papel fundamental na manutenção da biodiversidade das florestas tropicais e têm a capacidade de fixar azoto no solo, o que contribui para a fertilização e a melhoria da qualidade do solo (Mackenzie *et al.*, 2013; Mattapha, 2017). Esse processo é essencial para a regeneração dos ecossistemas florestais, promovendo a saúde do solo e a biodiversidade, por outro lado, a planta também é uma fonte de alimento para diversos animais, incluindo insetos e mamíferos que consomem os seus frutos (Mattapha, 2017).

2.3.3. Importância Ecológica e Económica

Além da sua grande importância económica devido à sua madeira valiosa, *M. stuhlmannii* tem também um valor ecológico significativo, pois esta espécie é comum em diversos ecossistemas florestais de Moçambique, contribuindo para a

manutenção da biodiversidade e o equilíbrio ecológico (Mackenzie *et al.*, 2013). No entanto, devido à crescente demanda por sua madeira de alta qualidade, a espécie tem sido super-explorada aumentando a necessidade urgente de práticas de manejo sustentável para garantir a conservação da árvore e a utilização responsável dos seus recursos naturais (Mackenzie, 2006).

2.4. Classificação Taxonômica

Segundo (Legume Phylogeny Working Group, 2017) a classificação taxonômica de *Millettia stuhlmannii* é a seguinte: Reino: *Plantae*; Divisão: *Angiosperms*; Classe: *Eudicots*; Ordem: *Fabales*; Família: *Fabaceae*; Subfamília: *Papilionoideae*; Gênero: *Millettia*; Espécie: *Millettia stuhlmannii* (Taub.).

2.5. Dormência tegumentar das sementes

A dormência das sementes é um mecanismo adaptativo fundamental para controlar o momento da germinação e garantir que as sementes se desenvolvam sob condições ambientais adequadas. Esse processo é regulado não apenas pelos fatores ambientais, mas também pela planta-mãe, que exerce um controle significativo sobre a dormência das sementes por meio de diversos mecanismos (Penfield, 2017).

2.5.1. Tipos de Dormência das Sementes

Segundo Penfield (2017) a dormência das sementes pode ser classificada em três tipos principais:

- **Dormência Física** – onde o tegumento (casca) a barreira física que impede a passagem de água e gases, dificultando a germinação, portanto, essa dormência pode ser superada de forma natural ou ser induzido por fatores ambientais, como o desgaste físico ou a passagem pelo trato digestivo de animais;
- **Dormência Morfológica** - ocorre quando o embrião da semente não está totalmente desenvolvido no momento da dispersão. Nesse caso, a semente permanece dormente até que o embrião continue seu crescimento após a queda, rompendo os tecidos circundantes para iniciar a germinação.

- **Dormência Fisiológica** - é regulada por mecanismos hormonais, sendo o principal deles o ácido abscísico (ABA) e é a mais comum entre as sementes. Esse hormônio inibe a germinação até que a semente seja exposta a condições ambientais favoráveis, como mudanças na temperatura e no fotoperíodo.

2.5.2. Fatores que Contribuem para a dormência da Semente

► Regulação Hormonal

A dormência das sementes é amplamente controlada por hormônios vegetais, principalmente pelo ácido abscísico (ABA) e pelas giberelinas (GA), onde o ABA promove e mantém a dormência, impedindo a germinação sob condições adversas, enquanto as GA's estimulam o crescimento do embrião e promovem a germinação quando as condições são favoráveis (Savage e Metzger, 2006).

► Estruturas da Semente

A dormência também pode ser determinada pela estrutura da semente. A dormência física ocorre quando o tegumento é impermeável à água, impedindo a hidratação necessária para a germinação e a dormência morfológica está relacionada ao subdesenvolvimento do embrião, que precisa amadurecer antes da germinação (Willis, 2014).

► Influência dos Fatores Ambientais

A germinação das sementes é regulada por fatores ambientais, como luz, temperatura e umidade. Algumas sementes necessitam de períodos prolongados de frio (estratificação) para quebrar a dormência, enquanto outras precisam passar por oscilações térmicas para garantir que a germinação ocorra na estação correta (Savage e Metzger, 2006).

2.5.3. Vantagens e Desvantagens da Dormência das Sementes

► Vantagens

A dormência oferece diversas vantagens para as plantas, sendo uma das principais a proteção contra germinação prematura em períodos de seca ou frio extremo. Esse mecanismo também permite a formação de bancos de sementes no solo, garantindo a regeneração da população após eventos ambientais adversos e

contribuindo para a manutenção da biodiversidade (Savage e Metzger, 2006).

Além disso, a dormência fisiológica tem sido um fator chave na diversificação das espécies. Ao permitir que as sementes ajustem seu ciclo de germinação conforme os sinais ambientais, a dormência favorece a colonização de novos habitats e aumenta a resiliência das espécies diante das mudanças climáticas (Willis, 2014).

► Desvantagens

Apesar de seus benefícios, a dormência também apresenta algumas desvantagens. Espécies que possuem dormência prolongada podem perder oportunidades de colonizar novos ambientes se as condições necessárias para a quebra da dormência forem ausentes ou raras. Além disso, a germinação retardada pode reduzir a competitividade das plantas, limitando seu crescimento e reprodução em comparação com espécies que germinam rapidamente (Savage e Metzger, 2006).

Outro factor negativo é que certas linhagens de plantas que dependem exclusivamente da dormência física podem apresentar maior risco de extinção. Como sua germinação depende de eventos externos específicos, como fogo ou acção mecânica, essas espécies ficam mais vulneráveis a mudanças ambientais abruptas, dificultando sua sobrevivência a longo prazo (Willis, 2014).

2.2.4. Métodos de Quebra de Dormência em Sementes com Dormência Tegumentar

A dormência tegumentar ocorre quando a semente apresenta um envoltório impermeável à água e aos gases, dificultando sua embebição e germinação. Essa dormência pode ser superada por diferentes métodos, incluindo técnicas mecânicas, térmicas e químicas, que promovem alterações na estrutura do tegumento para permitir a entrada de água e oxigênio (Mousavi *et al.*, 2011).

2.2.5 Técnicas Mecânicas

A escarificação mecânica visa romper fisicamente o tegumento da semente, tornando-o permeável e permitindo a germinação (Pereira, 2013). Os principais métodos incluem: Lixamento ou abrasão; Perfuração do tegumento; Batida e fricção; e Corte manual (Mousavi *et al.*, 2011; Pereira, 2013). A escarificação mecânica tem a

vantagem de ser uma técnica simples e não envolver produtos químicos, mas requer um controle rigoroso para evitar danos ao embrião e comprometer a viabilidade da semente (Mousavi *et al.*, 2011).

2.2.6. Métodos Térmicos

Os métodos térmicos simulam processos naturais, como a exposição ao calor intenso ou ao frio, promovendo alterações no tegumento da semente e permitindo a embebição (Mousavi *et al.*, 2011; Pereira, 2013). Esses métodos são eficientes, mas podem apresentar limitações dependendo da espécie, exigindo controle rigoroso da temperatura e do tempo de exposição para evitar danos ao embrião (Pereira, 2013).

