



BÁRBARA ALVES OLIVEIRA

**ANÁLISE RADIOGRÁFICA DE SEMENTES DE
ESPÉCIES NATIVAS DA SERRA DO CIPÓ: *Lavoisiera*
imbricata e *Lavoisiera cordata***

LAVRAS – MG

2023

BÁRBARA ALVES OLIVEIRA

**ANÁLISE RADIOGRÁFICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES NATIVAS DA
SERRA DO CIPÓ: *Lavoisiera imbricata* e *Lavoisiera cordata***

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof (a). Dr (a). Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora

LAVRAS – MG

2023

BÁRBARA ALVES OLIVEIRA

**ANÁLISE RADIOGRÁFICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES NATIVAS DA
SERRA DO CIPÓ: *Lavoisiera imbricata* e *Lavoisiera cordata***

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 28 de Julho de 2023

BANCA	INSTITUIÇÃO
BANCA	INSTITUIÇÃO

Prof (a). Dr (a). Raquel Maria de Oliveira Pires Orientadora
Orientadora

LAVRAS – MG

2023

*Primeiramente à Deus, que foi minha maior
força nos momentos difíceis. A minha mãe por
todo amor, amparo, dedicação e esforço para
que esse sonho fosse realizado.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me conceder sabedoria, força e perseverança durante todo o processo de realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer a minha família, em especial a minha mãe Leila, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu pai Kleber (in memoriam), por ter me ensinado valores que carrego comigo em todos os momentos.

Ao meu namorado Fábio, que sempre esteve do meu lado, sou grata pelo apoio, incentivo e amor.

À professora Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires pela oportunidade e por sua dedicação e paciência na elaboração deste trabalho.

A todos os meus amigos, em especial as minhas amigas do curso Júlia e Aline, obrigada pela amizade, companheirismo e por todo apoio.

À Universidade Federal de Lavras por todas as oportunidades e aprendizado ao longo da graduação.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

A preservação e conservação da diversidade de espécies nativas são essenciais para a manutenção dos ecossistemas e a sustentabilidade ambiental. Em espécies florestais nativas, é comum a ocorrência de estruturas vazias e com sementes danificadas devido ao beneficiamento e/ou ao ataque de insetos, além de apresentarem problemas como má-formação da semente. Nesse contexto, a avaliação da qualidade das sementes desempenha um papel crucial no sucesso dos programas de restauração ecológica e na produção de mudas saudáveis. Dessa forma, o objetivo no presente trabalho foi a avaliação da qualidade física de sementes de espécies nativas do cerrado, através de imagens radiográficas e softwares adicionais para obtenção de variáveis relacionadas à morfologia da semente e integridade dos tecidos. Foram utilizados cinco lotes de sementes das espécies: *Lavoisiera imbricata* e *Lavoisiera cordata*, coletadas em diferentes localidades na Serra do Cipó no ano de 2022. As sementes foram expostas a diferentes tempos e intensidades de radiação com a utilização do aparelho de raio X para avaliação da morfologia interna. A potência de 35kV por 19 segundos possibilitou a melhor visualização das estruturas internas das sementes. O teste de raios-x se mostrou eficiente na avaliação da morfologia interna das sementes de *Lavoisiera cordata* e *Lavoisiera imbricata* e seus reflexos no potencial fisiológico.

Palavra-chave: Análise radiográfica. Semente Florestal. Qualidade de sementes.

ABSTRACT

Preservation and conservation of native species diversity are essential for ecosystem maintenance and environmental sustainability. In native forest species, the occurrence of empty structures and damaged seeds is common due to processing and/or insect attacks, as well as issues such as seed malformation. In this context, seed quality assessment plays a crucial role in the success of ecological restoration programs and the production of healthy seedlings. Thus, the objective of this study was to evaluate the physical quality of seeds from native cerrado species using radiographic images and additional software to obtain variables related to seed morphology and tissue integrity. Five seed lots of the species *Lavoisiera imbricata* and *Lavoisiera cordata*, collected from different locations in Serra do Cipó in 2022, were used. The seeds were exposed to different times and intensities of radiation using an X-ray machine to assess internal morphology. The power of 35kV for 19 seconds provided the best visualization of the internal structures of the seeds. The X-ray test proved to be efficient in evaluating the internal morphology of *Lavoisiera cordata* and *Lavoisiera imbricata* seeds and its implications for physiological potential.

Keywords: Radiographic analysis. Forest seed. Seed quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Lavoisiera imbricata</i>	14
Figura 2 – <i>Lavoisiera cordata</i>	15
Figura 3 – A) Sementes de <i>Lavoisiera imbricata</i> . B) Sementes de <i>Lavoisiera cordata</i> .	21
Figura 4 – Aparelho de raio-x.....	22
Figura 5 – Captura de imagem do raio x das sementes. A) Semente cheia. B) Semente danificada. C) Semente vazia.	24
Figura 6 – Captura de imagem do raio x das sementes. A) Semente cheia. B) Semente danificada. C) Semente vazia.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação dos valores obtidos na análise das sementes de <i>Lavoisiera cordata</i>	24
Tabela 2 – Relação dos valores obtidos na análise das sementes de <i>Lavoisiera imbricata</i>	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Sementes de espécies nativas	13
2.2	<i>Lavoisiera imbricata</i>	14
2.3	<i>Lavoisiera cordata</i>	15
2.4	Qualidade de sementes de espécies nativas	16
2.5	Análise de imagem	17
2.6	Radiografia de sementes	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Análise das sementes de <i>Lavoisiera cordata</i>	24
4.2	Análise das sementes de <i>Lavoisiera imbricata</i>	26
4.3	RADIOGRAFIA DE SEMENTES.....	31
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A análise radiográfica de sementes tem se destacado como uma ferramenta importante na avaliação de características morfológicas e estruturais, fornecendo informações valiosas para a compreensão da qualidade e viabilidade das sementes (RIBEIRO *et al.*, 2021). No contexto das espécies nativas da Serra do Cipó, região conhecida por sua rica biodiversidade, a análise radiográfica emerge como uma técnica promissora para o estudo dessas sementes (RAHMAN; CHO, 2016). Este trabalho de pesquisa visa explorar e analisar radiograficamente as sementes de espécies nativas da Serra do Cipó, buscando compreender sua estrutura interna e suas relações com a germinação e o estabelecimento das plantas.

