



Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade

**TESTES RÁPIDOS NA ANÁLISE DA VIABILIDADE E
VIGOR DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* LAM.**

KARINNY ALVES DA SILVA

Mossoró/RN

Julho de 2023

KARINNY ALVES DA SILVA

**TESTES RÁPIDOS NA ANÁLISE DA VIABILIDADE E VIGOR DE SEMENTES
DE *Moringa oleifera* LAM.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Orientadora: Profa. Dra. Clarisse Pereira Benedito - UFERSA

Coorientador: Prof. Dr. Salvador Barros Torres - EMPARN/UFERSA

Mossoró/RN

Julho de 2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586t Silva, Kariny Alves da.
Testes rápidos na análise da viabilidade e
vigor de sementes de Moringa oleifera LAM /
Kariny Alves da Silva. - 2023.
37 f. : il.

Orientadora: Clarisse Pereira Benedito.
Coorientador: Salvador Barros Torres.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2023.

1. Moringaceae. 2. Sementes florestais. 3. pH
de exsudato. 4. Emissão de raiz primária. 5.
Qualidade de sementes. I. Benedito, Clarisse
Pereira, orient. II. Torres, Salvador Barros, co-
orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

KARINNY ALVES DA SILVA

**TESTES RÁPIDOS NA ANÁLISE DA VIABILIDADE E VIGOR DE SEMENTES
DE *Moringa oleifera* LAM.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Orientadora: Profa. Dra. Clarisse Pereira Benedito - UFERSA

Coorientador: Prof. Dr. Salvador Barros Torres - EMPARN/UFERSA

Aprovado em: 28/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CLARISSE PEREIRA BENEDITO**
Data: 10/10/2023 14:38:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Clarisse Pereira Benedito (UFERSA)
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **SALVADOR BARROS TORRES**
Data: 10/10/2023 17:02:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Salvador Barros Torres
(EMPARN/UFERSA) - Coorientador

Documento assinado digitalmente
 **CHARLINE ZARATIN ALVES**
Data: 13/10/2023 20:48:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Charline Zaratina Alves (UFMS)
Examinadora externa a UFERSA

Documento assinado digitalmente
 **SARA MONALIZA COSTA CARVALHO**
Data: 11/10/2023 15:31:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Sara Monaliza Costa Carvalho
Membro externo ao Programa PPGATS

Dedico este trabalho a todos, familiares e amigos, que me estenderam a mão e formaram uma rede de apoio que me trouxe até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por colocar esse sonho em meu coração e me dar tudo o que precisei para realizá-lo;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade de formação acadêmica;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade e seu núcleo de docentes, pela acolhida e contribuição com minha formação acadêmica;

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento da minha pesquisa e bolsa de estudo;

À minha orientadora, Prof. Dra. Clarisse Pereira Benedito, por toda dedicação, compreensão, orientação, ensinamentos e paciência. Eu não poderia ter escolhido uma orientadora melhor. À senhora, todo meu carinho e gratidão;

Ao Laboratório de Análises de Sementes da UFERSA e todos os seus integrantes, que me acolheram e me auxiliaram durante todo esse tempo. Em especial, a técnica Sara Monaliza Costa Carvalho, que me deu todo auxílio necessário e aos graduandos Vinícius Mateus Dantas Alves e Giovanna Dias de Sousa, que de coração me ajudaram a realizar os experimentos. Agradeço também, a Jessica Costa, Emerson Sousa, Kaio Israel, Roseane Rodrigues e todos os demais que são como família e fazem desse Laboratório uma casa.

A todos da minha família, que me apoiam e me incentivam em minha jornada. Em especial aos meus pais, Maria da Conceição Guerreiro Alves e Francisco de Lima e Silva, por me darem todo subsídio necessário, e aos meus avôs que rezam por mim incansavelmente.

Aos meus amigos, que formaram uma rede de apoio. Em especial, a Enaira Liany Bezerra dos Santos, que fez me inscrever no processo seletivo e me apoiou de todas as formas possíveis para que conseguisse concluir esse mestrado. Agradeço também a Isadora Melo, Jeorgia Tavares, Mary Macêdo, Juan Lima e todos os demais que, de forma direta ou indireta, contribuíram com a minha formação.

Essa conquista só foi possível porque vocês me estenderam a mão. A todos, minha eterna gratidão.

RESUMO

A moringa (*Moringa oleifera* Lam.) é uma espécie florestal arbórea de grande potencial econômico e bem adaptada às condições climáticas do semiárido nordestino. A principal forma de multiplicação dessa espécie é por sementes, sendo fundamental o uso deste insumo com elevado potencial fisiológico. Para tanto, é necessário a realização de testes de viabilidade e vigor, visando auxiliar na escolha dos lotes. Porém, esses testes precisam de ajustes em suas metodologias. Partindo desse princípio, objetivou-se verificar a eficiência dos testes de pH de exsudato e de precocidade de emissão da raiz primária na avaliação da viabilidade e vigor de sementes de moringa, respectivamente. Para isto, foram utilizados dois lotes de sementes de moringa, inicialmente caracterizados com relação ao grau de umidade, germinação, primeira contagem, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântulas, massa seca de plântulas e condutividade elétrica. Para o teste de pH de exsudato foram preparadas soluções indicadoras de fenolftaleína (1%) e carbonato de sódio em duas concentrações (2 e 4 g/L), três períodos de embebição (1, 3 e 5 horas) e três temperaturas (25, 30 e 35 °C). A solução com coloração rosa forte a rosa claro indicou sementes viáveis e os de coloração rosa muito fraco a incolor, sementes inviáveis. O teste de precocidade de emissão da raiz primária foi realizado sob temperaturas de 25, 30 e 35 °C, avaliado a cada 12 horas, até 196 horas, quando se obteve a estabilidade da protrusão, sendo utilizado o critério de 2 mm de emissão de raiz primária. O delineamento experimental, de ambos os testes, foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. O teste do pH de exsudato com 1 h de embebição a 25 ou 30 °C, com solução de carbonato de sódio 2 g/L foi promissor na análise da viabilidade de sementes de moringa, porém estudos complementares são necessários antes de ser indicado como uso rotineiro para a espécie. O teste de precocidade de emissão de raiz é eficiente na classificação do vigor de lotes de moringa, podendo ser conduzido a 35 °C com avaliação após 48 horas de instalação.

Palavras-chave: *Moringaceae*; sementes florestais; pH de exsudato; emissão de raiz primária; qualidade de sementes.

ABSTRACT

Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) is an arboreal forest species of great economic potential and well adapted to the climatic conditions of the semi-arid Northeast. The main form of multiplication of this species is by seeds, being fundamental the use of this input with high physiological potential. Therefore, it is necessary to carry out tests of viability and vigor, in order to assist in the choice of lots. However, for this, these tests need adjustments in their methodologies. Based on this principle, the objective was to verify the efficiency of the tests of pH of exudate and of early emission of the primary root in the evaluation of viability and vigor of moringa seeds, respectively. For this, two lots of moringa seeds were used, initially characterized in relation to moisture content, germination, first count, germination speed index, seedling length, seedling dry mass and electrical conductivity. For the exudate pH test, indicator solutions of phenolphthalein (1%) and sodium carbonate were prepared at two concentrations (2 and 4 g/L), three soaking periods (1, 3 and 5 hours) and three temperatures (25, 30 and 35 °C). The solution with strong pink to light pink color indicated viable seeds and those of very weak pink to colorless color, nonviable seeds. The test of early emission of the primary root was performed at temperatures of 25, 30 and 35 °C, evaluated every 12 hours, up to 196 hours, when the stability of the protrusion was obtained, using the criterion of 2 mm of primary root emission. The experimental design of both tests was completely randomized, with four replications. The pH test of exudate with 1 h of imbibition at 25 or 30 °C, with sodium carbonate solution 2 g/L was promising in the analysis of the viability of moringa seeds, but complementary studies are necessary before being indicated as routine use for the species. The early root emission test is efficient in classifying the vigor of moringa batches and can be conducted at 35 °C with evaluation after 48 hours of installation.

