



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARIA KAROLINE FERREIRA BERNARDO

CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE
Hymenaea sp. **ATRAVÉS DO MÉTODO MANUAL E DIGITAL**

AREIA
2023

MARIA KAROLINE FERREIRA BERNARDO

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE
Hymenaea sp. ATRAVÉS DO MÉTODO MANUAL E DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Edna Ursulino
Alves

AREIA

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B523c Bernardo, Maria Karoline Ferreira.
Caracterização morfofisiológica de sementes e plântulas
de Hymenaea sp. através do método manual e digital /
Maria Karoline Ferreira Bernardo. - Areia, 2023.
36 f.

Orientação: Edna Ursulino Alves.
Coorientação: Joice Naiara da Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. ImageJ®. 3. Jatobá. 4.
Qualidade fisiológica. I. Alves, Edna Ursulino. II.
Silva, Joice Naiara da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA


CDU 573(02)

CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE *Hymenaea* sp. ATRAVÉS DO MÉTODO MANUAL E DIGITAL


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 09/11/2023.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 EDNA URSULINO ALVES
Data: 28/11/2023 14:47:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a. Dr.^a. Edna Ursulino Alves (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 CAROLINE MARQUES RODRIGUES
Data: 28/11/2023 20:16:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Caroline Marques Rodrigues
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 JOAO HENRIQUE CONSTANTINO SALES SILVA
Data: 28/11/2023 17:39:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

João Henrrique Constantino Sales Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Aos meus pais, Marinalva Ferreira e Fabiano
Ferreira por todo apoio, paciência e dedicação.
Aos meus irmãos, pelo companherismo.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização desta graduação.

A Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB).

À Coordenação Geral de Programas Acadêmicos e de Iniciação Científica (PIBIC), pela concessão de Bolsa de Estudos.

A minha mãe, Marinalva Ferreira Monteiro por ser a pessoa que mais me apoiou ao longo de toda minha graduação, mesmo quando pensava em desistir ela estava me ajudando, a nunca desistir.

A meu pai, Fabiano Ferreira Bernardo e meus irmãos, José Fabiano Ferreira Bernardo e Arthur Ferreira Bernardo, por me apoiar em tudo que precisei.

A minha Tia Joselia Maria, pelo apoio, conselhos e sempre estar orgulhosa de mim.

Agradeço a minha Orientadora, Edna Ursulino Alves, por ter me dado a oportunidade de aprendizado no Laboratório de Análise de Sementes, por todos ensinamentos, toda paciência e compreensão na minha trajetória.

Agradeço a meus amigos, Juliana do Nascimento, Maria Joelma, Diego Miranda, Muriel Thobias, Jeferson Gomes, Luana Targino, Emanuelle Dantas e Alan Gomes que estiveram comigo por toda minha trajetória, tornando a caminhada mais leve, por todos os momentos incríveis e todas as loucuras vividas, que foram momentos únicos.

A minha amiga, Camila Pamplona, que foi por longos anos companheira de quarto, foram anos de muitos ensinamentos, companheirismo, conselhos, as risadas na madrugada, por me apoiar em momentos que precisei, por ser a maluquinha com quem precisava para compartilhar o quarto, a pessoa incrível.

A Anne Bandeira, que foi uma querida amiga que também compartilhamos o quarto, era uma pessoa magnífica, que preparava o café da manhã para ela e fazia questão de me acordar para compartilhar comigo e, como eu adorava esse carinho e companheirismo.

A equipe do Laboratorio de Análise de Sementes, Carol Marques, Joyce Naiara, Kaline Nascimento, Eduardo Fernandes, Guilherme de Pádua, João Henrique, Luís Gustavo por compartilhar experiências e momentos de alegria.

Ao Senhor Severino Francisco dos Santos (Seu Bui), que sempre esteve pronto a nos ajudar e nunca mediu esforços para nos acompanhar em trabalhos de campo.

Enfim, a todos que de alguma forma me ajudou na execução deste trabalho e formação acadêmica.

RESUMO

A aplicação da análise digital oferece grandes vantagens com relação aos métodos manuais tradicionais devido ao menor tempo requerido e a precisão, além de oferecer uma variedade de informações de forma rápida e com números significativos. Diante do exposto, o objetivo no presente trabalho foi a caracterização biométrica de sementes e plântulas de *Hymenaea* sp. por meio dos processos manual e digital de imagens, verificando se a metodologia foi eficiente na distinção da qualidade fisiológica de sementes de cinco plantas matrizes. Os frutos foram coletados em cinco plantas matrizes localizadas na Mata do Pau Ferro, no município de Areia na Paraíba. Após o beneficiamento das sementes, estas foram submetidas a análise biométrica através do método manual (com auxílio de um paquímetro) e pelo método digital (baseado na captura da imagem das sementes e análise digital com a utilização do programa de editoração ImageJ[®]), sendo avaliado o comprimento e largura, para ambos os métodos. Além disso, foi realizado o peso das sementes e a determinação do teor de água. Para a avaliação da qualidade fisiológica foi realizada a primeira contagem de emergência, porcentagem de emergência, índice e tempo médio de emergência, comprimento da parte aérea e do sistema radicular - através do método manual (utilizando uma régua) e digital, massa seca da parte aérea e do sistema radicular. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, posteriormente foi realizada a correlação de Spearman para todas as combinações entre as variáveis. A análise de imagens, com auxílio do programa de editoração ImageJ[®], permite avaliar diversas características da biometria de sementes e plântulas de *Hymenaea* sp. sendo eficiente no ranqueamento dos lotes de sementes provenientes de diferentes plantas matrizes, mas necessita ainda de estudos para recomendação do método. As sementes da planta matriz 1 são de melhor qualidade, sendo indicadas para produção de mudas.

Palavras-chave: imageJ[®]; jatobá; qualidade fisiológica.

ABSTRACT

The application of digital analysis offers great advantages over traditional manual methods due to the shorter time required and precision, in addition to offering a variety of information quickly and with significant numbers. In view of the above, the objective of the present work was the biometric characterization of seeds and seedlings of *Hymenaea* sp. through manual and digital imaging processes, verifying whether the methodology was efficient in distinguishing the physiological quality of seeds from five parent plants. The fruits were collected from five mother plants located in Mata do Pau Ferro, in the municipality of Areia in Paraíba. After processing the seeds, they were subjected to biometric analysis using the manual method (with the aid of a caliper) and the digital method (based on capturing the image of the seeds and digital analysis using the ImageJ publishing program), being evaluated the length and width, for both methods. In addition, seed weight and water content were determined. To assess the physiological quality, the first emergence count, percentage of emergence, index and average emergence time, length of the aerial part and root system were carried out - using the manual method (using a ruler) and digital method, dry mass of the part aerial and root system. The data obtained were subjected to analysis of variance and the means were compared using the Tukey test at a 5% probability level, subsequently Spearman's correlation was performed for all combinations between variables. Image analysis, with the help of the ImageJ[®] publishing program, allows evaluating various characteristics of the biometrics of seeds and seedlings of *Hymenaea* sp. being efficient in ranking batches of seeds from different mother plants, but it still requires studies to recommend the method. The seeds from mother plant 1 are of better quality and are recommended for seedling production.