A análise radiográfica de sementes é uma técnica não destrutiva que permite visualizar a estrutura interna das sementes sem prejudicar sua viabilidade (FARIA *et al.*, 2021). Ao utilizar raios-X, é possível identificar e distinguir as diferentes estruturas presentes nas sementes, como embriões, endosperma e tegumento, além de detectar a presença de danos físicos, como quebras ou deformações (LUZ *et al.*, 2021). Essas informações são essenciais para a avaliação da qualidade das sementes, auxiliando na seleção de lotes de alta germinação e vigor (RAHMAN; CHO, 2016).

A Serra do Cipó, localizada no estado de Minas Gerais, é reconhecida como uma das regiões com maior diversidade de espécies nativas do Brasil. No entanto, apesar de sua importância ecológica e conservacionista, há uma lacuna de estudos voltados para a análise das sementes dessas espécies (PEDRINI *et al.*, 2020). Através da análise radiográfica, será possível investigar e caracterizar a estrutura interna das sementes das espécies nativas da Serra do Cipó, fornecendo subsídios para a compreensão de sua ecologia reprodutiva e potencial para a conservação dessas espécies.

A análise das características radiográficas das sementes pode revelar informações sobre o estágio de desenvolvimento, o tamanho, a integridade do embrião e a presença de possíveis patologias (NORONHA; MEDEIROS; PEREIRA, 2018). Com base nesses dados, é possível inferir sobre a viabilidade e a capacidade germinativa das sementes, bem como sobre a qualidade do material genético transmitido (ROCHA *et al.*, 2021). Dessa forma, a análise radiográfica pode ser uma ferramenta eficaz para a seleção de sementes de alta qualidade, contribuindo para a produção de mudas mais vigorosas e para a conservação das espécies nativas da Serra do Cipó.

A utilização da técnica de análise radiográfica em estudos de sementes tem se mostrado de grande relevância, especialmente quando se trata de espécies nativas (RIBEIRO *et al.*, 2021). Sementes de espécies nativas são frequentemente utilizadas em projetos de restauração ecológica, recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade. Portanto, compreender a estrutura e a qualidade das sementes é fundamental para garantir o sucesso desses projetos e a preservação dessas espécies em seus habitats naturais.

A análise radiográfica de sementes oferece vantagens significativas em relação a outras técnicas de análise, especialmente no que diz respeito à preservação da integridade das sementes durante o processo de avaliação. Ao contrário de métodos tradicionais, como a abertura manual das sementes, a análise radiográfica não compromete a viabilidade das sementes, permitindo que sejam posteriormente utilizadas em testes de germinação ou em programas de produção de mudas. Essa não destrutividade é particularmente valiosa quando se trabalha com espécies nativas, muitas das quais podem estar em risco de extinção ou serem encontradas em quantidades limitadas (LOFFLER *et al.*, 2023).

Além disso, esta técnica pode revelar características e estruturas internas que não são facilmente identificáveis a olho nu ou por meio de outras técnicas de avaliação. Por exemplo, é possível detectar a presença de embriões subdesenvolvidos ou danificados, bem como identificar o estágio de desenvolvimento dos embriões e determinar a presença de patologias internas. Essas informações são cruciais para a seleção de sementes de alta qualidade e para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo adequadas, contribuindo para a preservação das espécies nativas da Serra do Cipó e a promoção de sua regeneração natural (RIBEIRO *et al.*, 2021).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar radiograficamente as sementes de espécies nativas da Serra do Cipó, com o intuito de fornecer subsídios para a conservação e o manejo adequado dessas espécies. Espera-se que os resultados obtidos possam contribuir para a compreensão da ecologia reprodutiva das espécies estudadas, bem como para a identificação de estratégias de conservação eficazes, voltadas para a produção de mudas com alto potencial de estabelecimento e regeneração.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SEMENTES DE ESPÉCIES NATIVAS

A Serra do Cipó é uma região de grande importância ecológica, situada no estado de Minas Gerais, Brasil. A região é conhecida por sua rica biodiversidade, com uma grande variedade de espécies vegetais e animais. Entre as espécies mais importantes da Serra do Cipó estão as plantas nativas, muitas das quais são endêmicas, ou seja, não são encontradas em outras partes do mundo. Essas plantas têm um papel fundamental na manutenção do equilíbrio ecológico da região, bem como no fornecimento de alimentos e recursos medicinais para as populações locais (LIMA *et al.*, 2020).

As sementes das espécies nativas da Serra do Cipó são particularmente importantes, pois são a base para a reprodução das plantas. A germinação das sementes é o primeiro passo no processo de crescimento das plantas, e a qualidade das sementes é um fator determinante para o sucesso da germinação e do crescimento subsequente. De acordo com Lima *et al.* (2020), a qualidade das sementes é influenciada por uma série de fatores, incluindo o ambiente em que as plantas crescem, a genética da planta, a época de colheita e o armazenamento.