Keywords: *Moringaceae*; forest seeds; pH of exudate; primary root issuance; seed quality.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Importância socioambiental e econômica da moringa no semiárido brasileiro	13
2.2 Potencial fisiológico de sementes	15
2.3 Teste de pH de exsudato	17
2.4 Teste de precocidade de emissão de raiz primária	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Aquisição das sementes	19
3.2 Testes iniciais	19
3.3 Teste de pH de exsudato	21
3.4 Teste de precocidade de emissão de raiz primária	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias do grau de umidade (GU), primeira contagem (PC), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP), massa seca de plântulas (MSP) e condutividade elétrica (CE) de dois lotes de sementes de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.)	25
Tabela 2. Médias de sementes viáveis de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) pelo teste do pH de exsudato a 25, 30 e 35 °C nas concentrações de dois e quatro gramas de carbonato de sódio	27
Tabela 3. Porcentagem de emissão de raiz primária em dois lotes de sementes de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) a 25 °C	29
Tabela 4. Porcentagem de emissão de raiz primária em dois lotes de sementes de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) a 30 °C	30
Tabela 5. Porcentagem de emissão de raiz primária em dois lotes de sementes de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) a 35 °C	30
Tabela 6. Índice de precocidade de emissão de raiz primária em dois lotes de sementes de moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam.) a 25, 30 e 35 °C	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mensuração da parte aérea e raiz de plântulas de normais de moringa (<i>Moringa oleífera</i> Lam.) dos lotes 2017 (A) e 2021 (B)	21
Figura 2. Teste de condutividade elétrica com sementes de moringa (<i>Moringa oleífera</i> Lam.)	21
Figura 3. Soluções com diferentes concentrações do carbonato de sódio 1,0 (A), 2,0 (B), 3,0 (C) e 4,0 (D) g/L para o teste do pH de exsudato com sementes de moringa (<i>Moringa oleífera</i> Lam.)	22
Figura 4. Sementes de moringa (<i>Moringa oleífera</i> Lam.) submersas em 10 mL de água destilada.....	22
Figura 5. Coloração do exsudato oriundo de sementes de moringa (<i>Moringa oleífera</i> Lam.) classificadas em viáveis (A) e inviáveis (B) pelo teste do pH de exsudato	23

1 INTRODUÇÃO

Moringa oleifera Lam. é uma espécie arbórea florestal de origem indiana e altamente adaptada às condições climáticas de países tropicais (ASENSI et al., 2017). Com ampla aplicação industrial, essa espécie pode ser utilizada na produção de cosméticos (ALMEIDA et al., 2017), na suplementação alimentar (SANTOS et al., 2020) e, possui propriedades medicinais relevantes (ANDRADE et al., 2020), além de atuar como planta biorremediadora no tratamento de recursos hídricos (TAVARES et al., 2020).

Os registros da moringa no nordeste brasileiro vão desde os anos 50 (ALMEIDA et al., 2017), cuja adaptação às condições ambientais do semiárido são excelentes. Além disso, possui fácil manejo e pode servir como instrumento para o desenvolvimento do semiárido brasileiro, considerando o grande potencial econômico que a espécie possui, mas que, no entanto, não tem sido devidamente explorado (CARVALHO et al., 2017).

Além da pequena oferta comercial de sementes e mudas de moringa, a maior parte ainda é de baixa qualidade (NORONHA et al., 2018). Assim, entende-se que a exploração econômica dessa espécie requer um levantamento acerca do potencial fisiológico, principalmente, de suas sementes. Nesse aspecto, a aplicação de metodologias precisas em testes de viabilidade e vigor é útil para ter-se controle acerca da qualidade dos lotes de sementes e tornar o cultivo mais eficaz, aumentando a sua exploração econômica (PONCE et al., 2019).

A avaliação da qualidade fisiológica de sementes é rotineiramente determinada por meio do teste de germinação, para fins de comercialização. Entretanto, dependendo da espécie, este requer períodos relativamente longos para sua conclusão, como também não detecta estágios iniciais de deterioração das sementes. Dessa forma, é fundamental a utilização de testes que acrescentem informações mais precisas com relação a viabilidade e vigor das sementes.

Dentre os testes rápidos para avaliação da viabilidade das sementes, destaca-se o teste de pH de exsudato (WENDT et al., 2017), que é um teste bioquímico caracterizado por elevada rapidez nos resultados e baixo custo, que visa verificar a integridade das membranas das sementes (CARVALHO et al., 2018). Este permite classificar os lotes, identificar sementes que possam não ter adequado desempenho em campo e determinar o nível de viabilidade, tornando possível classificar quais lotes são ideais para o cultivo e/ou comercialização (GARCIA et al., 2020). Ressalta-se que, o ajuste de sua metodologia para cada espécie é fundamental para obtenção de êxito nos resultados

O teste de pH de exsudato baseia-se na diferença de pH de exsudato de sementes viáveis e não viáveis submetidas a embebição e a avaliação da viabilidade está relacionada a eventos

de deterioração, tais como permeabilidade de membranas e a lixiviação de solutos. (TILLMANN et al., 2019). Esse teste foi eficiente na avaliação da viabilidade de sementes de araucária (*Araucaria angustifolia* Bertol.) (ARALDI; COELHO, 2015), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) (ALVES et al., 2016), pau-ferro (*Libidibia ferrea* Martius ex Tul.) (SOUTO et al., 2019), aroeira (*Astronium urundeuva* Fr. M. Allemão Engl.) (ALVES et al., 2020) e pau-roxo (*Peltogyne confertiflora* (Mart. Ex Hayne) Benth) (FERREIRA et al., 2020).

Além de testes de viabilidade, o potencial fisiológico de sementes deve ser determinado por meio de testes de vigor e que, de preferência, também sejam rápidos e precisos. Entre os testes rápidos de vigor, o teste de precocidade de emissão da raiz primária pode ser promissor. Este baseia-se no princípio de que as sementes que tiverem maior vigor emitirão a raiz primária antes das menos vigorosas (OLIVEIRA et al., 2019). O teste apresentou resultados promissores para algumas espécies, como em chia (*Salvia hispanica* L.) (OLIVEIRA et al., 2019), alface (*Lactuca sativa* L.) (SILVA et al., 2020) e soja (*Glycine max.*) (REGO et al., 2023).

Dessa forma, percebe-se que os testes de pH de exsudato e de precocidade de emissão da raiz primária podem ter importância para análise da viabilidade e do vigor de sementes, contribuindo na tomada de decisão na escolha dos melhores lotes para produção de mudas, armazenamento ou distribuição.

Logo, objetivou-se verificar a eficiência dos testes de pH de exsudato e precocidade de emissão da raiz primária na avaliação da viabilidade e do vigor, respectivamente, em sementes de moringa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância socioambiental e econômica da moringa no semiárido brasileiro

A moringa é uma espécie florestal de origem indiana altamente adaptada às condições climáticas de países tropicais (ASENSI et al., 2017). Essa espécie, tem sido cultivada na Flórida, Ilhas no Pacífico, Caribe e na América Latina, inclusive no Brasil, se adaptando bem ao clima tropical semiárido (RANI et al., 2018). O gênero moringa pertence à família *Moringaceae* e compreende treze espécies, as quais foram inicialmente registradas no sudoeste da Ásia e no continente africano, incluindo a Ilha de Madagáscar.

Com ampla aplicação industrial, o caule e as folhas da moringa podem ser utilizados na produção de cosméticos (ALMEIDA et al., 2017) e suas folhas são comuns na suplementação alimentar (SANTOS et al., 2020). Além disso, a espécie tem propriedades medicinais relevantes (ANDRADE et al., 2020) e suas sementes possuem potencial para atuar como biorremediadoras no tratamento de recursos hídricos (TAVARES et al., 2020).

O pó das folhas secas da moringa possui grande potencial proteico e alto valor nutricional (SANTOS et al., 2020). O caule da espécie também é rico em proteínas, além de conter nove aminoácidos essenciais à saúde e nutrição humana (HERRERA et al., 2018). Diversas pesquisas atestam o potencial nutricional da moringa em dietas alimentares (GUPTA et al., 2017; OYEYINKA, OYEYINKA, 2018; GOMES et al., 2019). Tais como a de Herrera (2018), em que é comprovado que a farinha de milho enriquecida com pó da moringa contém maior valor nutricional, sendo uma alternativa mais econômica e nutritiva para dietas alimentares de comunidades vulneráveis.

Um estudo desenvolvido por Santos et al. (2019a) comprovou que o pó de sementes trituradas da moringa contribui com a redução da turbidez da água. A pesquisa foi desenvolvida em uma comunidade rural de Minas Gerais e mostrou que o uso de três sementes descascadas e trituradas desta espécie são suficientes para remover a turbidez de dois litros de água, deixando-a adequada ao uso humano. O tratamento se mostra uma alternativa de baixo custo, prática e eficiente para comunidades sem serviços de saneamento.