2.2.7. Tratamentos Químicos

Os tratamentos químicos são amplamente utilizados para romper a dormência tegumentar, especialmente em sementes com tegumentos muito duros e o ácido sulfúrico (H_2SO_4) é o mais eficaz por promovendo corrosão superficial e aumentando sua permeabilidade, permitindo a entrada de água e oxigênio (Mousavi *et al.*, 2011; Oliveira, 2012; Pereira, 2013; Cipriani *et al.*, 2019), mas também são comumente solventes orgânicos (álcool e acetona), enzimas (celulase e pectinase) e lixiviação (Pereira, 2013; de Oliveira e Aloufa, 2019). Embora a quebra de dormência com ácido sulfúrico seja o mais usado, exigem precauções, pois produtos como ácido sulfúrico podem danificar o embrião e apresentar riscos ambientais e a saúde humana (Nowruzian *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022; Costa e Ribeiro, 2023).

Vários estudos observaram que para superação de dormência tegumentar usando o ácido sulfúrico é influenciado pela espécie em estudo, concentração e tempo de incubação (Castoldi *et al.*, 2006; Albuquerque *et al.*, 2007; Paula *et al.*, 2012; Cipriani *et al.*, 2019; Sousa *et al.*, 2021). Contudo, as espécies da família *Fabaceae*, como é o caso *Millettia stuhlmanii*, compartilham características como tegumento espesso, presença de macroscleritos lignificados e impermeabilidade à água (Paula *et al.*, 2012), pois essas estruturas bloqueiam a entrada da água e gases, exigindo métodos químicos ou mecânicos para rompimento do tegumento para quebra da dormência (Oliveira, 2012; Baskin, 2014).

A germinação eficiente de *M. stuhlmanii* por meio da escarificação química é

importante para produção de mudas para restauração florestal em ecossistemas degradados, tendo em conta o seu potencial adaptação e crescimento rápido, essa espécie pode ser usada para recuperar áreas com perda de cobertura vegetal, promovendo a biodiversidade local e o equilíbrio ecológico (Ferreira *et al.*, 2022; Souza e Almeida, 2023). Para além disso, estudos futuros podem explorar combinações entre escarificação química e tratamentos com reguladores de crescimento, buscando otimizar ainda mais o vigor das plântulas e sua sobrevivência em campo (Lima *et al.*, 2023; Nascimento *et al.*, 2024).



3. Área de estudo

O estudo foi realizado no Campus Principal da Universidade Eduardo Mondlane, localizado na província de Maputo bairro da Sommerschield (Figura 1). O estudo decorreu nos meses de Setembro a Outubro de 2024 em dois ambientes: A escarificação química, foi realizada no Laboratório de Fisiologia vegetal do Departamento de Ciências Biológicas e o teste de germinação foi conduzido nas estufas do mesmo departamento.

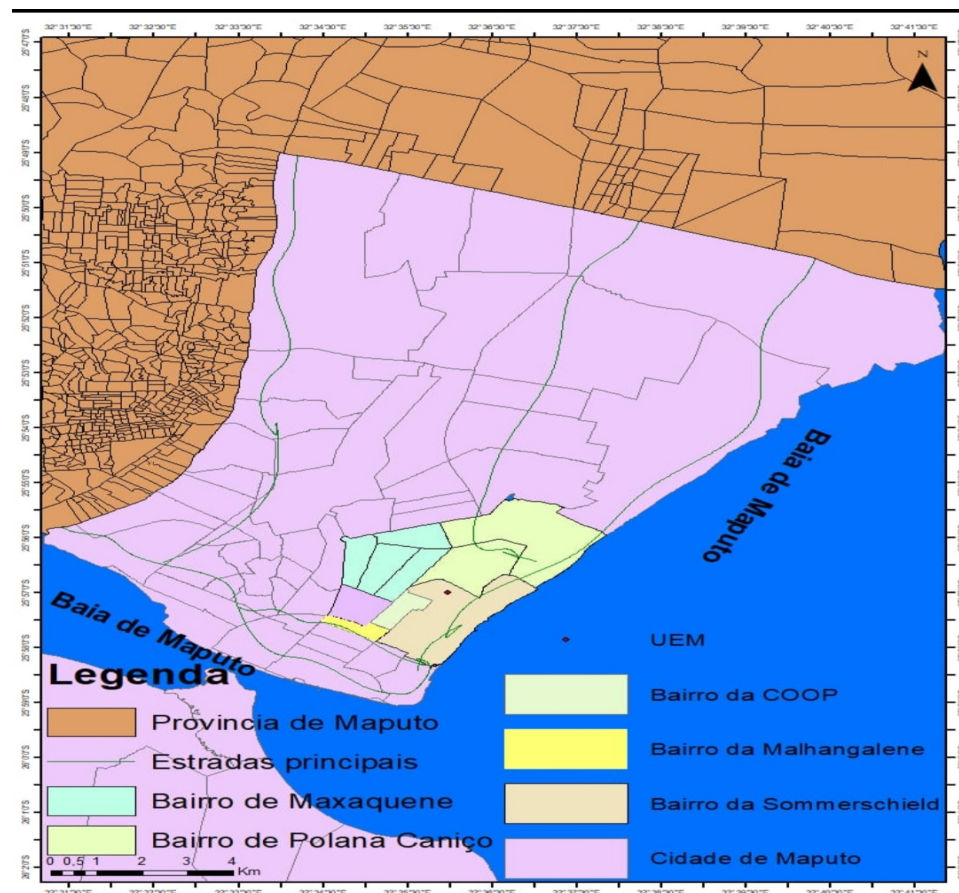


Figura 1: Localização geográfica do local da área de estudo.

4. Material e Métodos

4.2. Amostragem

As sementes de *Millettia stuhlmanii* Taub (Jambirre) foram adquiridas no Centro de Investigação Florestal (CIF) do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) localizado no distrito de Marracuene, Província de Maputo há cerca de 30 km a Norte da Cidade de Maputo, entre a latitude de 25° 41'20" Sul e longitude 32° 40'30" Este (MAE, 2005). Para a realização do ensaio, foram selecionadas 400 sementes de *Millettia stuhlmanii* (Taub.) (Jambirre) sem nenhum dano aparente do embrião.

► Material e equipamentos

- i. Copos de Becker 1L;
- ii. Provetas graduadas de 500 ml;
- iii. 400 copos plásticos;
- iv. Luvas;
- v. Mascaras;
- vi. Óculos;
- vii. Funil;
- viii. FumeHood;
- ix. Papel toalha;
- x. Pá;
- xi. Estufa/Incubadora;

► Soluções

- i. Ácido sulfúrico concentrado (98%);
- ii. Água destilada.

► Material vegetal

- i. 400 sementes.