Keywords: imageJ[®]; jatobá; physiological quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Procedimento manual para obtenção de dados biométricos em sementes de <i>Hymenaea</i> sp.	17
Figura 2. Etapas do processamento digital de imagens para obtenção de dados biométricos em sementes de <i>Hymenaea</i> sp. A: captura da foto; B: conversão para o formato de 8 bits; C: utilização da máscara de threshold; D: análise biométrica.....	18
Figura 3. Imagem do comprimento da parte aérea e raiz primária de plântulas de <i>Hymenaea</i> sp.....	20
Figura 4. Imagem (A) de análise do comprimento da parte aérea e raiz primária (B) de plântulas de <i>Hymenaea</i> sp.....	20
Figura 5. Correlação de Spearman entre as médias das variáveis biométricas das sementes e qualidade fisiológica de <i>Hymenaea</i> sp.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Coordenadas geográficas das plantas matrizes de <i>Hymenaea</i> sp.....	16
Tabela 2.	Biometria de sementes de <i>Hymenaea</i> sp. provenientes de diferentes plantas matrizes por meio do método manual e análise digital de imagem pelo software ImageJ®.	22
Tabela 3.	Teor de água de sementes, primeira contagem de emergência (PCE), porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) de plântulas de <i>Hymenaea</i> sp. oriundas de sementes provenientes de diferentes plantas matrizes.....	24
Tabela 4.	Comprimento da parte aérea (CPA) e do sistema radicular (CSR) de plântulas de <i>Hymenaea</i> sp. oriundas de sementes de diferentes plantas matrizes.....	25
Tabela 5.	Massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) de plântulas de <i>Hymenaea</i> sp. oriundas de sementes de diferentes plantas matrizes.....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	12
2.2 BIOMETRIA DAS SEMENTES	12
2.3 TESTE DE VIGOR	13
2.4 ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO, COLETA E BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS.....	16
3.2 TEOR DE ÁGUA	16
3.3 BIOMETRIA DAS SEMENTES	17
3.3.1 Método Manual	17
3.3.2 Método digital	17
3.3.3 Peso das sementes	18
3.4 QUALIDADE FISIOLÓGICA	19
3.4.1 Teste de emergência	19
3.4.2 Primeira contagem de emergência	19
3.4.3 Índice de velocidade de emergência	19
3.4.4 Tempo médio de emergência	19
3.4.5 Comprimento de plântula método manual e digital	19
3.4.6 Massa seca da parte aérea e sistema radicular	20
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Hymenaea*, pertencente à família Fabaceae, com ocorrência nos biomas brasileiros, como Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal, com exceção dos Pampas. Conhecido popularmente como jatobá, *Hymenaea* sp. é uma árvore que ocorre principalmente nas florestas primárias de terra firme e tem como vantagem o seu crescimento natural em solos de baixa fertilidade (MOJENA et al., 2021; FLORA DO BRASIL et al., 2016).

A espécie *Hymenaea* sp. pode ser utilizada de diversas formas, em que todas as suas partes podem ser aproveitadas, como seus frutos, sementes e folhas, os quais são empregados nas indústrias farmacêuticas, cosméticas e medicinal. As suas cascas possuem um extrato que contém terpenóides, cujas folhas e no envoltório do caule há substâncias que contêm ações antibactericidas, de forma que são usados como chá, infusão, decocção, xarope e outros (MOJENA et al., 2021). A seiva é usada para curar feridas crônicas e tosse, uma vez que, quando misturado ao mel de abelha, também é utilizada no tratamento de doenças cardíacas. (BONIFACE; FERREIRA; KAISER; 2017) e a madeira possui valor econômico, sendo utilizada na fabricação de caibros, vigas, ripas, marcos de portas, pisos, moveis, cabos de ferramentas, cercas, esquadrias, lâminas decorativas, móveis de jardim, carroceria, entre outros (MENEZES-FILHO et al., 2019). Os seus frutos são compridos em formato de vagem, arredondados e de coloração escura, suas sementes são envolvidas com uma polpa amarela-pálida, farinácea, que é comestível e tem um sabor adocicado, com um aroma bem característico (SILVA et al., 2001).

A biometria de sementes é um mecanismo importante para detectar a variabilidade genética entre as populações de uma mesma espécie e suas relações com os fatores ambientais, oferecendo assim subsídios significativos para a diferenciação das espécies. Logo, a análise por processamento digital de imagens é uma técnica viável, conseguindo obter dados com uma maior precisão em um menor tempo (PAIVA et al., 2017).

O processamento de análise de imagem possibilita medir múltiplas características dos objetos, como a dimensão, orientação, números, dentre outros elementos (LIRA, 2006). Com o software ImageJ®, no processamento digital de imagens há um avanço significativo, por facilitar a edição, exibição, análise, processamento, salvar e imprimir imagens de 8 bits, 16 bits e 32 bits, e ainda poder realizar leituras em vários formatos de imagens: TIFF, GIF, JPEG e entre outros (SANTOS et al., 2020). O processamento digital em estudos vem comprovando a eficiência para as análises de imagem de plântulas usando sementes de espécies florestais

(SCHNEIDER et al., 2012).

A aplicação da análise digital oferece grandes vantagens com relação aos métodos manuais tradicionais, uma vez que as técnicas manuais requerem tempo e as vezes não são precisas, ficando mais sujeitas a erros de medições, em contrapartida, o processamento digital de imagem oferece uma variedade de informações de forma rápida e com números significativos (FELIX et al., 2020). Além disso, destaca-se a sua relevância na padronização de metodologias para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, por permitir a diferenciação entre os lotes por meio de características, como vários níveis de vigor, a qual possibilita a agilidade das análises, e o alcance dos resultados com alto nível de confiabilidade (MEDEIROS et al., 2019).

A avaliação do potencial fisiológico das sementes através do teste de germinação e a análise do vigor são importantes, por proporcionar informações referentes a capacidade de desenvolvimento das plântulas, em diferentes condições de ambiente, podendo assim selecionar lotes de sementes para a comercialização (MARCOS-FILHO et al., 2015).

Diante do exposto, o objetivo no presente trabalho foi a caracterização biométrica de sementes e plântulas de *Hymenaea* sp. por meio dos processos manual e digital de imagens, verificando se a metodologia foi eficiente na distinção da qualidade fisiológica de sementes de cinco plantas matrizes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Hymenaea sp., conhecida popularmente como jatobá é uma arbórea da família Fabaceae (RAMALHO et al., 2019), sua floração e frutificação acontece entre oito e doze anos de idade da planta, e não são absolutamente anuais. As flores são brancas, hermafroditas, diclamídeas e pentâmeras; os frutos são vagens compridas arredondadas, de coloração escura com sementes envoltas por uma polpa amarelo-pálida, farinácea, adocicada, comestível de sabor e aroma bem característicos. A farinha, com grande teor de fibras alimentar é muito usada na fabricação de pães, biscoitos e mingaus, em substituição a farinha de trigo (CIPRIANO et al., 2014).

As suas sementes, mesmo com todas as condições ideais de temperatura e umidade para a germinação não germinam devido a dormência (SOUSA et al., 2020), por isso se faz necessário o uso de alguns métodos, como escarificação mecânica ou química para a sua superação (RAMALHO et al., 2019). Por ser uma espécie de grande importância, a propagação de mudas de *Hymenaea* sp. em viveiros são relevantes no propósito de possibilitar a conformidade das áreas florestais que está em processo de reflorestamento ou mesmo recuperação de áreas degradadas (SOUSA et al., 2020).

O jatobá é usado na medicina popular em várias aplicações, no tratamento de enfermidades dos tratos respiratórios e gástricos, anti-inflamatório, cicatrizante, reumático e entre outros tratamentos. Vários estudos comprovaram sua caracterização bioquímica, farmacológica e biológica, de forma as atividades antifúngica, antioxidante, antimicrobiana, moluscida e larvacida (MERCÊS et al., 2018).

A sua madeira é muito empregada nas construções civis e naval, tendo aplicações também internas e externas, como exemplo caibros, ripas, marcos de portas, pisos, moveis, artigos de esportes dentre outros (CIPRIANO et al., 2014; KLITZKE et al., 2008).