Quanto a suas propriedades biorremediadoras, Santos et al. (2019b) testaram o potencial de tratamento de águas residuais com sementes de moringa por meio da eletrocoagulação, chegando à conclusão que o tratamento resulta na remoção de 71% da concentração residual de ferro. Dessa forma, o processo se mostra uma alternativa sustentável para o tratamento de

efluentes residuais de indústrias têxtil e mais barata e prática que o processo de coagulação e/ou floculação.

A maioria das patentes nacionais com a moringa estão relacionadas ao tratamento de água (ALMEIDA et al., 2017). Dessa forma, nota-se que a espécie tem significativa importância nutricional além de ser uma alternativa fundamental e de baixo custo para promoção da convivência com o semiárido. É importante ressaltar que reduzir a vulnerabilidade das populações rurais aos impactos da seca tem sido um dos maiores desafios sociopolíticos dos últimos anos, no Brasil e principalmente no Nordeste.

Diante dos argumentos percebe-se que a moringa possui aplicabilidade no semiárido e agregado valor econômico. O cultivo da espécie para disponibilização para esses projetos também é uma alternativa de sustento para as comunidades locais. É importante ressaltar que o desenvolvimento do semiárido está intimamente relacionado a diferentes metas da Agenda 2030, a qual implementa os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Dessa forma, a exploração adequada da moringa pode contribuir diretamente com o alcance de metas como: água potável (ODS 6) e fome zero e agricultura sustentável (ODS 2), e indiretamente com saúde e bem-estar (ODS 3), crescimento econômico (ODS 8), redução das desigualdades (ODS 10), cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11); em decorrência das suas propriedades já citadas.

A moringa também tem sido amplamente explorada pela indústria de cosméticos. A espécie já é utilizada como insumo por marcas famosas (*Chanel, Lush Cosmetics, Redkin*) em todo o mundo, inclusive no Brasil, onde o uso patentado da espécie para produção desse seguimento consta no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) desde 2014 (ALMEIDA et al., 2017).

Nesse aspecto, é importante ressaltar que o conhecimento sobre as necessidades da planta e a qualidade das sementes são fundamentais para evitar a perda de recursos e tempo com sementes que não germinam ou que possuem baixo potencial fisiológico. Dessa forma, a implementação de testes de viabilidade e vigor, tais como o pH de exsudato e o teste de precocidade de emissão de raiz primária são de extrema importância para viveiristas, produtores de mudas e distribuidoras de sementes.

Além da pequena oferta comercial de sementes e mudas da espécie, a maior parte ainda é de baixa qualidade (NORONHA et al., 2018). Assim, entende-se que a exploração econômica da moringa requer um levantamento acerca do potencial fisiológico das sementes. Nesse aspecto, a aplicação de metodologias precisas em testes de viabilidade e vigor são úteis para

ter-se um controle acerca da qualidade dos lotes de sementes e consequentemente tornar o cultivo mais eficaz (PONCE et al., 2019).

Alguns trabalhos mostram a eficiência dos testes rápidos na determinação da viabilidade de sementes de moringa, tais como o de Noronha et al. (2018) com o teste de análise de imagens por meio de raios-X. Embora este seja bastante preciso e não cause danos a semente, a sua metodologia é complexa, se relacionada a outros testes, e requer a necessidade de equipamento de raios-X específico. O teste de lixiviação de potássio também se mostrou eficaz para determinação da viabilidade de sementes de moringa (MEDEIROS et al., 2019). No entanto, este também requer o uso de equipamento específico, que é o fotômetro de chama.

Dentre os testes de vigor os mais tradicionais são índice de velocidade de germinação, massa seca de plântulas, emergência, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado, os quais são aplicados em praticamente todos os trabalhos voltados para análise do potencial fisiológico de sementes visando avaliar a qualidade inicial, sendo necessário a aplicação de outros testes complementares.

2.2 Potencial fisiológico de sementes

A produção de mudas de espécies arbóreas florestais, principalmente nativas ou bem adaptadas, tem se tornado mais comum no Brasil em decorrência do aumento de estudos sobre os benefícios destas para a biodiversidade, além do aumento de programas voltados para arborização urbana, recuperação de áreas degradadas e reflorestamento (SILVA et al., 2019), fatores que têm impulsionado o mercado de vendas de sementes e mudas.

A qualidade fisiológica das sementes é um fator importante no processo de produção de mudas. A viabilidade dos lotes de sementes costuma ser avaliada pelo teste de germinação, porém, dependendo da espécie, os resultados podem demorar dias para serem concluídos. A duração do teste de germinação com a moringa ainda não está indicada pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e nem pelas Instruções para Análise de Espécies Florestais (2013), porém em estudos desenvolvidos por Pereira et al. (2015), o teste de germinação teve duração de 10 dias (PEREIRA et al., 2015). Dessa forma, é essencial buscar testes alternativos e precisos, que consigam dar respostas mais rápidas e eficazes em menor tempo (BRITO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020). Ressalta-se que são necessários verificar as particularidades de cada espécie com relação a metodologia de cada teste empregada, pois esta varia entre espécies de acordo com as características fisiológicas de cada uma.

Entre os testes rápidos de avaliação da viabilidade destaca-se o pH de exsudato, que avalia o potencial fisiológico das sementes baseando-se na permeabilidade das membranas, lixiviação dos solutos e integridade do tegumento. Comumente, é aplicado em sementes das mais diversas espécies, inclusive em florestais (VASCONCELOS et al., 2019).

Quanto ao teste de precocidade de emissão de raiz primária, este tem por objetivo determinar o vigor das sementes (OLIVEIRA et al., 2019). No entanto, possui pouca aplicação em espécies florestais, sendo mais comum em espécies agrícolas. Na literatura são encontrados vários testes de vigor, no entanto, poucos são voltados para o de precocidade de emissão de raiz primária, principalmente aplicado a espécies florestais.

Os testes rápidos vêm sendo cada vez mais estudados com o intuito de desenvolver métodos eficientes e eficazes na análise de viabilidade e vigor de diferentes espécies (GONÇALVES; GARLET, 2021). O principal intuito é sanar uma necessidade básica do mercado de produção e venda de mudas, bem como agilizar estudos e pesquisas científicas. Ainda de acordo com os autores, os testes rápidos mais comuns têm sido os de condutividade elétrica, raios-X, embrião excisado e tetrazólio. Embora apresente resultado instantâneo e metodologia simplificada, o pH de exsudato ainda é pouco aplicado, assim como o de precocidade de emissão de raiz primária, que embora não apresente resultado instantâneo, é mais rápido que o teste de germinação.

A escolha do teste varia de acordo com a espécie e o objetivo final, tal como apresentado por Santos et al. (2019d) que avaliaram o vigor da grapiá (*Apuleia leiocarpa*) por meio do teste de velocidade de germinação e a viabilidade por meio dos testes de tetrazólio e condutividade elétrica, com o intuito de determinar qual seria o melhor teste para avaliação da qualidade fisiológica da espécie.

O pH de exsudato foi considerado eficaz na avaliação do potencial fisiológico de sementes de pau-roxo (*Peltogyne confertiflorapor*) (FERREIRA et al., 2020). O teste de condutividade elétrica foi eficiente na determinação de lotes de pau-D'alho (*Gallesia integrifolia*) e craibeira (*Handroanthus chrysotrichus*) (GUOLLO et al., 2017). Assim, nota-se que os testes rápidos são eficazes como os de germinação, desde que seja utilizada metodologia adequada para a espécie. Ressalta-se que um único teste não é suficiente para determinar a viabilidade ou o vigor de um lote, sendo necessário a realização de diferentes testes para aumentar a confiabilidade dos resultados (CUSTÓDIO, 2005).

2.3 Teste de pH de exsudato

O teste de pH de exsudato se baseia na permeabilidade da membrana da semente, bem como na integridade do tegumento. Nesse teste, a semente é embebida em uma solução aquosa, onde ocorre a lixiviação e liberação de açúcares, ácidos orgânicos e íons H^+ . Estes, alteram o pH da solução, deixando-a mais ácida. A medição do pH da solução determina o potencial fisiológico da semente, cuja coloração adquirida pela solução também é um parâmetro de análise. Se ficar incolor, a semente não é viável, se ficar rosa a vermelho é viável (CARVALHO et al., 2018; SOUTO et al., 2019).