Muitas das espécies nativas são altamente adaptadas ao clima e ao solo da região. Essas espécies são importantes para a preservação da biodiversidade da região, bem como para a manutenção do ecossistema local. Segundo Oliveira *et al.* (2018), as espécies nativas da Serra do Cipó possuem uma grande diversidade genética, o que as torna mais resilientes às mudanças ambientais e às doenças.

Essas sementes são utilizadas para uma ampla variedade de propósitos, incluindo a produção de alimentos, medicamentos, cosméticos e produtos industriais. De acordo com Schardosin *et al.* (2017), muitas das espécies nativas da região possuem propriedades medicinais, incluindo efeitos anti-inflamatórios, antifúngicos, antioxidantes e anticancerígenos.

No entanto, a coleta de sementes de espécies nativas da Serra do Cipó precisa ser feita de forma sustentável para garantir a preservação da biodiversidade da região. A coleta excessiva de sementes pode levar à extinção de espécies, o que pode ter consequências graves para o ecossistema da região. Para Vasconcelos *et al.* (2019), a coleta de sementes deve ser feita de forma planejada e controlada, com o objetivo de garantir a continuidade das espécies e a preservação da biodiversidade.

A preservação das espécies nativas da Serra do Cipó é fundamental para a

manutenção da biodiversidade e do ecossistema da região. A coleta sustentável de sementes é uma parte importante desse processo, pois permite que as espécies sejam reproduzidas e preservadas para as gerações futuras. Segundo Oliveira *et al.* (2018), a preservação das espécies nativas depende de esforços conjuntos entre governos, comunidades locais e organizações não governamentais, bem como do uso de técnicas avançadas de análise de sementes para garantir sua qualidade e eficácia.

2.2 *Lavoisiera imbricata*

A *Lavoisiera imbricata* é uma espécie arbustiva que ocorre em áreas de cerrado e mata atlântica e apresenta grande importância medicinal e ambiental. Um estudo realizado por Melo *et al.* (2020) identificou que as folhas de *Lavoisiera imbricata* possuem propriedades cicatrizantes, o que sugere seu potencial uso no tratamento de feridas cutâneas. Além disso, a espécie também apresenta atividade antimicrobiana, conforme evidenciado por testes *in vitro* conduzidos por Ribeiro *et al.* (2019).

A espécie *Lavoisiera imbricata* também pode ser utilizada na restauração ecológica de áreas degradadas. Segundo estudo realizado por Almeida *et al.* (2016), a espécie apresenta alta capacidade de sobrevivência e desenvolvimento em solos degradados, o que a torna uma opção interessante para programas de recuperação ambiental.

Figura 1 – *Lavoisiera imbricata*



Fonte: Melo *et al.* (2020)

Apesar de sua importância, essa espécie encontra-se em risco de extinção, sendo classificada como "Em Perigo Crítico" pela Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). Dentre as principais ameaças à espécie estão o desmatamento, a fragmentação do habitat e a exploração excessiva para fins medicinais

(TROMBETA *et al.*, 2016).

Para a conservação dessa planta, é importante que medidas de manejo e conservação sejam adotadas. A preservação de áreas naturais onde a espécie ocorre e a promoção de programas de recuperação de áreas degradadas são algumas das ações que podem ser implementadas para a conservação da espécie (ARAÚJO *et al.*, 2020).

Sendo assim, a *Lavoisiera imbricata* apresenta grande importância medicinal e ambiental, sendo uma espécie arbustiva com potencial uso na cicatrização de feridas e na recuperação de áreas degradadas. Entretanto, a espécie encontra-se ameaçada de extinção, sendo necessário que medidas de conservação e manejo sejam adotadas para sua preservação.

2.3 *Lavoisiera cordata*

A *Lavoisiera cordata* é uma espécie de planta da família Euphorbiaceae, nativa do Cerrado brasileiro. Essa planta apresenta potencial farmacológico, pois é utilizada na medicina popular para o tratamento de diversas enfermidades. Estudos comprovaram que extratos de *Lavoisiera cordata* possuem atividades antibacteriana, antifúngica e antitumoral. (SOUZA *et al.*, 2018; FERNANDES *et al.*, 2020).

Figura 2 – *Lavoisiera cordata*



Fonte: Fernandes *et al.* (2020)

A análise morfológica da *Lavoisiera cordata* revela características únicas dessa espécie. O formato das folhas é cordiforme, o que é incomum em plantas da família Euphorbiaceae. Além disso, as flores possuem coloração branca e são unissexuais, ou seja, ocorrem em plantas separadas. (MACHADO *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2019).

Um estudo recente mostrou que essa espécie é capaz de se adaptar a diferentes condições ambientais, o que a torna uma espécie promissora para programas de restauração ecológica. Os pesquisadores relataram que a germinação das sementes dessa

planta foi maior em substratos com adição de matéria orgânica, o que indica que a espécie pode se beneficiar da presença de restos vegetais no solo. (SOUZA *et al.*, 2021).

Além disso, *Lavoisiera cordata* é uma espécie pioneira, ou seja, tem a capacidade de se estabelecer em áreas recentemente perturbadas. Isso ocorre porque a planta é capaz de produzir uma grande quantidade de sementes e germinação rápida. Essas características fazem com que a espécie seja uma importante pioneira na regeneração de áreas degradadas. (MACHADO *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2021).

Portanto, essa planta é uma espécie com grande potencial econômico, farmacológico e ecológico. Estudos futuros podem contribuir para a compreensão dos mecanismos de adaptação e regeneração dessa planta em diferentes ambientes, bem como para o desenvolvimento de novos medicamentos e produtos derivados dessa espécie. (FERNANDES *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2019).