4.3. Métodos

Previamente foi usada a solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) na concentração de 98%, onde a solução foi distribuída em três copos de Becker de 500 ml. As sementes, foram imersas em copo de Becker com a solução de ácido sulfúrico a 98% e incubadas em três períodos (10, 20 e 30 minutos). Após a imersão ao H_2SO_4 , as sementes de *Millettia stuhlmanii* (Taub.) foram colocadas num copo e lavadas em água destilada durante 15 minutos até eliminar totalmente o ácido na superfície das sementes e de seguida enxaguou-se com papel filtro e secou-se à temperatura ambiente.

As sementes de *Millettia stuhlmanii* (Taub.) foram semeadas directamente em copos descartáveis preenchidos com areia grossa previamente esterilizada $150^\circ C$ por uma hora e trinta minutos numa incubadora.

Os dados da experiência foram colhidos diariamente durante 30 dias e foram consideradas como sementes germinadas quando havia protusão da radícula. A rega foi realizada em dias alternados até o término da experiência. Após os 30 dias, os dados recolhidos foram usados para determinar os seguintes parâmetros:

- **Taxa de germinação** ($PG = G_i \cdot 100 / S_t$, Onde: G_i corresponde ao número de sementes germinadas e S_t sementes totais);
- **Índice de velocidade de germinação (IVG)** $= (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + G_n/N_n$ (Maguire, 1962); onde $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$ corresponde ao número de sementes germinadas na primeira, segunda, terceira e última contagem e $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ corresponde ao número de dias da sementeira à primeira, segunda, terceira e última contagem;
- **Velocidade média de germinação** ($VMG = 1/TMG$, onde o TMG é tempo médio de germinação);
- **Tempo médio de germinação** ($TMG = \sum n_i \cdot t_i / \sum n_i$, onde t_i é o período desde o início da experiência até a enésima observação e n_i é o número de sementes germinadas no t_i).
- **Sementes Intactas e deterioradas**

No final da experiência foi determinada a percentagem de sementes intactas e deterioradas, onde as sementes intactas foram consideradas aquelas que germinaram e as sementes deterioradas aquelas que não germinaram e que

apresentavam sinais de apodrecimento, com fungos ou danos severos no tecido, e os resultados foram expressos em percentagem.

4.4. Desenho experimental

A experiência foi conduzida em delineamento inteiramente causalizado com um esquema factorial 1x4, onde o primeiro factor referia-se às sementes de *Millettia stuhlmanii* (Taub.) e o segundo factor à quatro períodos de imersão de sementes em ácido sulfúrico a 98%, onde cada tratamento era constituído por 4 repetições, cada repartição foi constituída por 25 copos plásticos com uma semente por copo (Tabela 1).

Tabela 1: Disposição dos tratamentos para avaliar o efeito ácido sulfúrico para quebra de dormência de sementes de *M. stuhlmanii*.

	T1 (controlo)	T2 (10 minutos)	T3 (20 minutos)	T4 (30 minutos)
Repetição 1	25 copos	25 copos	25 copos	25 copos
Repetição 2	25 copos	25 copos	25 copos	25 copos
Repetição 3	25 copos	25 copos	25 copos	25 copos
Repetição 4	25 copos	25 copos	25 copos	25 copos
Total	100 copos	100 copos	100 copos	100 copos

5. Gestão e análise de dados

Para a descrição do tempo de exposição da semente no ácido sulfúrico para quebra de dormência tegumentar da *Millettia stuhlmanii* (Taub.) os dados depois de colhidos foram organizados em uma tabela do Microsoft Excel 2019.

Os dados foram processados e submetidos ao teste de normalidade (teste shapiro wilk) e posteriormente realizada a Análise de variância (*One Way ANOVA*) ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para a comparação das médias foi usado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados foram analisados no Software BioEstat v5.3.

6. Resultados

As sementes de *Millettia stuhlmanii* começaram a germinar na segunda semana (nono dia), tendo germinado apenas uma semente nos tratamentos em que as sementes foram incubadas por período de 10 e 20 minutos numa solução de ácido sulfúrico a 98%.

6.2. Taxa de germinação (PG)

Segundo a análise de variância one (*One Way ANOVA*) a 5% de significância, houve diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$) após os 30 dias (Anexo1). O tratamento controlo (T1) foi o que apresentou maior taxa de germinação em relação aos outros tratamentos, mas não houve diferenças entres os tratamentos em que as sementes foram incubadas em diferentes períodos de incubação segundo teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância (Figura 2).

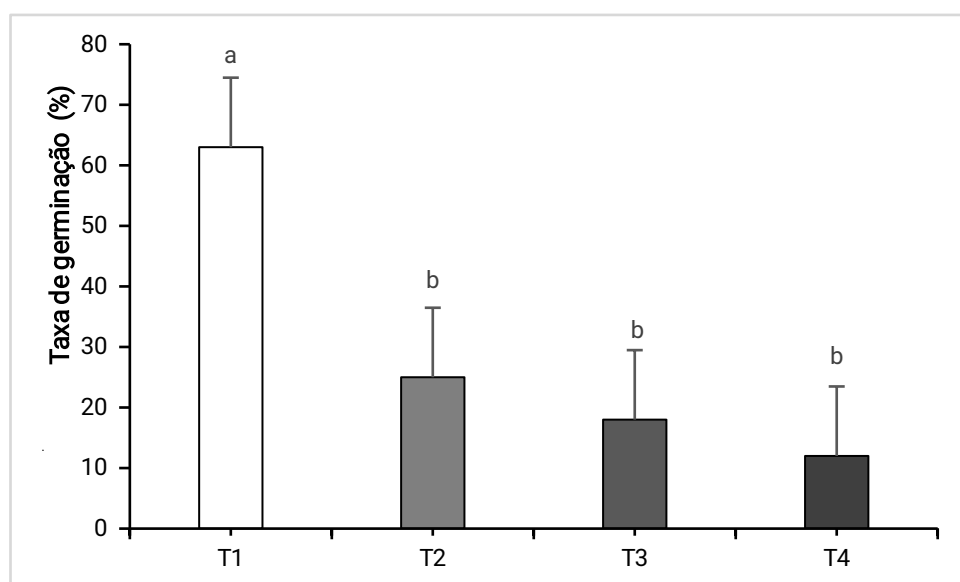


Figura 2: Taxa de germinação de sementes de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. T1 – controlo; T2 – imersão por 10 minutos; T3 – imersão por 20

minutos; T4 – imersão por 30 minutos.

6.3. Índice de velocidade de germinação (IVG)

Para o índice de velocidade de germinação, houve diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$) segundo a análise de variância (*One Way ANOVA*) a 5% de significância (Anexo 2). Segundo teste de Tukey, o tratamento controle foi a que apresentou maior IVG ($\approx 0,95$) em relação aos outros tratamentos pré-germinativos, observando-se uma diminuição do IVG à medida que aumenta o período de incubação das sementes (Figura 3).