Sendo assim, o teste permite classificar os lotes por meio da identificação de sementes que possam ter um bom desempenho, determinando o nível de viabilidade destas. Assim, o produtor poderá determinar quais lotes são ideais para o cultivo e/ou comercialização (GARCIA et al., 2020). A realização de outros testes complementares também pode ser importante para clarear dúvidas, no entanto, este apresenta grande potencial de qualidade e objetividade.

O teste de pH de exsudato possui metodologia simples e manuseio fácil (ARALDI; COELHO, 2015). Porém, ainda existe fragilidade quanto a aplicação da metodologia para várias espécies, principalmente arbóreas florestais, em decorrência das peculiaridades de cada uma. É importante ressaltar que, no que diz respeito à moringa, ainda não há padronização quanto ao teste de germinação nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e nas Instruções para Análise de Sementes Florestais (BRASIL, 2013).

Muitas outras espécies também ainda não possuem metodologias determinadas, no entanto, existem inúmeros trabalhos científicos que aplicam diferentes combinações metodológicas com o intuito de identificar qual seria mais viável. A exemplo tem-se o trabalho de Carvalho et al. (2018) que testam diferentes concentrações de solução indicadora e tempos de embebição na determinação da metodologia mais adequada para o teste de pH de exsudato com sementes de limão cravo (*Citrus limonia* Osb.).

Muitos autores já desenvolveram pesquisas para determinar qual a metodologia mais adequada para o teste do pH de exsudato em espécies florestais e agrícolas, como em araucária (*Araucaria angustifolia*) (ARALDI; COELHO, 2015), crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) (ALVES et al., 2016), soja (*Glycine max* L.) (THEODORO et al., 2018), arroz (*Oryza sativa*) (SANTOS et al., 2019c), copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) (FERREIRA, 2021).

2.4 Teste de precocidade de emissão de raiz primária

O teste de precocidade de emissão da raiz primária tem por princípio avaliar o vigor dos lotes de sementes, a partir da protrusão radicular que ocorre durante o processo de germinação, começando após a absorção de água com a aceleração das atividades metabólicas da semente (OLIVEIRA et al., 2019). Assim, são consideradas mais vigorosas, as sementes que emitem a raiz primária mais cedo e menos vigorosas as que emitem tardiamente (SILVA et al., 2020).

A rapidez na absorção de água, pela semente, depende de fatores como a sua composição química, disponibilidade de água, área de contato e temperatura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A temperatura é um importante fator na germinação de sementes, pois influencia na velocidade e uniformidade desta (BARROZO et al., 2022).

O teste de precocidade de emissão da raiz primária é rápido, fácil e acessível, visto que necessita apenas de uma câmara de germinação, equipamento comum nos Laboratórios de Análise de Sementes (MACHADO et al., 2012) e acompanhamento da emissão da raiz. Esse teste apresentou resultados positivos para sementes de milheto (*Pennisetum glaucum* L.) (MACHADO et al., 2012) e chia (*Salvia hispanica* L.) (OLIVEIRA et al., 2019).

Embora seja um procedimento rápido e eficaz, o teste de precocidade de emissão da raiz primária ainda é pouco utilizado na avaliação do vigor de lotes de sementes, principalmente de espécies florestais. Ressalta-se que os testes de pH de exsudato e de precocidade de emissão da raiz primária são fundamentais para análise da viabilidade e do vigor das sementes de moringa, respectivamente, principalmente pelo fato de não haver metodologias específicas envolvendo estes para a espécie em questão. Portanto, os procedimentos metodológicos desses testes para moringa são essenciais para a exploração econômica desta espécie junto aos viveiristas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aquisição das sementes

As sementes de moringa foram coletadas nos anos de 2017 e 2021 no campus central da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN, (5°12'16.95"S e 37°19'20,76"O). Após a coleta, foi realizado o beneficiamento das sementes, descartando-se as sementes mal formadas, atacadas por insetos ou vazias. As sementes selecionadas foram acondicionadas em sacos de plástico e armazenadas em ambiente controlado (17 °C; 45% UR) no Laboratório de Análise de Sementes da UFERSA, até o início da realização dos experimentos, em setembro de 2022.

3.2 Testes iniciais

- a) Grau de umidade: realizado pelo método da estufa a 105 °C/24 h (BRASIL, 2009), com duas repetições de 5 g para cada lote. Os resultados foram expressos em porcentagem de grau de umidade (GU) (base úmida).
- b) Germinação: quatro repetições de 25 sementes para cada lote foram postas de forma intercalada sobre duas folhas de papel toalha e cobertas por uma terceira folha, previamente umedecidas com quantidade de água destilada igual a 2,5 vezes o peso dos papéis secos e organizados em forma de rolos. Estes, foram acondicionados em sacos de plástico, para evitar evaporação da água e mantidos em câmara de germinação a 25 °C durante 10 dias (PEREIRA et al., 2015). Na avaliação final da germinação, adotou-se o critério de formação de plântula normal (BRASIL, 2009).
- c) Índice de velocidade de germinação (IVG): realizado juntamente com o teste de germinação, sendo diariamente feita a contagem das sementes germinadas. O início da germinação ocorreu no terceiro dia após a instalação do teste. Os resultados foram calculados de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = N1/D1 + N2/D2 + N3/D3 + \dots Nn/Dn$$

Onde:

IVG = Índice de velocidade de germinação

Nn = Número de plântulas emergidas

Dn = Número de dias após implantação do teste

- d) Comprimento de plântula: na avaliação final do teste de germinação, foram escolhidas

aleatoriamente 10 plântulas normais para a mensuração do comprimento total da plântula, com auxílio de régua graduada em centímetros. Os dados foram expressos em cm.plântula⁻¹.

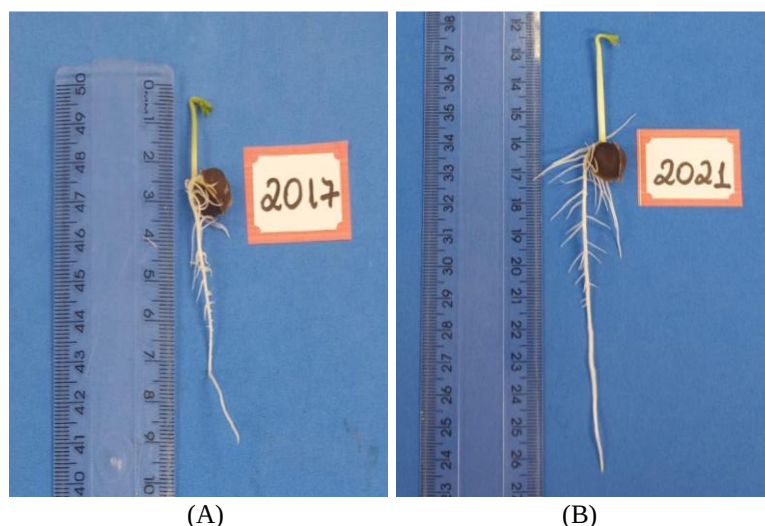


Figura 1. Mensuração de plântulas normais de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) dos lotes 2017 (A) e 2021 (B).

e) Massa seca total da plântula: as plântulas normais mensuradas foram colocadas em sacos de papel tipo kraft, identificadas e conduzidas à estufa, com circulação de ar forçada a 65 °C, durante 72 horas. Ao atingirem massa constante, foram pesadas em balança analítica de precisão e os resultados expressos em g.plântula⁻¹.

f) Teste de condutividade elétrica: realizado com quatro repetições de 50 sementes de cada lote, previamente pesadas em balança semi-analítica. As sementes foram imersas em 75 mL de água destilada por 4 h a 25 °C (MEDEIROS et al., 2017). Em seguida, realizou-se a leitura da solução em condutivímetro de bancada. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$.



Figura 2. Teste de condutividade elétrica com sementes de moringa (*Moringa oleífera* Lam.).

3.3 Teste de pH de exsudato

As soluções de fenolftaleína foram preparadas adicionando 1 g dissolvido em 100 mL de álcool acrescido de 100 mL de água destilada fervida (SOUTO et al., 2019) e de carbonato de sódio nas concentrações de 2,0 e 4,0 g/L. A decisão por testar diferentes concentrações de carbonato de sódio, se deu pelo fato de a semente de moringa ter tamanho relativamente grande, exigindo maiores volumes de água para embebição, que foi de 10 mL.