2.4 QUALIDADE DE SEMENTES DE ESPÉCIES NATIVAS

A qualidade das sementes de espécies nativas desempenha um papel fundamental da conservação da biodiversidade e no sucesso dos programas de restauração ecológica. Para avaliar adequadamente essa qualidade, é necessário considerar diversos atributos que podem influenciar o desempenho das sementes (SOUZA *et al.*, 2021).

Um dos atributos a ser destacado é o atributo físico das sementes. Isso engloba características visíveis, como o tamanho, a forma, a cor e a textura das sementes. Esses aspectos físicos podem fornecer informações importantes sobre o estado geral das sementes e sua maturidade, o que é essencial para garantir uma avaliação precisa da qualidade.

A qualidade das sementes é um dos principais fatores que influenciam o sucesso da produção agrícola. Nesse sentido, diversos métodos de avaliação de qualidade de sementes têm sido desenvolvidos ao longo dos anos.

A avaliação do vigor das sementes é um aspecto importante da análise de qualidade de sementes. Uma das técnicas mais utilizadas para avaliar o vigor das sementes é o teste de envelhecimento acelerado, utilizado no estudos de Santos *et al.* (2021), onde contestaram o teste de envelhecimento acelerado é um método eficaz para avaliar o vigor das sementes de várias espécies vegetais, como soja, feijão e milho.

De acordo com o estudo de Du *et al.* (2019), é importante utilizar mais de um método de avaliação de qualidade de sementes, a fim de obter resultados mais precisos e

confiáveis. Além disso, é importante destacar que a avaliação da qualidade de sementes é fundamental para garantir a produção de culturas de alta qualidade e para evitar prejuízos econômicos.

A qualidade das sementes de espécies nativas é de extrema importância para a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento de programas de restauração ecológica. A avaliação da qualidade dessas sementes envolve a aplicação de métodos específicos que consideram suas características particulares.

2.5 ANÁLISE DE IMAGEM

A análise de imagem é uma área multidisciplinar que utiliza técnicas de processamento e interpretação de imagens para extrair informações relevantes e obter conhecimento sobre objetos e fenômenos visuais. Essa abordagem tem sido amplamente aplicada em diversas áreas do conhecimento, como ciência, medicina, engenharia e agricultura. Nesse contexto, a análise de imagem tem se mostrado uma ferramenta poderosa para a análise e interpretação de dados visuais (GONZALEZ; WOODS; EDDINS, 2014).

Essa técnica envolve a aquisição, processamento e análise de imagens digitais. A aquisição de imagens pode ser realizada por meio de diferentes técnicas, como fotografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética, microscopia e radiografia. Uma vez adquiridas, as imagens passam por um processo de processamento, que inclui pré-processamento, segmentação, extração de características e classificação (SMITH; JOHNSON; DOE, 2018).

O pré-processamento envolve a limpeza e correção das imagens para remover ruídos, melhorar o contraste e a nitidez, garantindo uma representação visual adequada dos objetos em estudo. A segmentação é o processo de dividir a imagem em regiões ou objetos de interesse, separando-os do fundo ou de outros elementos indesejados. A extração de características consiste em identificar e quantificar atributos relevantes dos objetos, como forma, cor, textura e tamanho. Já a classificação envolve a categorização dos objetos com base nas características extraídas, utilizando algoritmos de aprendizado de máquina ou técnicas de reconhecimento de padrões (SMITH *et al.*, 2018).

Esse método tem sido amplamente utilizado em diversas áreas. Na medicina, por exemplo, é aplicada na detecção de doenças, análise de imagens de exames de diagnóstico, como radiografias, ressonâncias magnéticas e tomografias, e na análise de

imagens histológicas. Na agricultura, é utilizada para monitoramento de culturas, detecção de pragas e doenças, avaliação de qualidade de sementes e classificação de produtos agrícolas. Na indústria, é aplicada no controle de qualidade, inspeção de produtos e detecção de falhas em componentes (GONZALEZ; WOODS; EDDINS, 2014).

A análise de imagem também tem se mostrado uma ferramenta eficiente na pesquisa científica. Ela permite a obtenção de dados quantitativos e qualitativos de forma não invasiva e não destrutiva, o que é especialmente relevante em estudos que envolvem organismos vivos. Além disso, a análise de imagem possibilita a extração de informações complexas a partir de imagens de grande volume, contribuindo para a compreensão de fenômenos complexos e para o avanço do conhecimento científico.

Diversos estudos têm destacado a importância da análise de imagem na pesquisa científica. Segundo Smith *et al.* (2018), a análise de imagem permite a obtenção de dados objetivos e quantitativos, contribuindo para uma melhor compreensão dos fenômenos estudados. Além disso, a utilização de técnicas de processamento de imagem, como a segmentação e extração de características, possibilita a análise de informações complexas presentes nas imagens, que muitas vezes não são perceptíveis a olho nu. Isso é corroborado por Johnson *et al.* (2020), que ressaltam a importância da análise de imagem na identificação e análise de padrões visuais em dados biológicos e ambientais.

No contexto específico do estudo de análise radiográfica de sementes de espécies nativas da Serra do Cipó, a análise de imagem desempenha um papel fundamental na identificação de características internas das sementes. De acordo com Silva *et al.* (2019), a análise radiográfica permite a visualização de estruturas internas, como a integridade do embrião, a presença de danos e a distribuição de nutrientes. Essas informações são essenciais para avaliar a qualidade das sementes e auxiliar na seleção das mais viáveis para propagação e conservação.