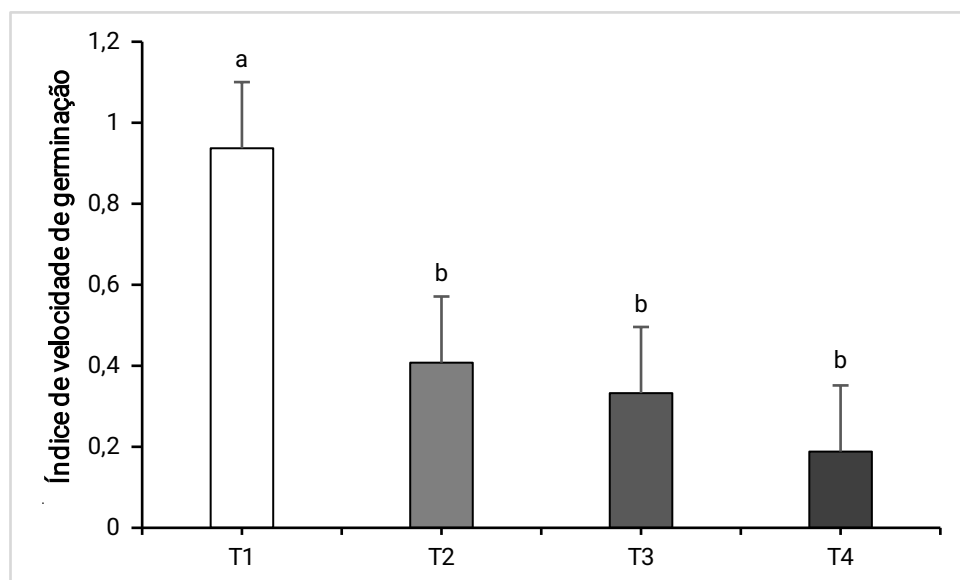


Figura 3: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico após 30 dias. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. T1 – controle; T2 – imersão por 10 minutos; T3 – imersão por 20 minutos; T4 – imersão por 30 minutos.

6.4. Velocidade média de germinação (VMG)

A velocidade média de germinação foi observada no tratamento 3 (T3) em que as sementes foram incubadas por período de 20 minutos em ácido sulfúrico (Figura 4), mesmo que não se tenha observado diferenças significativas entre os tratamentos

em estudo segundo a análise de variância a 5% de significância ($p > 0,05$) (Anexo 3).

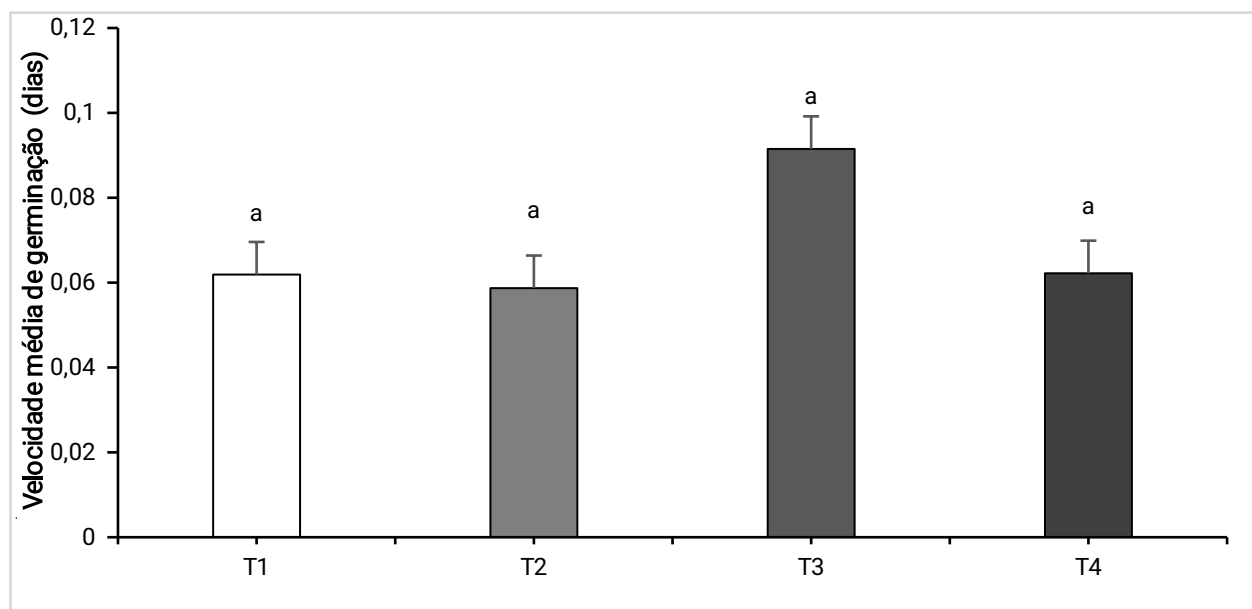


Figura 4: Velocidade média de germinação (VMG) de sementes de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico após 30 dias. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. T1 – controle; T2 – imersão por 10 minutos; T3 – imersão por 20 minutos; T4 – imersão por 30 minutos.

6.5. Tempo médio de germinação (TMG)

O menor tempo de germinação foi observado quando as sementes de *M. stuhlmanii* foram incubadas em ácido sulfúrico por um período de 20 minutos, porém, segundo a Análise de variância (*One Way ANOVA*) a 5% de significância, não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Anexo 4), demonstrando que os tratamentos pré-germinativos com ácido sulfúrico não influenciaram no tempo de germinação destas sementes (Figura 5).

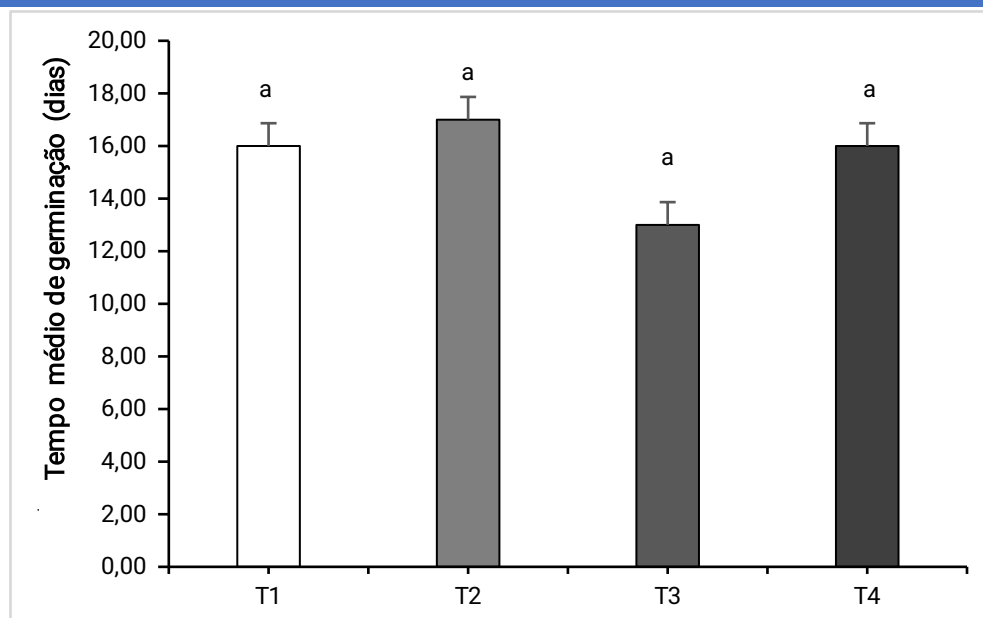


Figura 5: Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico após 30 dias. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. T1 – controle; T2 – imersão por 10 minutos; T3 – imersão por 20 minutos; T4 – imersão por 30 minutos.