2.2 BIOMETRIA DAS SEMENTES

A biometria de sementes é uma característica utilizada na identificação da qualidade fisiológica de diversas espécies vegetais, a biometria de frutos e sementes colabora consideravelmente na discriminação de espécies de mesmo gênero (LUCENA et al., 2017).

As características biométricas de sementes e frutos é de suma relevância por contribuir na identificação de espécies e compreender o processo ecológico e fisiológico (ARAÚJO, 2004; SILVA; MÔRO et al., 2008) e vem sendo desempenhado em várias espécies florestais, tais como: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (BARRETO; FERREIRA, 2011), *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm (SILVA et al., 2013) e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (FREITAS; VIEGAS; LOPES, 2014). Além de que, a biometria de sementes e frutos é capaz de colaborar na conservação e exploração dos recursos naturais, gerando rumos para futuros trabalhos de melhoramento genético e na distinção entre espécies.

A caracterização biométrica de frutos e sementes é considerada um aspecto importante, uma vez que serve como subsídio na produção de sementes, na taxonomia e propagação eficiente (ARAÚJO et al., 2022). Em estudo realizado com frutos e sementes de *Cassia grandis* L., por Borges et al. (2020) teve como objetivo realizar caracterizações biométricas de frutos e sementes, como largura e espessura do mesmo.

Ao avaliar a biometria de frutos e sementes de *Magonia pubescens* St. Hil. (Sapindaceae), Macedo et al. (2009) observaram que a caracterização pode fornecer contribuições importantes, como o melhoramento genético de populações, padronizações em teste de laboratórios, tal como na melhoria das condições de armazenamento.

O peso das sementes também é uma característica relevante, avaliando o efeito do peso das sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel.) Taubert na germinação e vigor, Padilha et al. (2021) observaram maior vigor nas sementes classificadas com tamanho médio, enquanto as sementes grandes proporcionaram a formação de plântulas com maior acúmulo de massa seca.

2.3 TESTE DE VIGOR

Os testes de vigor vem sendo utilizados como ferramenta de uso cada vez mais frequente pelas indústrias de sementes para a definição da qualidade fisiológica, em que as empresas produtoras, como as instituições oficiais, tem inserido esses testes em programas internos para controle das qualidades das sementes que serão destinadas á comercialização (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

O teste de velocidade de emergência, deve ser aplicado para aquelas espécies que tem metodologia definida para o teste de germinação que é descrita pela RAS (BRASIL, 2009), este teste vem sendo usado para avaliar indiretamente prováveis efeitos fitotóxicos em

tratamento de sementes com fungicida, micronutrientes, inseticidas, herbicidas, dessecantes e dentre outros ingredientes ativos. O teste baseado no desempenho das plântulas, que é avaliado através do comprimento da parte aérea e do sistema radicular analisa os efeitos da deterioração, envelhecimento das sementes, danos causados por insetos sugadores, danos mecânicos, diferenças genéticas e varietais. A avaliação da massa seca tem como objetivo estabelecer o vigor relativo do lote de sementes, analisando a massa média de matéria seca das plântas normais, oriundas de sementes que foram colocadas a geminar em condições controladas em ambiente de laboratório (KRZYZANOSWKI et al., 2020).

Ao avaliar a qualidade fisiológica das sementes de *Aspidosperma pyrifolium* Mart. oriundas de 11 árvores, Correia et al. (2019) verificaram que os testes de vigor (primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântula, massa seca, emergência e índice de velocidade de emergência) utilizados para complementar os resultados dos testes de germinação foram capazes de classificar as sementes das árvores de *A. pyrifolium* em diferentes níveis de vigor.

No estudo realizado por Bento et al. (2010) com sementes de *Erythrina velutina* Willd. avaliou a importância do mulungu como uma planta medicinal, ornamental e madeireira. Foi realizado teste de vigor, com dois lotes de sementes e foram executados os testes, como testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado, foram coesos com os de emergência de plântulas, executados em condições de viveiro.

2.4 ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS

A análise digital de imagens pode ser usada juntamente com as análises tradicionais realizadas em laboratório, sendo apto para avaliar com competência a qualidade fisiológica de grandes números de lotes em um curto tempo, dessa forma, assegurar a alta produtividade em campo (ZHANG et al., 2018).

O software ImageJ[®], proporciona a edição, exibição, processamento e análise, e facilita salvar e imprimir imagens de 8 bits, 16 bits e 32 bits. O programa também desempenha leituras em vários formatos de imagens TIFT, GIF, JPEG, entre outros (FERREIRA et al., 2020). O ImageJ[®] é um programa de comando público desenvolvido pelo National Institute of Health, NIH, Estados Unidos, por ter um comando público dispõe de código aberto a qual possibilita que coletividades de usuários desempenhe complementações e modificações de acordo com cada necessidade (MARCOMINI et al., 2011).

Em *Leucaena leucocephala* (Lam.) Wit avaliou-se a qualidade fisiológica de lotes de sementes com a utilização do processamento digital de imagens com o software ImageJ[®] e foi possível a distinção dos melhores lotes, com mais eficiência e rapidez (SANTOS et al., 2020). Em um trabalho realizado por Noronha et al. (2019) com sementes de *Moringa oleifera* Lam., foi avaliado os incrementos da área nas sementes durante a embebição por meio do programa ImageJ[®], sendo possível aferir o percentual de incremento de área, por um período de 8 horas de embebição a 15 °C o que se certificou maior eficiência para classificação dos lotes quanto a sua qualidade fisiológica.

Outro trabalho desenvolvido com sementes de *Moringa oleifera* Lam. evidenciou a eficiência da utilização de Sistema de Análise de Plântulas (SAPL), para identificar as diferenças de vigor entre os lotes e constatou-se que o Sistema de SAPL foi eficiente na diferenciação dos lotes de sementes com relação aos testes tradicionais utilizados (PEREIRA et al., 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO, COLETA E BENEFICIAMENTO DAS SEMENTES

O estudo foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Os frutos de *Hymenaea* sp. foram coletados em cinco plantas matrizes na Mata do Pau Ferro, localizada no município de Areia-PB (Tabela 1) entre os meses de dezembro de 2021 e janeiro de 2022. O clima da região, conforme a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo As' (tropical semiúmido, com verão seco), com precipitação anual e temperaturas com médias de 1.500 mm e 23 °C, respectivamente (ALVARES et al., 2013).

Tabela 1. Coordenadas geográficas das plantas matrizes de *Hymenaea* sp. UFPB, 2023.

Plantas matrizes	Coordenadas	
	S	W
1	06°58'12,0"	35°45'07,1"
2	06°57'11,3"	35°46'09,3"
3	06°57'54,9"	35°45'03,6"
4	06°57'13,0"	35°46'11,2"
5	06°57'53,0"	35°45'03,8"

Após a coleta, os frutos de cada planta matriz foram acondicionados em sacolas plásticas e conduzidos ao laboratório, onde foi realizado o beneficiamento com a utilização de bastões de madeira realizando-se a abertura dos frutos, posteriormente foi retirada manualmente com faca serrilhada o excesso da polpa das sementes e subsequente foram imersas em água por seis horas, para facilitar a extração do resíduo da polpa ainda presente nas sementes. Logo após, as sementes foram colocadas em sacos de polietileno semipermeável e acondicionadas em ambiente natural no laboratório até a realização de análise por imagens.

3.2 TEOR DE ÁGUA

O teor de água das sementes foi determinado utilizando-se, de cada lote, quatro repetições com 10 gramas de sementes acondicionadas em cápsulas de alumínio, previamente

identificadas e colocadas em estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 2009), com os resultados expressos em porcentagem.

3.3 BIOMETRIA DAS SEMENTES

3.3.1 Método manual

De cada planta matriz foram utilizadas 100 sementes para a determinação do comprimento e largura, com auxílio de paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) (Figura 1).