Para essa escolha, foram feitos pré-testes com diferentes concentrações do carbonato de sódio, com o objetivo de obter a cor rosa forte como referência. Dessa forma, foram aplicadas três gotas do carbonato de sódio nas concentrações de 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 g/L e três gotas da fenolftaleína em 10 mL de água destilada. A concentração de 1,0 g/L de carbonato de sódio resultou em um tom de rosa bastante claro. As concentrações de 2,0 e 3,0 g/L mantiveram coloração semelhante e a de 4,0 g/L coloração forte (Figura 3).

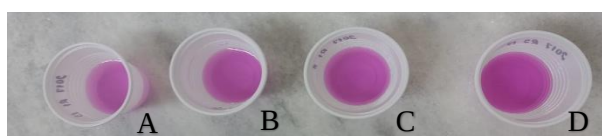


Figura 3. Soluções com diferentes concentrações do carbonato de sódio 1,0 (A), 2,0 (B), 3,0 (C) e 4,0 (D) g/L para o teste do pH de exsudato com sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.).

Na instalação do teste utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes para cada lote, distribuídas individualmente em copos plásticos com capacidade de 50 mL, contendo 10 mL de água destilada. Antes de colocar as sementes na água, foi feita a remoção das alas das sementes, para evitar maior flutuação na água. Para facilitar a leitura do teste, foram organizados 25 copos em cada bandeja plástica (Figura 4). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições.



Figura 4. Sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) submersas em 10 mL de água destilada.

Os copos contendo as sementes foram colocados em câmara de germinação por 1, 3 e 5 horas e temperaturas de 25, 30 e 35 °C. Após esses períodos de embebição, adicionou-se três gotas de solução de carbonato de sódio e mais três de solução de fenolftaleína em cada copo, com auxílio de pipeta de pasteur. Em seguida, homogeneizou-se as duas soluções com auxílio de um bastão de vidro e procedeu-se imediatamente a avaliação, sendo verificada a coloração obtida do exsudato na solução de embebição.

A quantidade de gotas escolhidas foi baseada em testes preliminares, sendo obtida a cor rosa forte quando se utilizou três gotas de cada solução para o volume de 10 mL de água destilada. A coloração rosa escuro ou rosa claro, indica sementes viáveis, enquanto a cor rosa muito claro ou incolor, aponta que as sementes são inviáveis (SOUTO et al., 2019) (Figura 5).

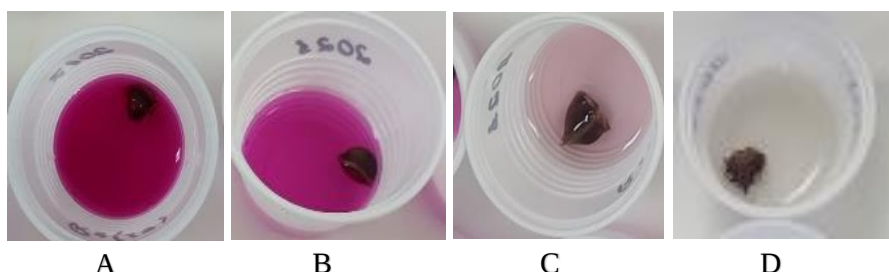


Figura 5. Coloração do exsudato após contato com as soluções indicadoras em sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) classificadas em viáveis (A e B) e inviáveis (C e D) pelo teste do pH de exsudato.

Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis. A análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do sistema computacional de análise estatística SISVAR (FERREIRA et al., 2014).

3.4 Teste de precocidade de emissão de raiz primária

O teste foi realizado com quatro repetições de 25 sementes postas sob duas folhas de papel toalha e recobertas por uma terceira folha, organizadas na forma de rolo de papel, previamente umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso dos substratos. Os rolos contendo as sementes foram acondicionados em sacos plásticos e colocados em câmara de germinação sob 25, 30 e 35 °C.

Para avaliação do teste, a cada 12 horas a partir da sua instalação, as sementes foram observadas quanto a protrusão de pelo menos 2 mm de raiz primária, sendo contabilizadas e descartadas. O resultado do número de sementes com raízes emitidas precocemente foi expresso

em porcentagem. Também foi avaliado o índice de precocidade de emissão de raiz primária, calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962):

$$\text{IPERP} = E1/N1 + E2/N2 + \dots E_n/N_n$$

Onde:

IPERP = Índice de precocidade de emissão de raiz primária;

E1, E2,... E_n = Número de sementes que emitiram a raiz primária, (> 2 mm) na primeira, segunda e enésima contagens;

N1, N2, ... N_n = Período em horas que a primeira, segunda e enésima contagens foram realizadas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de grau de umidade foram baixos em ambos os lotes. Além disso, verificou-se uma semelhança entre os lotes, esta pequena variação não provoca alteração nos resultados da qualidade fisiológica dos lotes, pois, sementes ortodoxas com baixo teor de água mantem-se conservadas por mais tempo (MEDEIROS et al., 2019). Além disso, a pouca variação entre os lotes também é importante pois indica que estas estão em um mesmo patamar de atividade metabólica, aumentando a confiabilidade nos resultados dos testes.

Nos testes de qualidade inicial houve efeito significativo dos lotes em todas as variáveis analisadas, com o lote 2021 se sobressaindo melhor em relação ao 2017 (Tabela 1). Assim, considera-se que o lote de 2021 possui potencial fisiológico mais elevado em relação ao 2017. Para verificar a eficiência do teste de pH de exsudato, é essencial trabalhar com lotes que apresentem diferenças com relação a sua qualidade (GRZYBOWSKI et al., 2022).

Tabela 1. Médias do grau de umidade (GU) primeira contagem (PC), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântulas (CP), massa seca de plântulas (MSP) e condutividade elétrica (CE) de dois lotes de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.).

Lotes	GU(%)	PC(%)	G(%)	IVG	CP (cm.plântula ⁻¹)	MSP (g.plântula ⁻¹)	CE (µS.cm ⁻¹ .g ⁻¹)
2017	7,05	0b	56b	1,24a	4,66b	2,54b	1079,32b
2021	6,69	51a	96a	4,95a	13,3a	2,80a	402,35a
F	-	181,46*	71,05*	145,10*	282,17*	15,00*	196,19*
CV(%)	-	21	15,25	14,05	8,09	3,45	9,23

*significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - Coeficiente de variação.

A primeira contagem de germinação do lote 2021 obteve 51%, tendo obtido 96% de germinação final. Por outro lado, as sementes do lote 2017 não germinaram na primeira contagem e, como resultado final de germinação obteve 56% (Tabela 1).

Em um teste de germinação com quatro lotes de sementes de moringa, onde três foram coletadas em diferentes cidades do Rio Grande do Norte e uma em São Paulo, Medeiros et al. (2019) obtiveram alta porcentagem de germinação (90 a 99%) em todos os lotes, no entanto os autores não especificaram quanto tempo as sementes passaram armazenadas e em quais condições.

No presente estudo, percebe-se que as sementes de moringa armazenadas por 60 meses (5 anos), lote 2017, já estavam com a germinação e o vigor comprometidos. O armazenamento é um dos fatores que contribui com a perda de viabilidade das sementes, pois, nesse período, as

mesmas podem contrair fungos, sofrer alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas ou mesmo envelhecer (PARISI et al., 2019).

O envelhecimento é um processo natural onde ocorre a peroxidação de lipídios, rompimento das membranas celulares e a desintegração do núcleo da célula. Dessa forma, a depender da espécie, as sementes podem perder o seu potencial fisiológico durante o período de armazenamento, dificultando ou inviabilizando a germinação (SILVA et al., 2019). A viabilidade e o vigor de sementes de moringa são mantidos de 15 (MELO, 2017) a 27 meses (SILVA et al., 2012) em condições de câmara fria.

Com relação ao comprimento e massa seca das plântulas, nota-se que o lote 2021 apresentou comprimento médio total significativamente maior que o lote 2017. Esse fato já era esperado visto que o lote 2021 apresentou melhor desempenho fisiológico em todos os testes da qualidade inicial. Proporcionalmente, a massa seca de plântulas também foi estatisticamente maior para as provenientes do lote 2021.

Em teste realizado com quatro lotes de moringa, Medeiros et al. (2019), constataram uma variação no comprimento de plântulas de 12 a 16 cm. Assim como Noronha et al. (2018), que registaram plântulas com comprimento entre 13 e 15 cm para lotes com mais de 50% de germinação e 6,5 cm para um lote com menos de 50% de germinação.