6.6. Sementes intactas e deterioradas

Foi observado após os 30 dias, maior número de sementes intactas nos tratamentos quando as sementes de *M. stuhlmanii* foram submetidas a diferentes períodos de incubação (10, 20 e 30 minutos) em ácido sulfúrico concentrado em relação ao controle, por outro lado, o tratamento controle (T4) apresentou maior número de sementes podres (74) em relação aos outros tratamentos (Figura 6).

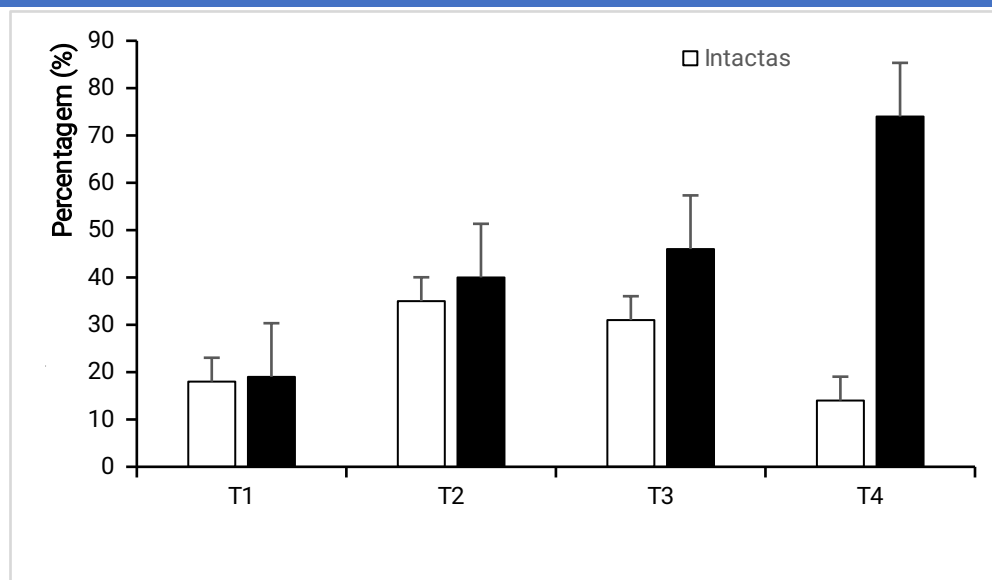


Figura 6: Percentagem de sementes intactas e deterioradas de *M. stuhlmanii* submetidas aos diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico após 30 dias. T1 – controle; T2 – imersão por 10 minutos; T3 – imersão por 20 minutos; T4 – imersão por 30 minutos.

7. Discussão

No presente estudo, o tratamento controle (T1) foi o que apresentou maior taxa de germinação (PG%) em relação aos outros tratamentos, tendo se observado uma redução do PG a medida que se aumentava o tempo de incubação em ácido sulfúrico. A concentração do ácido sulfúrico e o tempo de incubação deve ser um pré-requisito para a quebra de dormência de uma determinada espécie (Fowler e Bianchetti, 2000), pois, a incubação por períodos excessivos podem causar danos severos a semente, ainda que o tempo de incubação varie entre os genótipos (Júnior *et al.*, 2014; Amado *et al.*, 2015; Freitas, 2016).

Os tratamentos T2, T3 e T4 não diferiram estatisticamente entre si, indicando que o tempo de incubação das sementes em ácido sulfúrico concentrado não influenciou na germinação. Esses resultados são diferentes dos resultados observados por Costa *et al.* (2010), onde a incubação de sementes de *Adenanthera pavonina* L. por 5 a 10 minutos no ácido sulfúrico concentrado foi favorável para superação de dormência tegumentar. por outro lado, o estudo feito por Mantoan *et al.* (2012) onde avaliaram diferentes testes pré- germinativos para a superação de dormência de *A. pavonina* L., observaram que a incubação em ácido sulfúrico concentrado por 30 e 40 minutos foi eficiente para germinação desta espécie. No estudo de Babiano (2019), a incubação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) no ácido sulfúrico a 95% por um período de 15 e 30 minutos foi a que apresentou uma alta taxa de germinação comparando com as sementes que foram incubadas por períodos inferiores a 10 minutos, com isso, o tempo de incubação em ácido sulfúrico variou de uma espécie para outra dentro da família *Fabaceae* (dos Santos *et al.*, 2011; Mantoan *et al.*, 2012; Baskin e Baskin, 2014; Bibiano, 2019; Peter *et al.*, 2021).

O estudo de Peter *et al.* (2021) demonstrou que a imersão de sementes de *Pterocarpus erinaceus* em ácido sulfúrico concentrado (98%) durante quatro minutos resultou numa baixa germinação em relação ao controle. De forma semelhante, (Ferreira *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2020) observaram que tempos superiores a 10 minutos podem provocar morte embrionária em espécies florestais. Por outro lado, Lima e Meiado (2017) sugerem que, em espécies cujo tegumento

não apresenta elevada dureza, como poderá ser o caso da *M. stuhlmannii*, períodos de incubação inferiores a 5 minutos poderiam ser suficientes para superar a dormência sem comprometer a viabilidade. No entanto, no presente trabalho foram avaliados apenas os tempos de 10, 20 e 30 minutos, definidos no delineamento experimental, os quais não se revelaram eficazes. Assim, recomenda-se que estudos futuros incluam períodos mais curtos menores que 5 minutos, de modo a verificar se poderão promover maior eficiência na quebra de dormência desta espécie.

O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) é um parâmetro usado para determinar a capacidade fisiológicas das sementes em germinar, mas também a rapidez com que esse processo ocorre (Maguire, 1962). No presente estudo, o tratamento T1 (controle) para o parâmetro IVG (0,937) foi estatisticamente superior em relação aos demais tratamentos submetidos ao ácido sulfúrico por 10 (T2), 20 (T3) e 30 minutos (T4), os quais apresentaram valores reduzidos, em torno de 0,4 a 0,2. Esses resultados revelam que o ácido sulfúrico concentrado, nos períodos de incubação em estudo, reduziu substancialmente a velocidade de germinação das sementes de *M. stuhlmannii*. O tempo de incubação de sementes de *M. stuhlmannii* no ácido sulfúrico pode ter danificado a semente, retardando o processo de germinação, como foi observado nas outras espécies florestais da família Fabaceae (Ferreira *et al.*, 2010; Montoan *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2020). Resultados semelhantes foram observados por Mantoan *et al.* (2012) em sementes de *Adenanthera pavonina*, onde o IVG também diminuiu drasticamente quando as sementes foram incubadas por 30 e 40 minutos mesmo tendo se observado maior taxa de germinação. Por outro lado, estudos feitos por Costa *et al.* (2010), Amado *et al.* (2015), Lima e Meiado (2017) e Bibiano (2019), observaram que períodos iguais ou acima de 10 minutos apresentaram maior IVG.