Figura 1. Procedimento manual para obtenção de dados biométricos em sementes de *Hymenaea* sp. UFPB, 2023.

3.3.2 Método digital

O processamento de imagem das sementes (Figura 2) foi baseado na captura e análise digital das imagens com a utilização do programa de editoração ImageJ[®], versão 1.46, (FERREIRA; RASBAND, 2012) utilizando-se 100 sementes por planta matriz, as quais foram fotografadas a 20 cm de distância com gabarito de referência (régua graduada em milímetros) sobre uma folha de espuma de vinil acetato (40 × 60 cm).

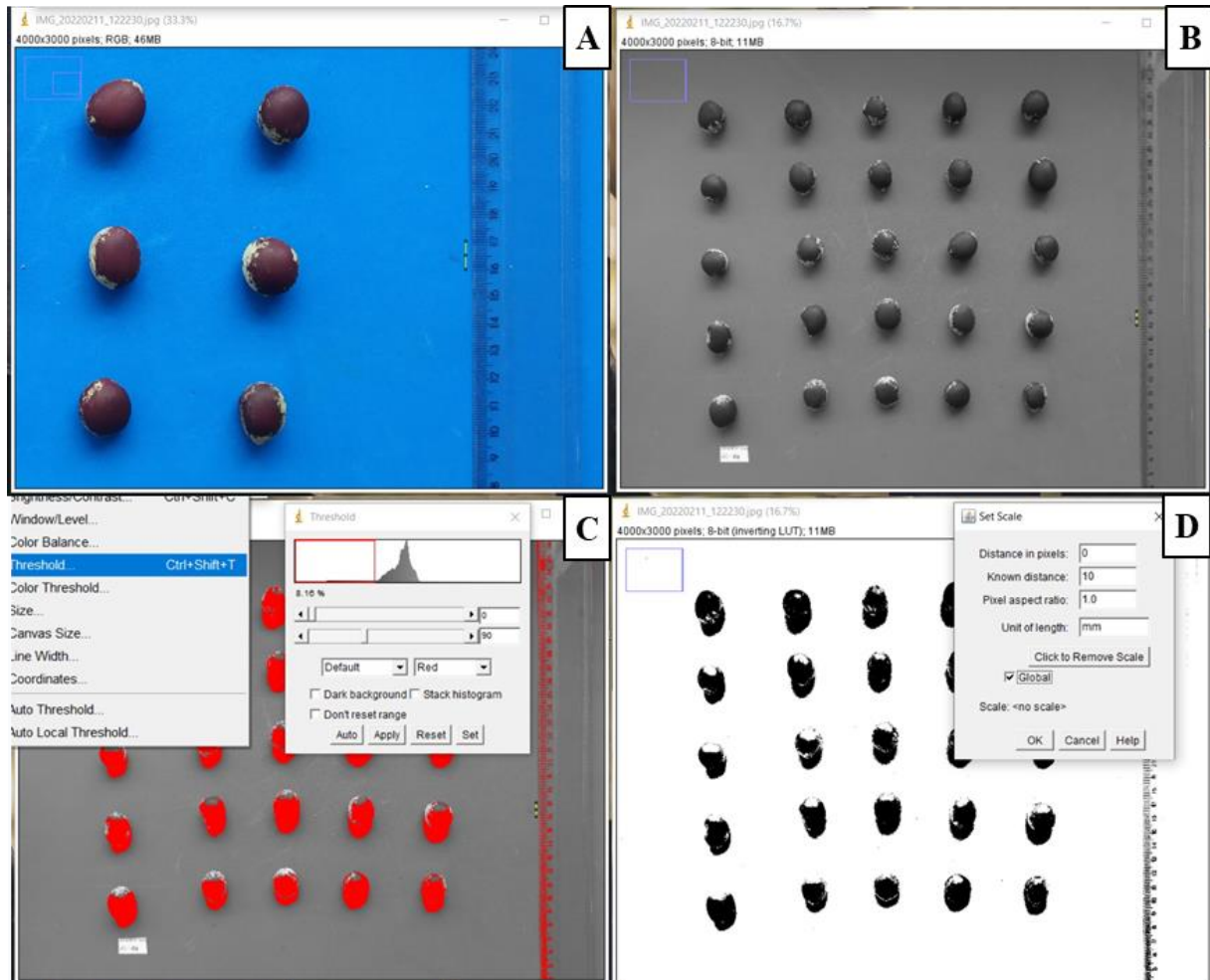


Figura 2. Etapas do processamento digital de imagens para obtenção de dados biométricos em sementes de *Hymenaea* sp. A: captura da foto; B: conversão para o formato de 8 bits; C: utilização da máscara de threshold; D: análise biométrica em sementes de *Hymenaea* sp. UFPB, 2023.

As imagens foram selecionadas, seguidas da definição da escala de referência em milímetro, sendo analisado o comprimento e largura das sementes, por fim os resultados foram exportados em formato Excel®.

3.3.3 Peso da semente

A obtenção do peso foi utilizando-se 100 sementes de cada planta matriz com o auxílio de uma balança analítica de precisão (0,001 g), onde foram pesadas uma semente a cada vez.

3.4 QUALIDADE FISIOLÓGICA

3.4.1 Teste de emergência

Devido a dormência tegumentar, foi realizada escarificação das sementes no lado oposto ao hilo com lixa de ferro nº 120 e, posteriormente procedeu-se a assepsia das sementes em solução de água sanitária à 4% por cinco minutos. A semeadura foi realizada em vasos de plástico, com dimensões de 30 cm de diâmetro e 22 cm de altura, os quais foram preenchidos com areia esterilizada em autoclave a 120 °C por 120 minutos, deixando 5 cm para a borda, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes, sendo um vaso por repetição e as plântulas eram regadas diáritante, com auxílio de um regador.

O teste foi instalado em casa de vegetação, a semeadura realizada à profundidade 3,0 cm e o critério para considerar a emergência de plântulas foi a contagem daquelas com os cotilédones totalmente acima do substrato, cujos resultados foram contabilizados após 33 dias da semeadura e expressos em porcentagem.

3.4.2 Primeira contagem de emergência

O teste foi realizado juntamente com o de emergência, com contagem das plântulas emergidas aos 25 dias após a sua instalação, sendo os resultados expressos em porcentagem.

3.4.3 Índice de velocidade de emergência

A sua determinação por meio da contagem diária do número de plântulas emersas, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência, conforme Maguire (1962).

3.4.4 Tempo médio de emergência

Essa avaliação foi em conjunto com o teste de emergência, mediante avaliações diárias das plântulas emergidas, sendo os resultados expressos em dias e calculado através da fórmula de Edmond e Drapalla (1958).

3.4.5 Comprimento de Plântulas de forma manual e digital

Para a medição de forma manual, o comprimento da parte aérea e do sistema radicular de cada repetição foram medidos com o auxílio de uma régua graduada (Figura 3). O comprimento da parte aérea foi mensurado a partir do colo até o mesistema apical, enquanto

o sistema radicular foi medido do colo até a extremidade da raiz primária.



Figura 3. Imagem do comprimento da parte aérea e raiz primária de plântulas de *Hymenaea* sp.

Os dados referentes ao comprimento da parte aérea e do sistema radicular foram obtidos através do software ImageJ[®] utilizando-se dez plântulas por repetição dispostas em folha de espuma de vinil acetato - EVA (40 x 60 cm) para captura da imagem (Figura 4). O processamento das imagens seguiu o mesmo protocolo mencionado na biometria das sementes.



Figura 4. Imagem (A) de análise do comprimento da parte aérea e raiz primária (B) de plântulas de *Hymenaea* sp.