A emergência e a velocidade de emergência das plântulas, a altura, o diâmetro do colo, número de folhas e a massa seca são afetados pela redução do vigor das sementes (FERREIRA; GENTIL, 2003). Assim, considerando o baixo desenvolvimento das plântulas de moringa do lote 2017 e, conseqüente, pouca massa seca de plântulas, reforça-se que este possui potencial fisiológico reduzido em relação ao lote 2021.

O teste de condutividade elétrica confirmou a superioridade das sementes lote 2021 em relação as do 2017 (Tabela 1). Esse teste mede a quantidade de eletrólitos lixiviados pelas sementes embebidas em água por um determinado tempo. Sendo assim, sementes com membranas danificadas ou em processo de deterioração, tendem a lixiviar mais eletrólitos, indicando que são menos vigorosas (SILVA et al., 2019).

Quanto ao teste do pH de exsudato, na concentração de 2 g de carbonato de sódio/ 25°C nos períodos de 1 e 3 horas de embebição, não foi possível diferenciar os lotes. Entretanto, no período de 5 horas, houve diferença estatística entre os lotes, indicando o lote 2021 como superior em relação ao 2017 (Tabela 2). Porém as médias de sementes viáveis obtidas pelo teste de pH de exsudato ficaram bem abaixo quando comparadas as obtidas pelo teste de germinação, em ambos os lotes.

Tabela 2. Médias de sementes viáveis de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) pelo teste do pH de exsudato a 25, 30 e 35 °C nas concentrações de 2 e 4 g de carbonato de sódio.

25 °C				30 °C			35 °C		
Lotes	2 g. L ⁻¹								
	1h	3h	5h	1h	3h	5h	1h	3h	5h
2017	58a	56a	33b	57b	59a	47a	58b	46b	50a
2021	68a	58a	51a	77a	56a	47a	76a	62a	44a
F	3,95 ^{ns}	0,06 ^{ns}	6,48*	13,95*	0,16 ^{ns}	0,0 ^{ns}	22,10*	8,72*	0,40 ^{ns}
CV(%)	11,30	20,46	23,81	11,30	18,57	22,38	8,08	14,18	28,44
4 g. L ⁻¹									
2017	100a	100a	97b	99a	95b	98a	99a	99a	98a
2021	100a	100a	100a	99a	100a	96a	87b	76b	89a
F	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	9,00*	0,0 ^{ns}	25,0*	0,43 ^{ns}	6,20*	58,80*	3,10 ^{ns}
CV(%)	0,0	0,0	1,44	2,02	1,45	4,45	7,35	4,85	7,76

^{ns}não significativo a 5% de probabilidade. *significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação.

Sob a temperatura de 30 °C foi verificado que apenas com uma hora de embebição houve diferença estatística entre os lotes. Ao passo que, a 35 °C, os períodos de uma e três horas de embebição conseguiram diferenciar os lotes (Tabela 2). Em ambas combinações os resultados obtidos foram semelhantes e se aproximaram da porcentagem de germinação inicial (Tabela 1).

Na concentração de 4 g/L de carbonato de sódio, percebeu-se que o lote 2017 apresentou elevada média de sementes viáveis (Tabela 2), em todas as combinações entre temperaturas e períodos de embebição. Esse acontecido foi discordante da classificação obtida nos testes iniciais (Tabela 1). Na temperatura de 25 °C, apenas o tratamento com 5 h de embebição apresentou diferença estatística entre os lotes. No entanto, a média de sementes viáveis do lote 2017 diverge dos testes de qualidade inicial, se mostrando relativamente alta. Já na temperatura de 30 °C, observou-se diferenças entre os lotes apenas no período de três horas (Tabela 2). Porém, mais uma vez o lote 2017 apresentou elevada porcentagem de sementes viáveis, contradizendo os resultados obtidos na classificação inicial (Tabela 1).

A temperatura de 35 °C resultou em comportamento divergente das demais temperaturas, pois indicou o lote 2017 com maior média de sementes viáveis em relação ao 2021, em todos os tempos de embebição. Assim, compreende-se que a concentração de 4 g de carbonato de sódio não é indicada para avaliação da viabilidade de sementes de moringa em nenhum dos períodos e temperaturas utilizados. Possivelmente essa concentração foi bastante elevada, superestimando a qualidade do lote 2017. Possivelmente, com essa concentração seria necessário maior tempo de embebição pelas sementes para obter resultados consistentes.

Além da concentração do carbonato de sódio, variáveis como quantidade de gotas, tempo de embebição, quantidade de água destilada para embebição das sementes podem influenciar nos resultados do teste do pH de exsudato (THEODORO et al., 2018). O volume escolhido para embebição depende do tamanho da semente analisada. Com isso, é necessário fazer o ajuste entre a concentração utilizada de carbonato de sódio e o volume de água utilizado na embebição, de forma a obter a cor de referência (rosa escuro) com as soluções de fenolftaleína e carbonato. A rigidez do tegumento também pode dificultar a passagem dos eletrólitos para solução de embebição, além disso, se as sementes são colocadas na água de forma massal ou individual, também pode interferir nos resultados.

Com isso, o ajuste de metodologia varia muito entre as espécies testadas. Em sementes de angico do cerrado (*Anadenanthera falcata*), o teste de pH de exsudato foi considerado eficiente usando as seguintes combinações: método individual com imersão da semente por 30 min em 30 mL de água destilada a 25°C, com soluções indicadoras de carbonato de sódio na concentração de 8,5 g/L e solução de fenolftaleína (1 g/100 mL), usando 10 gotas de cada solução (STALLBAUN et al., 2015).

Com sementes de jucá (*Libidibia ferrea*), Souto et al. (2019), também obteve êxito com esse teste, utilizando a seguinte metodologia: método individual com imersão da semente por 30 min em 8 mL de água destilada a 25 e 30 °C, com soluções indicadoras de carbonato de sódio na concentração de 0,8 g/L e solução de fenolftaleína (1 g/100 mL), usando uma gota de cada solução.

Para sementes de macambira (*Encholirium spectabile*), utilizando o método individual, com sementes embebidas em 2 mL de água durante 15, 30, 45 e 60 min e com soluções indicadoras de carbonato de sódio na concentração de 0,43 g para 200 mL de água destilada e solução de fenolftaleína (1 g/100 mL), usando uma gota de cada solução, não se obteve resultado eficiente (ARAÚJO; SILVA, 2018).

Assim como também não foi eficiente em sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia*), usando o método massal com imersão da semente em 200 mL de água destilada a 25 °C por 20, 40, 60 e 80 min; com solução indicadora de carbonato de sódio na concentração de 8,5 g/L e solução de fenolftaleína (1 g/100 mL), usando 20 gotas de cada (BARBOZA et al., 2014).

Com isso, verifica-se que o teste do pH de exsudato é promissor na avaliação de sementes de moringa se trabalhado com concentrações de carbonato de sódio de cerca de 2 g, com tempos de embebição menores, em torno de 1 h e com temperaturas mais elevadas, entre 30 e 35 °C.

Em relação ao teste de precocidade de emissão de raiz primária, verificou-se que a 25 °C ocorreu diferença significativa entre os lotes a partir de 96 h, onde houve mais de 50% de emissão de raiz nas sementes do lote 2021 e nenhuma emissão do lote 2017 (Tabela 3). Este resultado foi semelhante ao obtido na primeira contagem de germinação (Tabela 1). Nos períodos de 144 e 156 h foram encontrados valores de emissão próximos ao obtido na germinação.

Tabela 3. Porcentagem de emissão de raiz primária em dois lotes de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) a 25 °C.

Lotes	Horas							
	12	24	36	48	60	72	96	108
2017	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 b	21,0 b
2021	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	56,0 a	88,0 a
F	-	-	-	-	-	3,0 ^{ns}	168,0*	91,6*
CV (%)	-	-	-	-	-	163,30	21,82	18,1
Lotes	Horas							
	120	132	144	156	168	180	192	196
2017	36,0 b	52,0 b	55,0 b	58,0 b	60,0 b	63,0 b	63,0 b	64,0 b
2021	93,0 a	93,0 a	93,0 a	94,0 a	94,0 a	95,0 a	95,0 a	95,0 a
F	191,1*	30,93*	22,8*	16,2*	15,7*	14,91*	14,91	13,16*
CV (%)	9,04	14,38	15,21	16,64	15,73	14,83	14,83	15,20

^{ns}não significativo a 5% de probabilidade. *significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação.