Embora a escarificação com ácido sulfúrico seja a técnica mais usada para a superação da dormência tegumentar, sua eficácia está directamente relacionada ao período de incubação e à espessura e resistência do tegumento (Baskin e Baskin, 2014). Neste caso, períodos acima de 10 minutos de incubação parecem que ultrapassam o limite de tolerância da semente de *M. stuhlmannii*, resultando em

inibição parcial ou total do metabolismo germinativo (Ferreira e Borghetti, 2010).

No presente estudo, não foram observadas diferenças significativas para o parâmetro VMG entre os tratamentos T1 (controle), T2, T3 e T4. Isso sugere que, independentemente do tempo de incubação ao ácido sulfúrico, a velocidade média de germinação permaneceu estatisticamente constante em todos os tratamentos. Embora que no presente estudo tenha se observado maior valor de VMG no tratamento T3, indicando numericamente uma leve tendência de aumento na velocidade da germinação nesse período. Esse resultado pode estar relacionado à maior permeabilidade do tegumento, favorecendo a entrada de água e gases necessários ao processo germinativo (Bewley *et al.*, 2013). Apesar disso, os dados de IVG e PG observados no presente estudo mostram que o aumento do tempo de exposição ao ácido teve efeitos prejudiciais na taxa e velocidade de germinação de sementes de *M. stuhlmanii*.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2020), que observaram que, para algumas espécies florestais tropicais, a VMG não variou mesmo com redução a taxa de germinação devido à escarificação química. Isso reforça que a VMG pode ser menos sensível a danos iniciais do embrião e mais influenciada pela fisiologia das sementes viáveis.

No presente estudo, os tratamentos com sementes de *M. stuhlmanii* submetidas à escarificação com ácido sulfúrico concentrado T2, T3 e T4 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas no TMG em comparação ao controle (T1). O facto de os tratamentos com ácido sulfúrico apresentarem o mesmo TMG que o controle (T1) pode estar relacionado à resiliência fisiológica das sementes, que permitiu manter a média do tempo de germinação mesmo após a escarificação química. Contudo, é possível que o tempo de incubação em ácido sulfúrico concentrado tenha provocado danos parciais ao embrião, os quais não foram suficientes para alterar o TMG, mas influenciaram negativamente outros parâmetros, como o IVG e o PG (Bewley *et al.*, 2013; Baskin & Baskin, 2014).

Estudos similares com espécies da família Fabaceae relataram que a escarificação química nem sempre altera o TMG, especialmente quando os efeitos do ácido não atingem de forma uniforme a totalidade do lote (Lima e Meiado, 2017; Oliveira *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2020).

No fim dos 30 dias, para avaliar a integridade física das sementes, foi avaliado a proporção de sementes intactas e deterioradas considerado como um indicador crucial da eficiência e segurança de métodos de superação de dormência. Observou-se que o tratamento T4 apresentou o menor número de sementes intactas (14), enquanto o tratamento T2 apresentou o maior número (35). Esses resultados indicam que o tratamento químico com ácido sulfúrico não foi eficiente para a superação da dormência em sementes de *M. stuhlmanii*. Além disso, os tratamentos submetidos a diferentes períodos de incubação em ácido sulfúrico concentrado resultaram em maior número de sementes deterioradas em comparação com o controle, destacando-se o tratamento T4, com 22 sementes deterioradas.

As sementes deterioradas que foram tratadas com ácido sulfúrico apresentaram contaminação por fungos e podridão do tegumento ao longo da experiência, onde foi observado que a incubação por períodos acima de 10 minutos em ácido sulfúrico influencia negativamente na germinação de sementes de *M. stuhlmanii*.

Esses resultados colaboram com os relatos de Silva *et al.* (2020) e Ferreira e Borghetti (2010), que quando o tegumento de uma espécie é fino, o ácido sulfúrico concentrado especialmente em tempos mais prolongados de exposição pode causar a deterioração do embrião, comprometendo a germinação das sementes.

Assim, com base nesses resultados, embora o ácido sulfúrico tenha afectado negativamente a viabilidade e o vigor das sementes de *M. stuhlmanii*, algumas sementes germinaram, reforçando deste modo a ideia de que o uso de ácido sulfúrico concentrado e tempo de exposição deve ser reavaliado para essa espécie, considerando que não contribui significativamente para acelerar ou uniformizar a germinação, além de poder comprometer a qualidade fisiológica das sementes.

8. Conclusão

Neste estudo conclui-se que a escarificação química com ácido sulfúrico concentrado por diferentes períodos de incubação (10, 20 e 30 minutos) influenciou negativamente na germinação de sementes. O tratamento controle apresentou os melhores resultados em termos de percentagem de germinação (PG), índice de velocidade de germinação (IVG) e integridade das sementes.

Os tratamentos com ácido sulfúrico apresentaram uma redução significativa na viabilidade germinativa das sementes, mesmo que os valores numéricos tenham sido altos para os parâmetros tempo médio de germinação (TMG) e velocidade média de germinação (VMG), os valores numéricos e a integridade das sementes demonstraram que a escarificação química com ácido sulfúrico nas condições testadas foi prejudicial à qualidade das sementes *Millettia stuhlmannii*. Os resultados indicam que a escarificação química com ácido sulfúrico concentrado nos períodos de incubação testados não foi eficaz para superar a dormência em sementes de *M. stuhlmannii*.



9. Recomendações

Sugere-se que novos estudos explorem diferentes concentrações de ácido sulfúrico, incluindo soluções mais diluídas, que possam ser menos prejudiciais ao embrião da semente, preservando sua viabilidade. Além disso, é recomendável testar tempos de imersão mais curtos que os utilizados neste trabalho, como 1, 3 ou 5 minutos, para verificar se podem promover a quebra de dormência com menor risco de deterioração.

Outra linha promissora é a comparação com outros métodos de superação de dormência, como escarificação mecânica (lixamento, corte do tegumento) ou térmica (imersão em água quente), bem como o uso de tratamentos combinados com reguladores de crescimento, como giberelinas, que podem estimular a germinação de forma mais eficaz.