3.4.6 Massa seca da parte aérea do sistema radicular

Para a determinação da massa seca, as plântulas normais da avaliação anterior foram separadas em partes aéreas e raízes, colocadas em sacos de papel kraft, separadas por repetição, previamente identificadas e secas em estufas regulada a 65 °C até atingir peso

constante (durante 72 horas). Após esse período, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g, sendo todos os resultados expressos em g.plântula⁻¹.

3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com os dados obtidos submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A análise foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

Em seguida foi realizada a correlação de Spearman (r_s) para todas as combinações entre as variáveis, em que a significância dos valores de r_s foi determinada pelo teste t ($P \leq 0,05$). Os adjetivos para descrever a magnitude das correlações foi realizado com a metodologia Davis (1971), onde $r = 0,01$ a $0,09$ são correlações insignificantes, $r = 0,10$ a $0,29$ são baixas, $r = 0,30$ a $0,49$ são moderados, $r = 0,50$ a $0,69$ são substanciais, $r = 0,70$ a $0,99$ são muito altos e $r = 1,0$ é a correlação perfeita. Essa análise foi realizada com auxílio do software R 4.2.1 (R CORE TEAM, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar o comprimento das sementes de *Hymenaea* sp. provenientes de diferentes plantas matrizes através do método manual (Tabela 2) foi observada maior média (27,30 mm) naquelas da planta matriz 3, enquanto que nas sementes das plantas matrizes 1 e 5 constatou-se os menores valores (23,32 e 22,60 mm, respectivamente). Com relação ao método digital, as sementes da planta matriz 3 também se sobressaíram em relação às demais, com maior média, enquanto os menores valores de comprimento foram observados nas sementes das plantas matrizes 4, 2 e 1. Para a variável largura, as sementes das plantas matrizes 3, 4 e 5 tinham as maiores médias em ambos os métodos de avaliação, demonstrando que os métodos digital e manual foram eficientes em ranquear os lotes quanto a biometria.

Tabela 2. Biometria de sementes de *Hymenaea* sp. provenientes de diferentes plantas matrizes por meio do método manual e análise digital de imagem pelo software ImageJ®. UFPB, 2023.

Plantas matrizes	Manual		Digital		Peso (g)
	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura	
----- mm -----					
1	23,32 cd	17,02 b	28,67 c	18,78 c	4,04 c
2	23,65 c	17,00 b	31,07 bc	19,65 bc	3,92 c
3	27,30 a	19,35 a	34,36 a	22,04 a	5,25 a
4	24,80 b	19,42 a	31,36 bc	21,18 ab	5,19 a
5	22,60 d	18,72 a	31,58 ab	21,67 ab	4,49 b
CV (%)	1,82	1,82	4,22	4,87	3,20

*Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A variação biométrica das sementes está associada às características intraespecíficas dos frutos, por estarem expostos a vários fatores ambientais, polinização irregular entre as inflorescências, assim como estratégias na utilização de nutrientes e recursos hídricos disponíveis para a planta. Outros fatores que também podem afetar essas variações é a própria diversidade genotípica das populações, favorecendo essas diferenças fenotípicas, uma vez que o efeito das condições edafoclimáticas da região durante o desenvolvimento das sementes reflete diretamente em variações de sua forma como em seu comprimento, largura e espessura, peso e até mesmo sobre o seu potencial fisiológico e sanitário (CORREIA et al., 2019; BARROS et al., 2019).

Ao avaliar morfológicamente as sementes de *Pytyrocarpa moniliformis* Benth. Luckow & R.W. Jobson, através da análise de imagens (ImageJ[®]), Felix et al. (2020) obtiveram resultados satisfatórios, demonstrando a eficiência deste software em aferir e detectar diferenças biométricas entre as sementes das diferentes plantas matrizes. A metodologia digital foi eficaz e acurada na obtenção das estimativas para análise biométrica de sementes de *Hymenaea stignocarpa* Mart. ex Hayne, sendo possível substituir as análises de inferências por essa metodologia de forma a minimizar erros (PECEGUEIRO et al., 2020).

As maiores médias de peso das sementes foram observadas naquelas das plantas matrizes 3 e 4, enquanto que as plantas matrizes 1 e 2 foram aquelas com sementes de menores valores, havendo uma redução do peso médio de 20,4% entre as plantas matrizes com sementes mais pesadas e leves (Tabela 2). Normalmente, sementes de maior dimensão têm um volume superior de reservas que foram acumuladas ao longo do seu crescimento, o que irá influenciar na qualidade fisiológica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Ao avaliar 80 plantas matrizes de *H. martiana*, Silva et al. (2022) observaram que para o peso das sementes houve a formação de dez grupos, em que a maior média foi de 6,90 g e as sementes mais leves apresentaram uma variação de 2,67 a 2,90 g.

A conservação das sementes está fortemente ligada ao teor de água, visto que, influencia diretamente os processos fisiológicos, com a perda da qualidade da semente, podendo atingir diretamente o vigor ou mesmo o poder germinativo (MARCOS-FILHO, 2015). Ao avaliar o teor de água das sementes de *H. courbaril*, foi observado que as sementes grandes (massa entre 4,9 e 6,4 g) obtiveram uma média de 10,1% e as pequenas (massa entre 2,9 e 4,7 g) 10,5% (SMIDERLE; SOUZA, 2021). Bezerra et al. (2022) ao avaliar 19 plantas matrizes de sementes de *Erythrina velutina* Willd. observaram que o teor de água variou de 10,15 (planta matriz 13) a 3,11% (planta matriz 9).

O teor de água das sementes de *Hymenaea* sp. (Tabela 3) foi maior naquelas das plantas matrizes 3 e 5 (11,03 e 10,19%, respectivamente), enquanto o menor valor (7,22%) foi nas sementes da planta matriz 1, porém não houve diferença estatística no teor de água das sementes das plantas matrizes 3 e 5.

Em relação a qualidade fisiológica das sementes de *Hymenaea* sp. provenientes de diferentes plantas matrizes foi observada maior porcentagem de emergência na primeira contagem de plântulas (Tabela 3) oriundas de sementes da planta matriz 1, enquanto nas sementes das plantas matrizes 3, 4 e 5 constatou-se os menores resultados. A primeira contagem é um teste de suma importância por avaliar a velocidade de germinação, uma vez

que quanto maior a germinação na primeira contagem maior será o vigor das sementes (NAKAGAWA et al., 1999).

Tabela 3. Teor de água de sementes, primeira contagem de emergência (PCE), porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) de plântulas oriundas de sementes de *Hymenaea* sp provenientes de diferentes plantas matrizes. UFPB, 2023.

Plantas matrizes	Teor de água	PCE	PE	IVE	TME (dias)
	----- % -----	----- % -----	----- % -----		
1	7,2 b	84 a	93 a	1,04 a	22 b
2	8,8 ab	58 ab	74 b	0,78 b	24 ab
3	11,0 a	54 b	84 ab	0,89 ab	24 ab
4	8,6 ab	41 b	84 ab	0,85 ab	25 a
5	10,2 a	49 b	85 ab	0,86 ab	25 ab
CV (%)	14,24	23,92	9,72	10,64	3,49

*Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A maior porcentagem de emergência de plântulas (Tabela 3) ocorreu quando estas se originaram de sementes da planta matriz 1, não diferindo estatisticamente das sementes das plantas matrizes 3, 4 e 5, enquanto a menor porcentagem foi obtida nas sementes da planta matriz 2. Os fatores bióticos e abióticos influenciam o desenvolvimento das sementes e, sua variabilidade genética pode exercer influências dentro e entre uma mesma espécie (LUCENA et al., 2017). Consequentemente, influenciando na qualidade fisiológica das sementes, quando varia de mesmas plantas matrizes de uma única área coletada (LIMA et al., 2014), como observado na presente pesquisa. Ao avaliar a qualidade fisiológica de diferentes lotes de sementes de *Moringa oleifera* Lam, foi observada uma germinação de 86 a 88% entre os lotes 1, 2 e 4, enquanto no lote 3 a germinação foi de apenas 48%.