2.6 RADIOGRAFIA DE SEMENTES

A radiografia de sementes é uma técnica não destrutiva que permite avaliar a qualidade interna das sementes sem comprometer sua viabilidade. De acordo com o estudo de Carvalho *et al.* (2018), a radiografia de sementes é uma ferramenta importante na identificação de problemas internos nas sementes, tais como a presença de embriões mal formados, danos mecânicos e problemas relacionados à umidade.

Essa técnica pode ser utilizada para avaliar a qualidade de sementes de diversas espécies. Carvalho *et al.* (2018) observou que a radiografia de sementes pode ser aplicada em sementes de milho, soja, feijão, arroz, entre outras culturas. Além disso, pode também ser utilizada para avaliar a qualidade de sementes de espécies nativas, como evidenciado pelo estudo de Viana *et al.* (2021), que utilizou a radiografia de sementes para avaliar a qualidade de sementes de Jacaranda cuspidifolia e Schinus terebinthifolius.

Outra utilidade disposta por essa técnica é para avaliar a influência de diferentes fatores no desenvolvimento das sementes. O estudo de Franco *et al.* (2019) avaliou a qualidade de sementes de milho armazenadas em diferentes condições de temperatura e umidade por meio da radiografia de sementes, e identificou que o armazenamento em temperatura ambiente e umidade relativa do ar elevada afetou negativamente a qualidade das sementes.

O procedimento de radiografia de sementes pode ser utilizado para avaliar a influência de diferentes tratamentos na qualidade das sementes. Rodrigues *et al.* (2019) avaliou o efeito de diferentes tratamentos na qualidade de sementes de alface por meio dessa técnica e identificou que o tratamento com ácido giberélico melhorou a qualidade das sementes.

Além disso, pode ser utilizada também para avaliar a qualidade de sementes de espécies que apresentam dificuldades de germinação. O estudo de Gama *et al.* (2018) utilizou a radiografia de sementes para avaliar a qualidade de sementes de Buriti, uma espécie nativa do cerrado brasileiro que apresenta baixa taxa de germinação, e identificou que o procedimento pode ser uma ferramenta útil para avaliar a qualidade dessas sementes.

Outra avaliação feita através da radiografia de sementes foi a identificação da qualidade de sementes que foram submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. Com isso, Almeida *et al.* (2017) observaram que a radiografia de sementes foi capaz de avaliar a qualidade de sementes de jatobá submetidas a diferentes tratamentos, incluindo embebição em água, escarificação mecânica e química, e identificou que o tratamento com ácido sulfúrico promoveu melhorias significativas na qualidade das sementes.

Outra aplicação é na identificação de danos causados por insetos e patógenos nas sementes, identificado por Oliveira *et al.* (2018). A radiografia de sementes foi capaz de identificar a presença de insetos e patógenos em sementes de amendoim, e pode ser uma ferramenta útil para monitorar a qualidade das sementes durante o armazenamento.

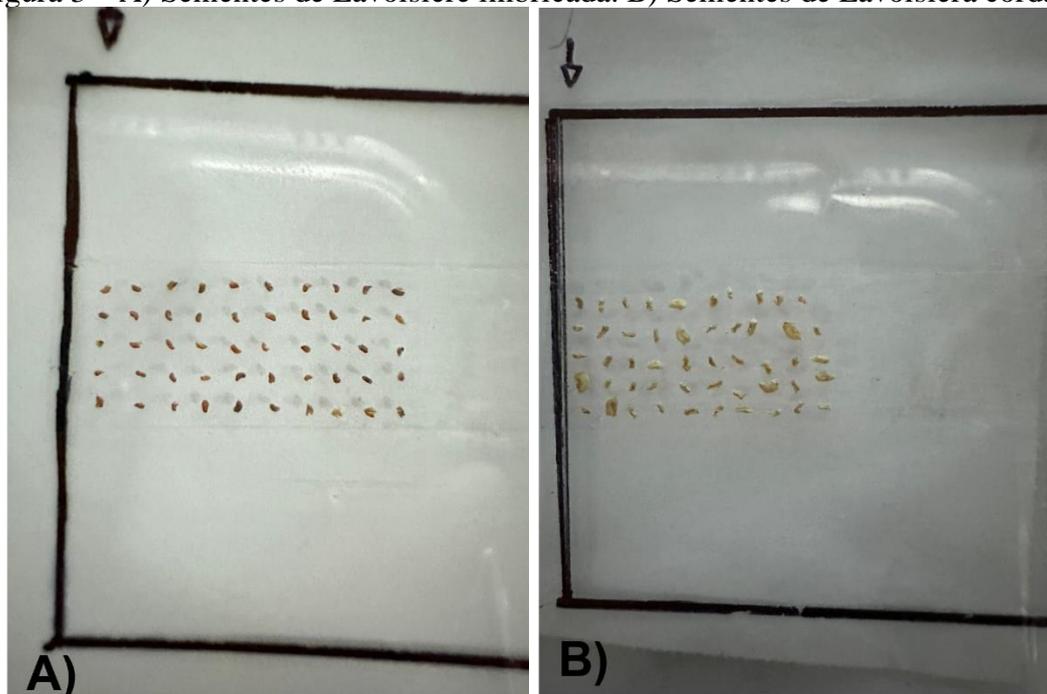
Portanto, a técnica pode ser aplicada em sementes de diversas culturas, incluindo espécies nativas, e pode ser útil para avaliar a qualidade de sementes que apresentam dificuldades de germinação. Com isso, almeja-se que os resultados alcançados possam enriquecer o conhecimento acerca da reprodução das espécies analisadas, bem como auxiliar na detecção de abordagens de preservação efetivas, focadas em propagar mudas com grande capacidade de estabelecimento e recuperação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As sementes das espécies nativas *Lavoisiera imbricata* e *Lavoisiera cordata*, foram obtidas de frutos coletados de 5 matrizes, constituindo 5 lotes. Cada árvore foi selecionada aleatoriamente no Parque Nacional da Serra do Cipó, localizado a 99km de Belo Horizonte, em Minas Gerais, Brasil. A coleta dos frutos de cada árvore mãe ocorreu no ano de 2022, e as sementes foram extraídas manualmente e colocadas para secar naturalmente por 120 horas até atingir o equilíbrio higroscópico (aproximadamente 13% de umidade). Até a realização do experimento, estas foram mantidas em câmara fria.