10. Referencias bibliográficas

1. Araújo, A. V., Silva, M. A. D., & Ferraz, A. P. F. (2017). Superação de dormência de sementes de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) Queiroz var. *férrea*. *Magistral Cruz das Almas*, 29(3/4), 298–304;
2. Aquino, R., Mendes, T., & Silva, P. (2018). Mercado de espécies madeiras em Moçambique. Maputo: IIAM;
3. Aquino, R., Santos, L., & Gomes, P. (2016). Exploração madeira em Moçambique: impactos e soluções. Maputo: IIAM;
4. Banco Mundial. (2018). Mozambique Country Forest Note. Washington, D.C.: World Bank;
5. Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press;
6. Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer;
7. Boaler, S. B. (1966). Ecology of a Miombo site, Lupa North Forest Reserve, Tanzania. *The Journal of Ecology*, 54(3), 567–587. <https://doi.org/10.2307/2257951>;
8. Brasil. (2013). Instruções para a análise de sementes de espécies florestais. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA/ACS;
9. Cipriani, V. B., Garlet, J., & Lima, B. M. (2019). Quebra de dormência em sementes de *Chloroleucon acacioides* e *Senna macranthera*. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1), 9–54;
10. Costa, L. P., & Ribeiro, A. S. (2023). Tratamentos químicos na superação da dormência de sementes de *Copaifera arenicola* Ducke J. *Revista Brasileira de Sementes*, 45(2), e20230012. <https://doi.org/10.1590/0101-3122-2023-0012>;
11. Costa, P. A., da Silva Lima, A. L., Zanella, F., & de Freitas, H. (2010). Quebra de dormência em sementes de *Adenanthera pavonina* L. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 40(1), 83–88;
12. Costa, R. N. (2018). Avaliação de diferentes métodos pré-germinativos para três espécies arbóreas da família Fabaceae em diferentes ambientes. *Scientific Electronic Archives*, 11(1), 35–43;

13. DECRETO DE LEI nº 12/2002 (2002). Regulamento da lei de florestas e fauna bravia. Maputo: Governo de Moçambique, Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER);
14. DNFFB – Direção Nacional de Florestas e Fauna Bravia. (2003). Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Florestal Sustentável. Maputo: DNFFB;
15. Faria, J. M., Davide, A. C., & Botelho, S. (2013). Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio;
16. Ferreira, A. G., Borghetti, F., & Silva, A. B. (2010). Dormência em sementes de espécies florestais brasileiras. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(4), 163–171;
17. Ferreira, T. C., Silva, R. A., & Almeida, F. S. (2022). Eficácia de tratamentos químicos na superação da dormência de sementes de espécies florestais tropicais. *Revista Brasileira de Ciências Florestais*, 42(1), 215–221. <https://doi.org/10.1590/0103-995420220001>;
18. Figueiredo, E., Smith, G. F., & Schrire, B. D. (2011). The genus *Millettia* (Fabaceae) in Angola. *Blumea*, 56(1), 1–18. <https://doi.org/10.3767/000651911X569066>;
19. Frost, P. G. H. (1996). The ecology of miombo woodlands. In B. Campbell (Ed.), *The Miombo in transition: Woodlands and welfare in Africa* (pp. 11–57). CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/000093>;
20. Hofiço, N. S. A. (2021). Potencial de regeneração natural e crescimento de *Millettia stuhlmannii* Taub. em floresta de Miombo como subsídio para o manejo sustentável (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria;
21. IIAM – Instituto de Investigação Agrária de Moçambique. (2015). IV Inventário Florestal Nacional. Maputo: IIAM;
22. IUCN – International Union for Conservation of Nature. (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Geneva: IUCN;
23. Júlio, F., António, P., & Silva, R. (2019). Avaliação do volume de espécies madeiras na região de Mossurize, Moçambique. Maputo: IIAM;
24. Lima, T. M., Silva, G. Z., & Costa, P. A. (2023). Superação de dormência em sementes de espécies florestais tropicais: eficácia de tratamentos químicos. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1), 9–54. <https://doi.org/10.1590/0101-3122-2023-0054>;
25. Louppe, D., Oteng-Amoako, A., & Brink, M. (2008). *Plant Resources of Tropical Africa 7: Timbers 1*. Wageningen: PROTA Foundation;
26. Mackenzie, C. (2006). *Forest governance in Zambézia, Mozambique*. Chinese

takeaway! Final Report for FONGZA. Quelimane: FONGZA. Disponível em: <https://www.open.ac.uk/technology/mozambique/sites/www.open.ac.uk/technology/mozambique/files/pics/d72272.pdf>. Acesso em: 23 set. 2025;

27. Mackenzie, P., Ribeiro, D. A., Ribeiro, N., & Macucule, D. A. (2013). *Millettia stuhlmannii* Taub.: A valuable legume tree species under threat in Mozambique. *Oryx*, 47(2), 211–218. <https://doi.org/10.1017/S0030605311001804>;

28. Maguire, J. D. (1962). Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2), 176–177;

29. Manuel, M., & Almeida, A. C. J. de. (2015). Avaliação de efeito de quatro substratos no crescimento de mudas de *Millettia stuhlmannii* (Tese de Licenciatura). Manica;

30. Montanha, D. A., Silva, R., & Almeida, F. (2018). Técnicas de superação de dormência em sementes de Fabaceae. *Revista Agroambiente On-line*, 12(1), 34–40;

31. Morreira, S., Santos, P., & Almeida, F. (2017). Métodos de escarificação química em Fabaceae. Lisboa: Universidade de Lisboa;

32. Mattapha, R. (2017). Técnicas de germinação e propagação de sementes de árvores tropicais. Bangkok: Chulalongkorn University Press;

33. Mussagy, I. H., Chandamela, J. M., & Ribeiro, N. (2021). Os determinantes do desmatamento em Moçambique: uma abordagem econométrica para o período de 2000–2016. *Observatório do Meio Rural*;

34. Mula, H. C. A. (2011). Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba;

35. Nascimento, L. P., Ribeiro, A. S., & Silva, R. A. (2024). Tratamentos químicos na superação da dormência de sementes de espécies florestais tropicais. *Revista Brasileira de Ciências Florestais*, 45(2), e20240012. <https://doi.org/10.1590/0103-995420240002>;

36. Oliveira, L. M., Silva, G. Z., Santos, S. M., & Lopes, M. T. G. (2017). Métodos para superação de dormência em sementes de espécies arbóreas nativas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(90), 215–221;

37. Oliveira, T. M. (2012). Superação de dormência de sementes de mororó (*Bauhinia forficata* L.) por escarificação química e mecânica. *Scientia Plena*, 8(4), 047302. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2012.047302>;

38. Palgrave, K. C., Coates Palgrave, M., & Jordaan, M. (2002). *Trees of southern Africa* (3rd ed.). Struik Publishers;

39. Penfield, S. (2017). Seed dormancy and germination: physiological mechanisms

and environmental control. Cambridge: Cambridge University Press;

40. Pereira, S. R. (2013). Superação de dormência de sementes como estratégia para a recuperação de áreas degradadas. *Revista Árvore*, 37(3), 413–420. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000300006>;

41. PMF – Plano de Maneio Florestal. (2014). Maputo: Ministério das Florestas;

42. Remane, I. A. D., & Therrell, M. D. (2014). Dendrochronological potential of *Millettia stuhlmannii* in Mozambique. *Trees*, 29(3), 729–736. <https://doi.org/10.1007/s00468-014-1150-7>;