Ainda na Tabela 3, o maior índice de velocidade de emergência foi maior quando as plântulas foram originadas de sementes da planta matriz 1, enquanto as sementes da planta matriz 2 tiveram menor desempenho. Para o tempo médio, as plântulas originadas de sementes das plantas matrizes 4 e 5 necessitaram de um maior tempo para emergir, enquanto as plântulas originadas de sementes da planta matriz 1 necessitaram de um menor tempo (22,5 dias) embora não tenha diferido das plantas matrizes 2 e 3, demonstrando que as sementes dessa planta matriz é de alto vigor.

Para identificar lotes com emergência mais rápida em campo ou mesmo casa de vegetação pode-se utilizar o índice de velocidade ou a primeira contagem de emergência,

reduzindo deste modo, condições adversas a qual acontecem no decorrer da germinação e estabelecimento de plântulas (NASCIMENTO; PEREIRA et al., 2007). Lima et al. (2014) observaram que de 28 plantas matrizes de *Poincianella pyramidalis* [Tul] L.P. Queiroz, as sementes de sete foram superiores com relação ao índice de velocidade de germinação, com valores entre 2,039 a 3,779, enquanto os valores das sementes das demais plantas matrizes foi entre 0,812 a 2,121.

Ao avaliar a qualidade fisiológica das sementes de *Moringa oleifera*, Pereira et al. (2018) confirmaram que o teste de emergência e índice de velocidade de emergências foram eficientes em distinguir o vigor das sementes dos diferentes lotes, como ocorreu no presente trabalho.

O comprimento da parte aérea das plântulas originadas de sementes das diferentes plantas matrizes, avaliado por ambos os métodos, não variou, em que pelo método manual houve variação de 19,55 a 27,47 cm, enquanto no método digital a variação foi de 14,62 a 16,19 cm. Para o comprimento do sistema radicular, no método manual não houve diferença nas médias das plântulas originadas de sementes das plantas matrizes 1, 2, 4 e 5, cujos comprimentos variaram de 13,91 a 14,93 cm, o menor desempenho foi observado nas plântulas originadas de sementes da planta matriz 3 (9,53 cm). Quanto ao método digital, as plântulas oriundas de sementes da planta matriz 1 foram aquelas com maior valor (10,56 cm) e as da planta matriz 3 com menor (7,26 cm) (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimento da parte aérea (CPA) e do sistema radicular (CSR) de plântulas oriundas de sementes de diferentes plantas matrizes de *Hymenaea* sp., determinado pelo método tradicional e análise digital de imagem pelo software ImageJ®. UFPB, 2023.

Plantas matrizes	Manual		Digital	
	CPA	CSR	CPA	CSR
----- mm -----				
1	24,27 a	14,93 a	16,19 a	10,56 a
2	22,00 a	12,29 a	16,09 a	8,93 ab
3	27,47 a	9,53 b	15,88 a	7,26 b
4	19,55 a	14,46 a	14,62 a	9,21 ab
5	21,36 a	13,91 a	14,71 a	9,69 ab
CV (%)	23,11	9,39	5,60	16,46

*Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Na avaliação do comprimento de partes aérea e radicular das plântulas de moringa, Noronha et al. (2018) identificaram que as plântulas oriundas de sementes da planta matriz 3 tinham raízes e partes aéreas menores.

De maneira geral, em algumas leituras, dependendo da forma da semente, os dados estimados com o paquímetro podem sofrer alterações devido a uma estrutura que afeta a leitura exata. Isso ocorre quando a semente ou fruto possui partes que não devem ser estimadas, mas passam despercebidas e acabam influenciando na estimativa. No entanto, com o auxílio da ampliação digital, é possível evitar esses erros comuns causados pelo desgaste das análises tradicionais (PECEGUEIRO et al., 2020), o que explicaria a variação dos valores entre os métodos manual e digital.

Pelos resultados da massa seca da parte aérea de plântulas da *Hymenaea* sp. (Tabela 5) verificou-se os maiores valores ocorreram naquelas oriundas de sementes das plantas matrizes 3, 4 e 5, comportamento semelhante foi observado na massa seca do sistema radicular, cujo maior acúmulo de massa seca foi das plântulas originadas de sementes das plantas matrizes 2, 3 e 5. De acordo com Bewley e Black (2012), as substâncias de reserva são acumuladas para fornecimento de energia e substâncias básicas para o desenvolvimento do processo de germinação, deste modo, menor acúmulo de massa seca resultaria em menor vigor das sementes, e menor desenvolvimento de plântulas, quando comparadas com aquelas de lotes em que se observa maior acúmulo de reservas.

Tabela 5. Massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) de plântulas oriundas de sementes de diferentes plantas matrizes de *Hymenaea* sp. UFPB, 2023.

Plantas matrizes	MSPA	MSSR
	----- g plântula ⁻¹ -----	
1	1,09 ab	0,21 b
2	0,98 b	0,27 a
3	1,16 a	0,21 a
4	1,12 a	0,25 ab
5	1,11 a	0,30 a
CV (%)	4,81	9,41

*Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Ao avaliar a massa seca da parte aérea das plântulas de *Zizyphus joazeiro* Mart., Lucena et al. (2017) observaram que das cinco plantas matrizes avaliadas, três se

sobressaíram, tendo as melhores médias.

Os valores obtidos para a correlação de Spearman (Figura 5) para as sementes de *Hymenaea* sp. das diferentes plantas matrizes indicaram uma correlação significativa e positiva entre as características biométricas, sementes com maior comprimento irá ter maior largura, peso e um maior teor de água. Além disso, há uma correlação negativa entre o comprimento da semente e o comprimento do sistema radicular. Para a largura, foi observada correlação positiva para o peso, teor de água e massa seca da parte aérea, já entre a primeira contagem de emergência foi observado uma correlação negativa.