A temperatura de 25 °C retardou o processo de emissão da raiz primária em relação as demais. Esse fato também foi verificado em gabirola (*Campomanesia adamantium*) por Leão-Araújo et al. (2019) e em sementes de chia (*Salvia hispanica* L.) por Oliveira et al. (2019). Temperaturas mais baixas podem reduzir as atividades metabólicas das sementes e a absorção de água, provocando atraso na germinação e baixo índice germinativo, fato aplicado a maioria das sementes tropicais e subtropicais (OJEDA et al., 2021).

A temperatura de 30 °C acelerou o processo de germinação sendo possível visualizar sementes com emissão de raiz em apenas 60 h, porém em percentual baixo. A partir de 168 h, o lote 2021 estabilizou a emissão de raiz, enquanto o 2017 foi a partir de 180 h (Tabela 4). No entanto, as porcentagens de emissão não condizem com o teste de qualidade inicial (Tabela 1).

Tabela 4. Porcentagem de emissão de raiz primária em dois lotes de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) a 30 °C.

Lotes	Horas							
	12	24	36	48	60	72	96	108
2017	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0b	8,0 b	23,0 b	38,0 b
2021	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0a	66,0 a	85,0 a	87,0 a
F	-	-	-	-	16,2*	120,1*	66,2*	53,3*
CV (%)	-	-	-	-	57,5	20,23	19,9	15,1

Lotes	Horas							
	120	132	144	156	168	180	192	196
2017	43,0 b	44,0 b	44,0 b	45,0 b	46,0 b	47,0 b	47,0 b	47,0 b
2021	87,0 a	87,0 a	87,0 a	87,0 a	88,0 a	88,0 a	88,0 a	88,0 a
F	34,9*	32,4*	32,4*	29,0*	37,8*	41,0*	41,0*	41,0*
CV (%)	16,1	16,3	16,3	16,6	14,4	13,2	13,4	13,4

*significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação.

Para os resultados oriundos sob a temperatura de 35 °C, constata-se que a emissão de raiz aconteceu mais cedo em relação as demais temperaturas, sendo possível distinguir os dois lotes em apenas 48 h, porém com menor porcentagem final para o lote 2017 (Tabela 5).

Tabela 5. Porcentagem de emissão de raiz primária em dois lotes de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) a 35 °C.

Lotes	Horas							
	12	24	36	48	60	72	96	108
2017	0,0	0,0	0,0	0,0b	8,0b	25,0b	34,0b	34,0b
2021	0,0	0,0	0,0	27,0a	27,0a	85,0a	92,0a	97,0a
F	-	-	-	115,1*	18,3*	154,2*	148,4*	150,7*
CV (%)	-	-	-	26,3	35,8	12,4	10,69	11,08

Lotes	Horas							
	120	132	144	156	168	180	192	196
2017	36,0b	40,0b	44,0b	46,0b	46,0b	46,0b	46,0b	46,0b
2021	97,0a	98,0a	98,0a	98,0a	98,0a	98,0a	98,0a	98,0a
F	166,6*	194,0*	128,6*	126,7*	126,7*	126,7*	126,7*	126,7*
CV (%)	10,05	8,53	9,48	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07

*significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação.

Em temperaturas mais elevadas as atividades enzimáticas das sementes tendem a ocorrer mais rapidamente, acelerando o processo de germinação (SILVA et al., 2018). Porém, sementes com baixo vigor são mais exigentes em relação à temperatura ótima para germinação, enquanto sementes mais vigorosas conseguem germinar em uma ampla faixa de temperatura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A temperatura ótima para germinação pode ser

conceituada como aquela em que a semente expressa seu potencial máximo de germinação em menor tempo (FIGUEIREDO et al., 2019).

Assim, compreende-se que temperaturas mais elevadas aceleram o processo de protrusão da raiz primária, tornando a análise da qualidade dos lotes mais rápida. A partir de 156 h, foi estabilizada a porcentagem de sementes com emissão de raiz em ambos os lotes. Em temperaturas mais elevadas ocorre redução da viscosidade e aumento da energia cinética da água, acelerando a embebição e, conseqüentemente, a velocidade das reações do metabolismo das sementes (MARCOS-FILHO, 2015). Por outro lado, sob as temperaturas mais baixas ocorre aumento da viscosidade e redução da mobilidade da água (LEÃO-ARAÚJO et al., 2019).

No índice de precocidade de emissão de raiz primária houve efeito significativo para todas as temperaturas testadas (Tabela 6). O lote 2021 se mostrou mais vigoroso em relação ao 2017 em todas as temperaturas avaliadas. Dessa forma, houve concordância com a classificação da qualidade inicial e também com a porcentagem de emissão de raiz primária. Na temperatura de 35 °C foi possível verificar maiores valores desse índice para os dois lotes.

Tabela 6. Índice de precocidade de emissão de raiz primária em dois lotes de sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) a 25, 30 e 35 °C.

Lotes	Temperaturas (°C)		
	25	30	35
2017	3,24 b	3,77 b	4,27 b
2021	6,37 a	8,70 a	10,35 a
F	29,1*	42,07*	93,7*
CV (%)	17,03	17,21	12,13

*significativo pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV - coeficiente de variação.

A precocidade de emissão de raiz primária está associada ao período necessário e a energia consumida para reativação do metabolismo rumo a germinação, atividades de mecanismos de reparo no sistema de membranas e retomada da síntese de DNA e proteínas. Tanto o período como o consumo são maiores em sementes mais deterioradas ou menos vigorosas, retardando a protrusão da raiz primária (KRZYZANOWSKI et al., 2020). No presente estudo foi possível constatar essa informação, uma vez que, o lote classificado como de menor vigor resultou em menor capacidade de emissão da raiz primária.

Diante dos resultados obtidos, o teste de precocidade de emissão de raiz pode ser conduzido a 35 °C com avaliação após 48 h de instalação. Percebe-se que há escassez de informações nessa linha de pesquisa, principalmente para as de sementes florestais, cujo os trabalhos encontrados foram desenvolvidos com espécies de hortaliças e grandes culturas.

5 CONCLUSÕES

O teste do pH de exsudato com 1 h de embebição a 30 ou 35 °C, com solução de carbonato de sódio 2 g/L é promissor na análise da viabilidade de sementes de moringa, porém necessita de estudos complementares antes de ser indicado como uso rotineiro para a espécie.

O teste de precocidade de emissão de raiz é eficiente na classificação do vigor lotes de moringa, podendo ser conduzido a 35 °C com avaliação após 48 horas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. B. L. et al. Estudo prospectivo da Moringa na indústria de cosméticos. **Cad. Prospec.**, v. 10, n° 04, p. 905-918, 2017.
- ALVES, C. Z. et al. pH of exudate test in the physiological quality of crambe seeds. **Ciência Rural**, v. 46, n° 6, p. 1014-1018, 2016.
- ALVES, R. M. et al. Aspectos germinativos e bioquímicos de diásporos de aroeira-do-sertão, armazenados e submetidos ao condicionamento fisiológico. **Diversitas Journal**, v. 5, n° 4, p. 2358-2373, 2020.
- ANDRADE, J. I. A. et al. Therapeutic properties of *Moringa oleifera* Lam. In the treatment of *diabetes mellitus*. **Research, Society and Development**, v. 9, n° 7, 2020.
- ARALDI, C. G.; COELHO, C. M. M. pH do exsudato na avaliação da viabilidade de sementes de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n° 3, p. 426-433, 2015.
- ARAÚJO, A. V.; SILVA, M. A. D. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Encholiriumspectabile* mart. ex Schult. & Schult. f. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n° 1, p. 56-66, 2018.
- ASENSI, G. D. et al. *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v. 67, n° 2, p. 86-97, 2017.
- BARBOZA, V. R. S. et al. Potencial fisiológico de sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. através do teste do pH de exsudato. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n° 18, p. 2327-2335, 2014.
- BARROZO, L. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes e plântulas de Ingá armazenadas e semeadas em diferentes ambientes. **Revista Agro. Amb.**, v. 15, n° 1, p. 179- 191, 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, 2013, 98p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, Mapa/ACS, 2009, 399p.
- BRITO, W. A. L. et al. Evaluation of viability of *Tabebuia aurea* seeds through tetrazolium test. **Rev. Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 993-999, 2020.
- CARVALHO, A. A. et al. Agrometeorological zoning of moringa fot the State of Pernambuco in current conditions and future projections. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n° 3, p. 194-202, 2017.
- CARVALHO, D. U. et al. Teste de pH do exsudato como método para estimar a viabilidade e vigor de *Citrus limonia* Sementes Osbeck. **Journal of Seed Science**, v. 40, n° 2, p. 156-163, 2018.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. FUNEP, Jaboticabal, Brasil., p. 590, 2012.