43. Ribeiro, A., & Nhabanga, A. (2009). Avaliação da exploração madeireira em florestas de miombo. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane;

44. Savage, J., & Metzger, J. (2006). Germination of leguminous forest species. London: Routledge;

45. Silva, B. R. S., Bezerra, A. C., Pessoa, A. M. S., Cardoso, J. F., Alves, E. U., & Bruno, R. L. A. (2021). Germinação e alterações anatômicas em sementes de *Erythrina velutina* Willd. escarificadas com ácido sulfúrico (H_2SO_4). *Brazilian Journal of Development*, 1, 11092–11106;

46. Silva, J., Aquino, R., & Mendes, L. (2012). Espécies madeireiras em Moçambique: diversidade e conservação. Maputo: IIAM;

47. Silva, L. G., Costa, M. A., & Ramos, F. M. (2022). Métodos para germinação de sementes de legumes lenhosos. *Revista Brasileira de Ciências Florestais*, 42(1), 215–221. <https://doi.org/10.1590/0103-995420220001>;

48. Silva, P., Costa, M., & Ramos, F. (2020). Métodos para germinação de sementes de legumes lenhosos. Lisboa: Universidade de Lisboa;

49. Silva, R. A., Oliveira, A. L. M., & Moreira, A. G. (2020). Efeitos da escarificação química na germinação de espécies florestais tropicais. *Cerne*, 26(1), 87–94;

50. Sodré, G. A. (2007). Substrato e estaquia na produção de cacaueteiro. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo;

51. Syampungani, S., Geldenhuys, C. J., & Chirwa, P. W. (2016). Regeneration dynamics of Miombo woodland in response to different anthropogenic disturbances: forest characterization for sustainable management. *Agroforestry Systems*, 90, 563–576;

52. Teixeira, J. V. (2018). A participação das comunidades locais na gestão das florestas em Moçambique: caso dos distritos de Montepuez, Maúá, Marrupa e Majune (Tese de Doutorado). Lisboa: Universidade Nova Lisboa;

53. Teixeira, L. (2018). Desflorestação e sustentabilidade em Moçambique. Maputo: Faculdade de Ciências;
54. Vieira, R., Costa, L., & Mendes, F. (2021). Dormência de sementes em espécies florestais tropicais. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas;
55. MAE (2005). Perfil do Distrito de Marracuene, Província de Maputo. 2–3 p;
56. SANBI – South African National Biodiversity Institute. (2007). Red List of South African Plants. Pretoria: SANBI;
57. Willis, C. G. (2014). Seed dormancy: environmental cues, internal signals, and evolutionary trade-offs. *New Phytologist*, 202, 1–3. <https://doi.org/10.1111/nph.12782>
58. Nowruzian, A., Khosh-Khui, M., & Emami, S. (2022). Effects of dormancy breaking methods on germination of *Cercis siliquastrum* and *Spartium junceum* and seedling growth. *Revista Brasileira de Sementes*, 44(1), e20220001. <https://doi.org/10.1590/0101-3122-2022-2001>.



Anexos

Tabela 2: Análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de *Tukey* a 5% de significância para o parâmetro Taxa de germinação (PG%) de sementes de *Millettia stuhlmanii* submetidas a diferentes períodos de incubação (Anexo 1).

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	3	395.25	131.75
Erro	12	80.5	6.708
F =	19.6398		
(p) =	0.0002		
Média (Coluna 1) =	15.75		
Média (Coluna 2) =	6.25		
Média (Coluna 3) =	4.5		
Média (Coluna 4) =	3		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	9.5	7.3358	< 0.01
Médias (1 a 3) =	11.25	8.6871	< 0.01
Médias (1 a 4) =	12.75	9.8454	< 0.01
Médias (2 a 3) =	1.75	1.3513	ns
Médias (2 a 4) =	3.25	2.5096	ns
Médias (3 a 4) =	1.5	1.1583	ns

Tabela 3: Análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de *Tukey* a 5% de significância para o parâmetro Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Millettia stuhlmanii* submetidas a diferentes períodos de incubação

AVALIAÇÃO DO TEMPO DE IMERSÃO DE SEMENTES EM ÁCIDO SULFÚRICO PARA QUEBRA DE DORMÊNCIA TEGUMENTAR DA *MILLETTIA STUHLMANII* (TAUB.) (JAMBIRE)

(Anexo 2).

IVG			
FONTESE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	3	1.281	0.427
Erro	12	0.317	0.026
F =	16.1512		
(p) =	0.0003		
Média (Coluna 1) =	0.937		
Média (Coluna 2) =	0.4077		
Média (Coluna 3) =	0.3325		
Média (Coluna 4) =	0.1882		
Tukey:	Diferença	Q	(p)
Médias (1 a 2) =	0.5293	6.5101	< 0.01
Médias (1 a 3) =	0.6045	7.4353	< 0.01
Médias (1 a 4) =	0.7489	9.211	< 0.01
Médias (2 a 3) =	0.0752	0.9251	ns
Médias (2 a 4) =	0.2196	2.7009	ns
Médias (3 a 4) =	0.1444	1.7758	ns

Tabela 4: Análise de variância (ANOVA) a 5% de significância para o parâmetro Velocidade média de germinação (VMG) de sementes de *Millettia stuhlmanii* submetidas a diferentes períodos de incubação (Anexo 3).

VMG			
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM
Tratamentos	3	0.003	94.5 e-05
Erro	12	0.009	74.9 e-05
F =	1.262		
(p) =	0.3314		

Tabela 5: Análise de variância (ANOVA) a 5% de significância para o parâmetro Tempo medio de germinação (TMG) de sementes de *Millettia stuhlmanii* submetidas a diferentes períodos de incubação (Anexo 4).

TMG			
FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM

AVALIAÇÃO DO TEMPO DE IMERSÃO DE SEMENTES EM ÁCIDO SULFÚRICO PARA QUEBRA DE DORMÊNCIA TEGUMENTAR DA *MILLETTIA STUHLMANII* (TAUB.) (JAMBIIRRE)

Tratamentos	3	24.922	8.307
Erro	12	197.671	16.473
F =	0.5043		
(p) =	0.6896		



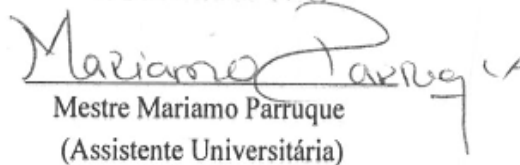
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Aos Docentes de Culminação de Estudos II

14 de agosto de 2025

Vimos por este meio informar que a estudante, **LAILA CARLOS CUNA**, do Curso de Biologia Aplicada com o número de estudante **20180710**, completou a parte curricular do curso, não existindo, portanto, nenhum impedimento a submissão do seu trabalho de Culminação de Estudos.

A Directora de Curso


Mestre Mariamo Parruque
(Assistente Universitária)