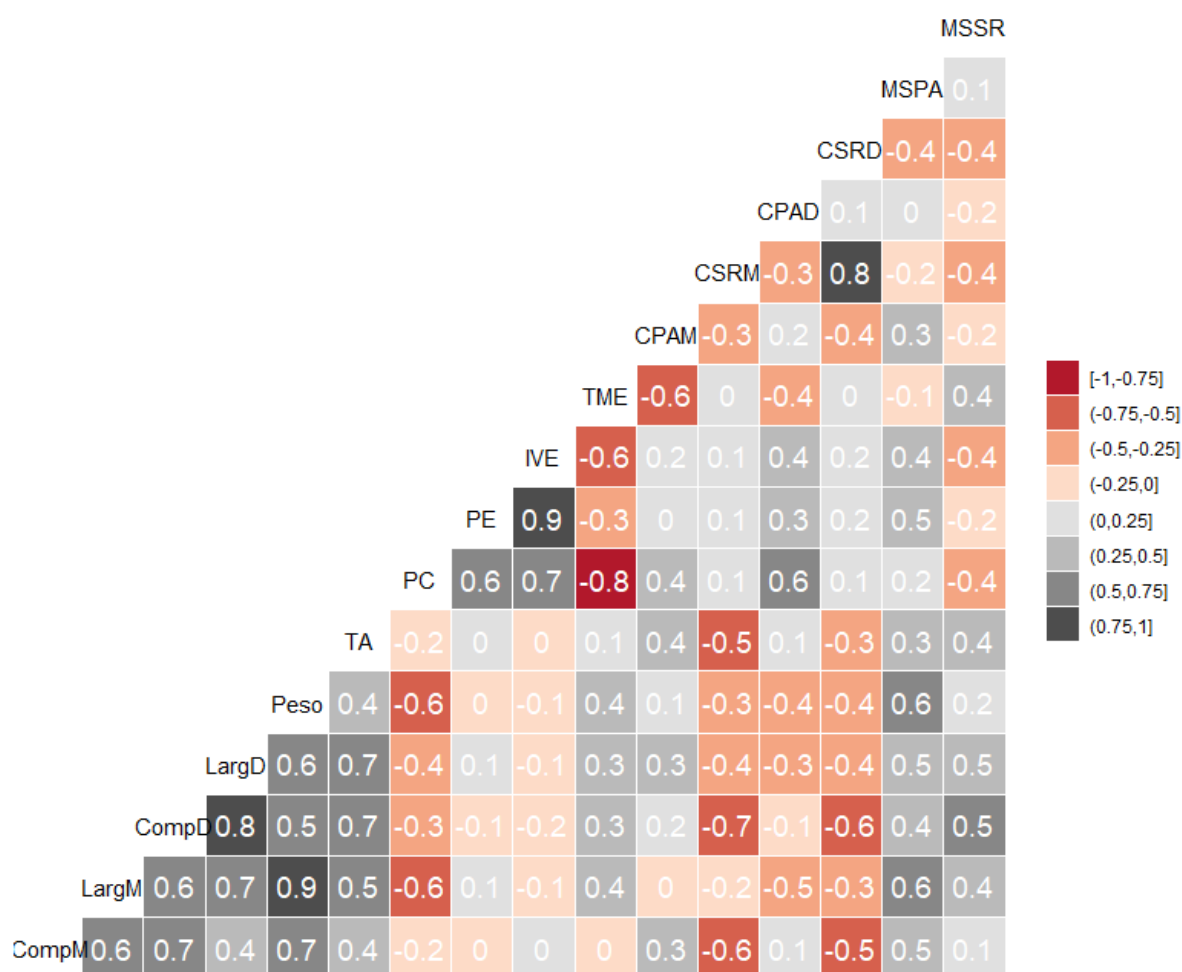


Figura 5. Correlações de Spearman entre as médias das variáveis biométricas das sementes e qualidade fisiológica de *Hymenaea* sp. UFPB, 2023. Legenda: comprimento pelo método manual e digital - CompM e CompD; largura pelo método manual e digital - LargM e LargD; peso da semente - PESO; teor de água das sementes - TA; primeira contagem de emergência - PC; porcentagem de emergência - PE; índice de velocidade de de emergência - IVE; tempo médio de emergência - TME; comprimento da parte aérea pelo método manual e digital - CPAM e CPAD; comprimento do sistema radicular pelo método manual e digital - CSRM e CSRD; massa seca da parte aérea - MSPA; massa seca do sistema radicular - MSSR.

No peso das sementes foi observada uma correlação negativa com a primeira contagem, quanto maior peso menor será a primeira contagem de emergência, já para a variável massa seca da parte aérea houve uma correlação positiva, em que a medida que aumenta uma variável a outra irá aumentar também (Figura 5).

Ainda na Figura 5, é possível observar que houve uma correlação significativa entre as variáveis relacionadas a emergência, em que quanto maior a primeira contagem de emergência, maior será a porcentagem final de emergência, maior o índice de velocidade e será menor o tempo médio para as plântulas emergir. Além disso, quanto menor o tempo médio de emergência, maior será o comprimento da parte aérea.

A utilização da correlação é de suma importância, pois possibilita a avaliação do impacto da seleção realizada em uma característica sobre outra, além de facilitar a seleção indireta de características que são difíceis de mensurar (ZUFFO et al., 2016). Avaliando a correlação entre as características biométricas de sementes de *H. martiana*, Silva et al. (2022) observaram que sementes com maior comprimento apresentaram maior largura, para o peso da semente foi observada uma correlação positiva para a largura e espessura das sementes, ou seja, quanto mais largas e espessas eram as sementes maior seria o seu peso.

5 CONCLUSÕES

A análise de imagens, com auxílio do programa de editoração ImageJ[®], permite avaliar diversas características da biometria de sementes e plântulas de *Hymenaea* sp. sendo eficiente no ranqueamento dos lotes de sementes provenientes de diferentes plantas matrizes, mas necessita ainda de estudos para recomendação do método;

As sementes da planta matriz 1 são de melhor qualidade, sendo indicadas para produção de mudas.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. D. S.; SILVA NETA, I. C.; ASSIS, M. D. O.; ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, R. F. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultivar FMS Brilhante. **Revista Ceres**, v. 61, p. 202-208, 2014.
- ARAÚJO, E. C. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, p. 105-110, 2004.
- ARAÚJO, M. E. S.; NEGREIROS, M. L.; SHIBATA, M. Biometria, qualidade fisiológica em diferentes temperaturas, substratos e tempos de armazenamento de sementes de pau preto (*Cenostigma tocantinum*). **Nativa**, v. 10, p. 219-224, 2022.
- BARRETO, S. S. B.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de Leguminosae Mimosoideae: *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 223-232, 2011.
- BARROS, H. S. D.; CRUZ, E. D.; PEREIRA, A. G.; SILVA, E. A. A. Fruit and seed morfometry, seed germination and seedling vigor of *Parkia gigantocarpa*. **Floresta**, v. 50, p. 877-886, 2019.
- BENTO, S. R. S. D. O.; SANTOS, A. E. O. D.; MELO, D. R. M. D.; TORRES, S. B. Eficiência dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 111-117, 2010.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3th ed. New York: Springer-Verlag, 2012. 392 p.
- BEZERRA, A. C.; ZUZA, J. F. C.; BARBORA, L. S.; AZEVEDO, C. F.; ALVES, E. U. Biometrics of mulungu seeds from different mother plants in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 393-401, 2022.
- BONIFACE, P. K.; FERREIRA, S. B.; KAISER, C. R. Current state of knowledge on the traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of the genus *Hymenaea*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 206, p. 193-223, 2017.
- BORGES, M. D. M. R.; CRUZ, D. S.; ALEIXO, L. R.; OLIVEIRA, G. L.; ARAÚJO, D. G. Biometria e predação de sementes de *Cassia grandis* L. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, p. 1-10, 2020.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária: Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CIPRIANO, J.; MARTINS, L.; DEUS, M. S. M.; PERON, A. P. O gênero *Hymenaea* e suas espécies mais importantes do ponto de vista econômico e medicinal para o Brasil. **Caderno de Pesquisa**, v. 26, p. 41-51, 2014.

CORREIA, L. A. D. S.; FELIX, F. C.; ARAUJO, F. D. S.; FERRARI, C. D. S.; PACHECO, M. V. Morphometric descriptors and physiological seed quality for selecting *Aspidosperma pyrifolium* Mart. matrix trees. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 751- 759, 2019.

DAVIS, J. A. **Elementary survey analysis**. Englewood: Prentice-Hall. 1971. 195p.

EDMOND; J. B.; DRAPALLA. W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, v. 71, p. 428-434, 1958.

FELIX, F. C.; MEDEIROS, J. A. D.; FERRARI, C. D. S.; VIEIRA, F. D. A.; PACHECO, M. V. Biometry of *Pityrocarpa moniliformis* seeds using digital imaging: implications for studies of genetic divergence. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, p. 1-8, 2020.

FERREIRA, A. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PEREIRA, M. D.; PRESTON, H. A. F.; SANTOS FEITOSA, S.; MEDEIROS, J. G. F.; SOUZA MEDEIROS, M. L. Inteligência artificial como método complementar na avaliação da qualidade fisiológica em sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) Wit. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 63157-63172, 2020.