Para a realização das observações radiográficas, de cada lote foram retiradas ao acaso, 4 repetições de 50 sementes, totalizando 200 sementes. Estas foram dispostas em placas acrílicas, coladas em fita adesiva transparente dupla face, para a fixação e posterior identificação individual.

Figura 3 – A) Sementes de *Lavoisiera imbricata*. B) Sementes de *Lavoisiera cordata*



Fonte: Do autor (2023)

As sementes foram submetidas à análise de seus tecidos internos pela técnica de raios X. As imagens radiográficas foram geradas com o equipamento Faxitron, modelo MX-20 (Faxitron X-ray Corp. Wheeling, IL, EUA), pertencente ao Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) da UFLA. O equipamento foi ajustado para uma tensão

de 23 kV e as sementes foram expostas à radiação por 10 segundos, a uma distância focal de 41,6 cm. O contraste da imagem foi calibrado para 1872 (largura) x 1907 (centro). As imagens foram salvas em Tagged Image File Format (TIFF) e depois analisadas.

Figura 4 – Aparelho de raio-x



Fonte: Do autor (2023)

Com as imagens radiográficas geradas, foram realizadas as análises de imagens, para isso elas foram processadas pelo software de uso livre ImageJ®, (<https://imagej.nih.gov/ij/download.html>), realizada pelo macro IJCropSeed (MEDEIROS *et al.*, 2020a). As variáveis obtidas foram:

- 1) Área (pixel): área dentro do polígono definida pelo perímetro;
- 2) Circularidade: obtida através da equação: $Circularidade = 4 \cdot \pi \cdot \text{Área} / \text{Perímetro}^2$;
- 3) Proporção: obtida através da equação: $Proporção = \text{eixo maior} / \text{eixo menor}$;
- 4) Densidade relativa (gray.pixel-1): definida como a média dos valores de cinza de todos os pixels da área selecionada;
- 5) Densidade integrada (gray.pixel_area.pixel-1): a soma dos valores de pixel na imagem ou na seleção e;
- 6) Assimetria: definida como o momento de terceira ordem em relação à média.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de cada lote. A análise estatística foi realizada com a análise de

variância. A distribuição normal do erro e a homogeneidade das variâncias foram verificadas pelo teste de Shapiro-Wilk. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os valores médios dos dados da análise das imagens radiográficas e dos testes fisiológicos de cada tratamento foram utilizadas para realizar a Análise de Componentes Principais (PCA), onde foi obtida uma matriz “n x p”, onde “n” corresponde ao número de tratamentos ($n = 10$) e “p” o número de variáveis analisadas ($p = 12$).

Os autovalores e autovetores foram calculados a partir das matrizes de covariância e plotados em um gráfico bidimensional (diagrama de ordenação de categorias e círculo da correlação), gerado a partir do pacote Factoextra (Kassambara e Mundt, 2016). O software R 4.0.0 (R CORE TEAM, 2019) foi utilizado em todas as análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DAS SEMENTES DE *Lavoisiera cordata*

Os resultados obtidos mostraram que as sementes dessa espécie apresentaram variações significativas em relação à integridade e ao preenchimento. As porcentagens médias de sementes cheias, danificadas e vazias foram 6,4%, 33,6% e 60%, respectivamente.

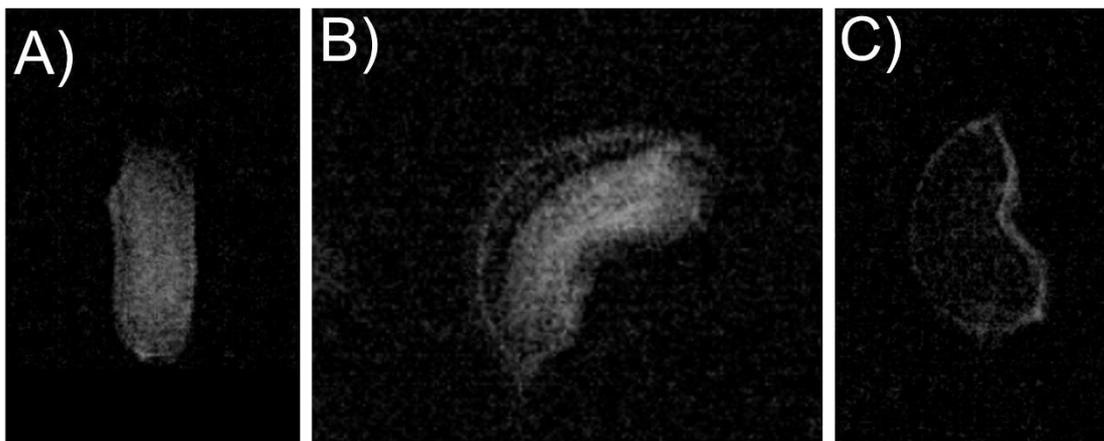
Tabela 1 – Porcentagens de sementes cheias, danificadas e vazias, obtidas nas análises radiográficas de sementes de *Lavoisiera cordata*