CUSTÓDIO, C. C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrariae**, v. 1, n° 1, p. 29-41, 2005.

FERREIRA, C. D. et. al. Potencial fisiológico de sementes de *Peltogyne confertiflora* (Mart. Ex Hayne) *Benth.* por testes bioquímicos. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n° 9, p. 66428-66439, 2020.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. Agrotec.**, v. 38, n° 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, G. S. *Copaifera langsdorffii* Desf., uma espécie de uso múltiplo do Cerrado: uma revisão de literatura. (Monografia) Engenharia Florestal. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília – Distrito Federal, 2021.

FERREIRA, S. A. do N.; GENTIL, D. F. de O. Armazenamento de sementes de Camu-camu (*Myrciaria dubia*) com diferentes graus de umidade e temperaturas. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 25, n° 3, p. 440-442, 2003.

FIGUEIREDO, J. C. et al. Substratos e temperaturas para germinação e vigor de sementes de tomateiro. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n° 6, p. 80-87, 2019.

GARCIA, E. B. et al. Imagens digitalizadas na avaliação do teste de tetrazólio em sementes de trigo. Nagashima. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n° 6, p. 67-78, 2020.

GOMES, D. J. et al. Possibilidades de uso da *Moringa oleifera* numa perspectiva farmacológica, cosmética e alimentícia. **Revista de Agroecologia no Semiárido (RAS)**, v. 3, n. 2, p. 27-35, 2019.

GONÇALVES, P. P.; GARLET, J. Teste de tetrazólio em sementes de espécies do domínio fitogeográfico amazônico. **Agrotrópica**, v. 33, n° 2, p. 117-126, 2021.

GUOLLO, K. et al. Evaluation of the physiological quality of forest seed species through the the exudate. **Sci. Agrar. Paraná**, v. 16, n° 3, p. 374-382, 2017.

GUPTA, S. et al. Nutritional and medicinal applications of *Moringa oleifera* Lam. - Review of current status and future possibilities. **Journal of Herbal Medicine**, v. 11, p. 1-11, 2017.

GRZYBOWSKI, C. R. de S. et al. Teste de pH do exsudato (fenolftaleína) para estimar a viabilidade de sementes de trigo. **Global Science and Technology**, v. 14, n° 3, p. 22-28, 2022.

KRZYŻANOWSKI et al. Testes de vigor baseado no desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. M. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina, PR: ABRATES, 2020, 601 p.

HERRERA, A. C. et al. Análisis sensorial de harina de maíz fortificada como polvo de *Moringa olifera* en la población vulnerable de Cartagena de Indias. **Revista de Ciências**, v. 22, n° 2, p. 129-137, 2018.

LEÃO-ARAÚJO, E. F. et al. Embebição e emissão da raiz primária de sementes de *Campomanesia adamantium* em função da temperatura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n° 2, p. 402-409, 2019.

MACHADO, C. G. et al. Precocidade na emissão da raiz primária para avaliação do vigor de sementes de milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n° 2, p. 499-506, 2012.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n° 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS F., J. Seed vigor testing: an overview of the past, presente and future perspective. **Sci. Agric.**, v. 72, n° 4, p. 363-374, 2015.

MELO, S. M. B. **Alterações fisiológicas e oxidativas durante o armazenamento de *Moringa oleifera* Lam.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, 2017, 56f.

MEDEIROS, M. L. S. et al. Adequação do teste de lixiviação de potássio em sementes de *Moringa oleifera*. **Ciência Florestal**, v. 29, n° 2, p. 941-949, 2019.

MEDEIROS, M. L. S. et al. Adaptação do teste de condutividade elétrica para sementes de *Moringa oleifera*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n° 91, p. 269-275, 2017.

NORONHA, B. G. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, v. 28, n° 1, p. 393-402, 2018.

OJEDA, V. L. et al. Temperatura como fator determinante na primeira contagem do teste de germinação de *Sesamum indicum*. **Ciência Agrícola**, v. 19, n° 2, p. 155-163, 2021.

OLIVEIRA, I. C et al. Protrusão da raiz na avaliação da qualidade de sementes de chia. **Rev. Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 282-287, 2019.

OYEYINKA, A. T., OYEYINKA, S. A. *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 2, p. 127-136, 2018.

PARISI, J. J. D. et al. Patologia de sementes florestais: danos, detecção e controle, uma revisão. **Summa Phytopathol.**, v. 45, n° 2, p. 129-133, 2019.

PEREIRA, K. T. O. et al. Germinação e vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 28, n° 2, p. 92-99, 2015.

PONCE, R. M. et al. Potencial fisiológico de p. sementes de trigo sarraceno avaliado por diferentes testes de vigor. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n° 3, p. 676-683, 2019.

RANI, N. Z. A., et al. *Moringa genus*: a review of Phytochemistry and Pharmacology. **Frontiers in Pharmacology**, v. 9, art° 108, 2018.

REGO, C. H. Q. et al. Primary root emission as a vigor test in soybean seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, p. 1-8, 2023.

SANTOS, A. F. R. dos, et al. Preparation and physical and pshysical-chemical characterization of a brownie enriched with Moringa leaf flour (*Moringa oleifera*). **Research, Society and Development**, v. 9, n° 7, 2020.

SANTOS, A. R. A. dos, et al. Semente de *Moringa oleifera* como solução alternativa para o tratamento de água em comunidades rurais. **Res. Soc. Dev.**, v. 8, n° 6, 2019a.

SANTOS, B. S. dos, et al. Continuous eletrochemical reactor imprved by the addition of *Moringa oleifera* Lam extract: optimization of operational condotions for Blue 5G dye removal. **Rev. Ambient. Água**, v. 14, n° 3, 2019b.

SANTOS, M. de A. et al. Test of exudate pH in rice seeds. **Rev. Caatinga**, v. 32, n° 4, p. 960 – 965, 2019c.

SANTOS, M. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de garapa (*Apuleia leiocarpa*) submetidas ao envelhecimento acelerado. **Biotemas**, n. 32, v° 4, p. 11-17, 2019d.

SILVA, C. D. et al. Temperaturas e regulador de crescimento na germinação de sementes de alface. **Revista Cultura Agronômica**, v. 29, n° 3, p. 337-347, 2020.

SILVA, D. Y. B. de O. et al. Substrate and temperature on germination and performance of *Albizia niopoides* Benth. seedlings. **Ciência Rural**, v. 48, n° 03, 2018.

SILVA, J. N. et al. Testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para sementes de espécies florestais nativas: uma breve revisão. **Meio Ambiente**, v. 1, n° 2, p. 024-030, 2019.

SILVA, P. C. C. et al. Comportamento germinativo de sementes de *Moringa oleifera* L. em diferentes ambientes e tempos de armazenamento. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n° 1, p. 01-06, 2012.

SOUTO, P. C. et al. Exudate - phenolphthalein pH test for evaluation of validity in seed of *Libidibia ferrea*. **An. Acad. Bras. Cienc.**, v. 91, n° 4, p. 91 - 101, 2019.

STALLBAUN, P. H. et al. Testes rápidos de vigor para avaliação da viabilidade de sementes de *Anadenathera falcata*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1834-1846, 2015.

TAVARES F., G. S. et al. Qualidade da água no semiárido e seus efeitos nos atributos do solo e na cultura da *Moringa oleifera* Lam. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n° 3, p. 293-301, 2020.

THEODORO, J. V. C. et al. Exudate pH and flooding tests to evaluate the physiological quality of soybean seeds. **Rev. Caatinga**, v. 31, n° 3, p. 667 – 673, 2018.

TILLMANN, A. A. et al. Análise de Sementes. In: PESKE, S. T.; VILELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed. Becker e Peske, p. 147-253, 2019.

VASCONCELOS, A. D. M. et. al. Viabilidade germinativa e condutividade elétrica em sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith (Fabaceae). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 07, nº 2, 098-104, 2019.

WENDT, L. et al. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, nº 2, p. 166-171, 2017.