FERREIRA, A.S.; DEMARTELAERE, A.C.F.; PEREIRA, M. D.; PRESTON, H.A.F.; SANTOS FEITOSA, S.; MEDEIROS, J. G. F.; SOUZA MEDEIROS, M.L. Inteligência artificial como método complementar na avaliação da qualidade fisiológica-em-sementes de *Leucaena-leucocephala* (Lam.). Wit. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 63157-63172.-2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, T.; RASBAND, W. ImageJ User Guide-IJ1.46r, 2012.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 7 jun 2016.

FREITAS, V. L. O.; VIEGAS, F. P.; LOPES, R. M. F. Biometria de frutos e sementes, germinação e desenvolvimento inicial de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta**, v. 44, p. 21-32, 2014.

KLITZKE, R. J.; SAVIOLI, D. L.; MUÑIZ, G. I. B.; BATISTA, D. C. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. **Scientia Forestalis**, v. 36, p. 279-284, 2008.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; GOMES-JUNIOR, F. G.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSWKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2020. p. 79-127.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA, N. J. D. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LIMA, C. R. D.; BRUNO, R. D. L. A.; SILVA, K. D. R. G. D.; PACHECO, M. V.; ALVES, E. U. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 370-378, 2014.

LIRA, F. C. G. P. **Processamento e análise de imagem de sedimentos arenosos**. 2006. 141p. Dissertação (Mestrado em Georrecursos) - Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006.

LUCENA, E. O.; NÓBREGA-LÚCIO, A. M. F.; BAKKE, I. A.; PIMENTA, M. A. C.; RAMOS, T. M. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Marth.) de diferentes matrizes do semiárido paraibano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, p. 275-280, 2017.

MACEDO, M. C. D.; SCALON, S. D. P. Q.; SARI, A. P.; SCALON FILHO, H.; ROSA, Y. B. C. J.; ROBAINA, A. D. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST. Hil (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 202-211, 2009.

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.

MARCOMINI, R. F.; SOUZA, D. M. P. Caracterização microestrutural de materiais cerâmicos utilizando o programa de processamento digital de imagens Image J. **Cerâmica**, v. 57, p. 100-105, 2011.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MEDEIROS, A. D.; ZAVALA LEÓN, M. J.; ARAÚJO, J. O.; PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. S.; SILVA, L. J. Relationship between internal morphology and physiological quality of *Leucaena leucocephala* seeds using image analysis. **Revista Árvore**, v. 43, p. e430208, 2019.

MENEZES-FILHO, A. C. P.; NASCIMENTO, K. J. T.; SALES, J. F.; CASTRO, C. F. S. Análise morfométrica e por técnica de raios-X do fruto e semente, e avaliação das características físico-químicas, microbiológicas e morfológicas das farinhas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne. **Multi-Science Journal**, v. 2, p. 38-45, 2019.

MERCÊS, P. F. F.; SILVA-BESSA, C. M. A.; MALAFAIA, C. B.; CÂMARA, C. A. G.; SILVA, M. M. C.; NAVARRO, D. M. D. A. F.; NAPOLEÃO, T. H.; CORREIA, M. T. S.; SILVA, V. M.; OLIVA, M. L. V. Caracterização fitoquímica e avaliação do potencial acaricida e inseticida do óleo essencial de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* sobre o ácaro-rajado e o gorgulho do milho. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, p. 417-428, 2018.

MOJENA, P. A.; BARRETO, M. R. Danos em frutos e sementes de *Hymenaea courbaril* L. por *Rhinochenus stigma* (Linneu 1764). **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, p. 62-65, 2021.

- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA, N. J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.
- NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface e sua relação com a germinação sob temperaturas adversas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 175-179, 2007.
- NORONHA, B. G. D.; MEDEIROS, A. D. D.; PEREIRA, M. D. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 393-402, 2018.
- NORONHA, B. G. D.; MEDEIROS, A. D. D.; PEREIRA, M. D. Incremento de área em sementes de moringa durante a embebição por meio da análise de imagens. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 221-232, 2019.
- PADILHA, M. S.; DONATTO, N. M.; SOBRAL, L. S. Qualidade fisiológica de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel.) Taubert classificadas pelo tamanho. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 6, p. 20-27, 2021.
- PAIVA, J. N.; NORONHA, B. G.; PEREIRA, M. D. Biometria de frutos e sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. por meio de processamento digital de imagens. In: II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, II CONIDIS, 2017, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Editora Realize, 2017. p. 1-6.
- PECEGUEIRO, M. S.; FURINI, T.; MELO, J. A. M.; SOUZA, S. A. M.; HOOGERHEIDE, E. S. S. Validação de protocolo para biometria de sementes de jatobá do cerrado (*Hymenaea stignocarpa* Mart. ex Hayne.) por análise digital. In: CONGRESSO ONLINE DE AGRONOMIA, 8., 2020, [São Paulo-SP]. **Anais...** São Paulo, SP: Convibra, 2020. p. 1-5.
- PEREIRA, M. D.; REIS, J. A. D.; FERRARI, C. D. S.; VALE, A. M. P. G. Processamento digital de imagens de plântulas na avaliação do vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 291-306, 2020.
- R CORE TEAM 2022. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/> Acesso em: 25 nov. 2022.
- RAMALHO, C. I.; CAMILO, F. L.; PARANAGUÁ, L. A. M. N.; GOMES, L. S. Avaliação de diferentes tratamentos pré-germinativos para sementes de jatobá do cerrado (*Hymenaea stignocarpa* L.). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, p. 2-9, 2019.
- SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. N. Image to ImageJ: 25 years of Image Analysis. **Nat Methods**, v. 9, p. 671-675, 2012.
- SILVA, B. M. S.; MÔRO, F. V. Aspectos morfológicos do fruto, da semente e desenvolvimento pós-seminal de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. - Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 195-201, 2008.
- SILVA, G. L.; MEDEIROS FILHO, S.; ZANDEVALLI, R. B.; PEREIRA, D. S.; SOUSA, G. G. Biometria e emergência de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função da coloração do fruto. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 635-642, 2013.

SILVA, J. N.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, M. L. S.; PÁDUA, G. V. G.; SILVA, M. J.; RODRIGUES, M. H. B. S.; BERNARDO, M. K. F.; CRUZ, J. M. F. L.; SOUZA, A. G.; ARAÚJO, L. D. A. Caracterização morfológica de frutos e sementes em uma população natural de *Hymenaea martiana* Hayne. **Scientia Forestalis**, v. 50, p. e3929, 2022.

SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; MARTINS, K. A.; BORGES, S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes defibra alimentar e isentos de açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, p. 176-182, 2001.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G. Os períodos de escarificação e embebição das sementes promovem o máximo vigor em mudas de *Hymenaea courbaril*? **Journal of Seed Science**, v. 43, p. 1-8, 2021.

SOUSA, N. S.; PORTO, B. S. M.; SILVA, W. J.; AQUINO, J. D.; SILVA, M. E. F.; PEREIRA, G. F.; MORAIS, C. R. Avaliação de diferentes métodos artificiais na superação de dormência de *Hymenaea courbaril*. **Revista GeTeC**, v. 8, p. 1-15, 2020.

ZHANG, C.; SI, Y.; LAMKEY, J.; BOYDSTON, R. A.; GARLAND-CAMPBELL, K. A.; SANKARAN, S. High-throughput phenotyping of seed/seedling evaluation using digital image analysis. **Agronomy**, v. 8, p. 1-14, 2018.

ZUFFO, A. M.; GESTEIRA, G. S.; ZUFFO JÚNIOR, J. M.; ANDRADE, F. R.; SOARES, I. O.; ZAMBIAZZI, E. V.; GUILHERME, S. R.; SANTOS, A. S. Caracterização biométrica de frutos e sementes de mirindiba (*Buchenavia tomentosa* Eichler) e de inajá (*Attalea maripa* [Aubl.] Mart.) na região sul do Piauí, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, p. 331-340, 2016.