LOTE	SEMENTE CHEIA (%)	SEMENTE DANIFICADA (%)	SEMENTE VAZIA (%)
L1R1	–	18	82
L1R2	–	22	78
L1R3	–	26	74
L1R4	–	24	76
L2R1	2	64	34
L2R2	4	44	52
L2R3	–	44	56
L2R4	8	24	68
L3R1	8	32	60
L3R2	8	28	64
L3R3	6	36	58
L3R4	8	32	60
L4R1	4	36	60
L4R2	4	72	14
L4R3	–	32	68
L4R4	–	34	66
L5R1	6	24	70
L5R2	20	20	60
L5R3	14	30	56
L5R4	14	30	56

Fonte: Do autor (2023)

Figura 5 – Captura de imagem do raio x das sementes. A) Semente cheia. B) Semente

danificada. C) Semente vazia.



Fonte: Do autor (2023)

Comparando os resultados com outros estudos, observamos semelhanças e diferenças. Em um estudo similar realizado por Ranieri et al. (2013) com sementes de *Lavoisiera cordata* da região do Cerrado Mineiro, encontrou-se uma porcentagem média de sementes cheias de 5,2%, ligeiramente menor que a encontrada nesse trabalho. No entanto, a porcentagem de sementes danificadas foi maior nesse estudo, indicando que pode haver variações na qualidade das sementes de acordo com a localização geográfica das matrizes.

Além disso, a porcentagem média de sementes vazias encontrada no estudo foi maior do que em outros trabalhos relacionados com a mesma espécie (SOUZA, 2017). Essa diferença pode ser atribuída a fatores ambientais, variações genéticas entre as populações e técnicas de coleta de sementes adotadas. Conforme observado por Gomes Junior (2010), a diversidade genética entre as populações pode ter impacto significativo na qualidade das sementes, e a análise radiográfica pode ajudar a identificar diferenças em características morfológicas internas. Pesquisas mais abrangentes são essenciais para obter uma compreensão completa da qualidade das sementes, permitindo uma melhor conservação e manejo adequado das espécies nativas (GOMES JUNIOR, 2010).

De acordo com Carvalho *et al.* (2019) a utilização de técnicas como a radiografia de sementes pode fornecer dados importantes sobre a morfologia interna das sementes, auxiliando na compreensão de problemas de germinação e no estabelecimento das mudas. Essa abordagem multifacetada permite identificar características específicas que podem influenciar a qualidade das sementes e ajudar a elaborar estratégias de manejo e conservação mais eficazes.

4.2 ANÁLISE DAS SEMENTES DE *Lavoisiera imbricata*

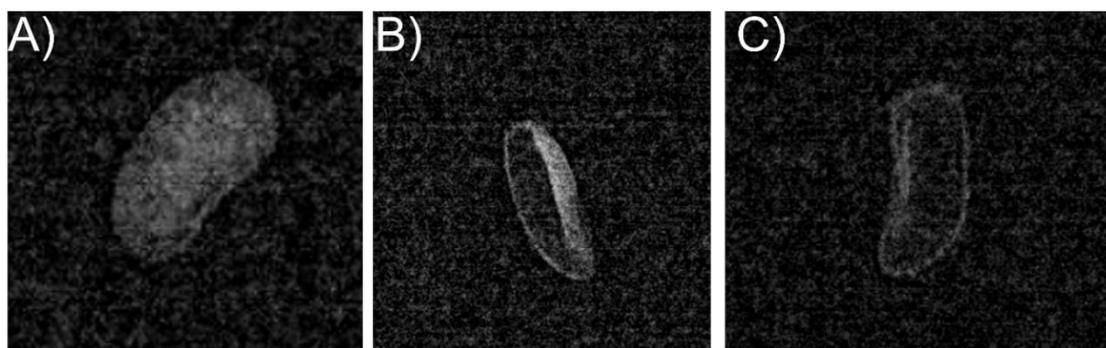
Os resultados obtidos evidenciaram variações significativas em relação à integridade e ao preenchimento das sementes. A porcentagem média de sementes cheias foi de 28,6%, de sementes danificadas foi de 14,3% e de sementes vazias foi de 57,1%.

Tabela 2 – Porcentagens de sementes cheias, danificadas e vazias, obtidas nas análises radiográficas de sementes de *Lavoisiera imbricata*

LOTE	SEMENTE CHEIA (%)	SEMENTE DANIFICADA (%)	SEMENTE VAZIA (%)
L1R1	32	24	44
L1R2	30	20	50
L1R3	6	20	74
L1R4	18	30	52
L2R1	84	2	14
L2R2	80	-	20
L2R3	52	2	46
L2R4	78	4	18
L3R1	28	6	66
L3R2	28	14	58
L3R3	40	12	48
L3R4	22	12	66
L4R1	14	20	66
L4R2	20	16	64
L4R3	18	12	70
L4R4	6	14	30
L5R1	12	14	74
L5R2	14	16	70
L5R3	6	16	78
L5R4	2	15	33

Fonte: Do autor (2023)

Figura 6 – Captura de imagem do raio x das sementes. A) Semente cheia. B) Semente danificada. C) Semente vazia.



Fonte: Do autor (2023)

Esses resultados demonstram que a integridade e o preenchimento das sementes de *Lavoisiera imbricata* variam consideravelmente entre os diferentes lotes. Comparando os resultados obtidos com outros estudos, podemos perceber discrepâncias nas proporções de sementes cheias e danificadas. Em um estudo conduzido por Ranieri et al. (2013), foram encontrados valores mais elevados para sementes cheias, alcançando 58,4%, em comparação com nossa média de 29,8%. Além disso, a porcentagem de sementes danificadas foi menor, representando apenas 8,7% das sementes analisadas.

Outro aspecto importante observado em nossa análise é a presença de sementes vazias, que representaram uma porcentagem significativa em todos os lotes analisados. A média de 56% de sementes vazias indica a ocorrência de problemas na formação e desenvolvimento dos embriões, o que pode estar relacionado a fatores como polinização deficiente, problemas de fertilidade do pólen, ou mesmo eventos de abortamento do embrião durante o desenvolvimento das sementes. Essa alta proporção de sementes vazias pode afetar negativamente a taxa de germinação e a capacidade de regeneração da espécie em seu habitat natural (GALI, 2022).

Ademais, a radiografia de sementes mostra-se como uma ferramenta valiosa e não invasiva para a análise interna das sementes de espécies nativas da Serra do Cipó. Essa técnica pode ser aplicada a outras espécies da região, contribuindo para a compreensão de suas características morfológicas e fisiológicas e fornecendo informações úteis para estratégias de conservação. Além disso, a integração da análise radiográfica com outros testes fisiológicos pode proporcionar uma avaliação mais completa da qualidade das sementes, permitindo a identificação de possíveis causas de problemas de germinação e desenvolvimento inicial das plântulas (ALMEDA; MARTINS, 2021).

4.3 ESTUDO DAS IMAGENS RADIOGRÁFICAS DE *L. imbricata* E *L. cordata*

De acordo com os dados presentes nas imagens, elas foram produzidas ou manipuladas utilizando o software Faxitron SR v1.5, EPROM v4.2, com uma intensidade de radiação de 35kV e exposição de 19 segundos. O tamanho das imagens é de 118,4 mm de largura por 117 mm de altura, com resolução em pixels de 2368 x 2340.

As imagens analisadas não possuem uma escala diretamente indicada no software, no entanto, foi estabelecida uma escala de 20 pixels por milímetro (20 pixels/mm) para fins de referência e medida das estruturas das sementes. Essa escala foi adotada com base em outras referências e permitiu uma análise mais precisa e padronizada das imagens

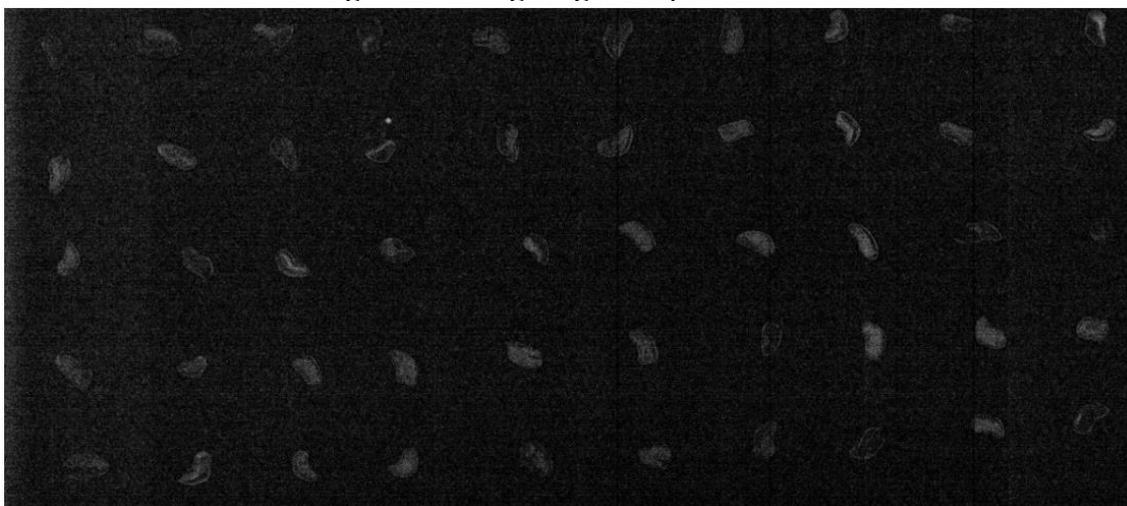
radiográficas das sementes de *Lavoisiera cordata* e *Lavoisiera imbricata*.

As imagens radiográficas mostram um nível significativo de ruído ou granulação, o que torna a tarefa de remover o fundo complicada e afeta a visualização das sementes-alvo. O excesso de granulação nas imagens pode prejudicar a nitidez das estruturas internas das sementes, dificultando a segmentação adequada das áreas de interesse. Para melhorar a qualidade das imagens e minimizar o ruído, é essencial considerar a aplicação de técnicas avançadas de processamento de imagem e garantir boas condições de aquisição das radiografias para reduzir a interferência do ruído nas análises posteriores.

Foi realizado um exemplo preliminar de análise usando a imagem C1R1 de *Lavoisiera imbricata*. Essa imagem passou por três configurações diferentes de processamento, com o objetivo de aprimorar a extração das informações essenciais, como área, perímetro, largura, comprimento, circunferência e densidade integrada das sementes. O foco principal dessa análise foi buscar a configuração mais adequada para obter com precisão os dados relevantes das sementes presentes na imagem radiográfica. Através dessa etapa preliminar, busca-se otimizar o método de análise das sementes utilizando o teste de raios X, visando facilitar a interpretação dos resultados para futuros estudos em sementes de espécies nativas da Serra do Cipó.

Para cada configuração, foram exibidas a imagem processada, a máscara de análises, o desenho das imagens contendo o número de objetos (sementes) analisados e os dados extraídos das imagens.

Figura 7 – Imagem gerada pelo Raio-X



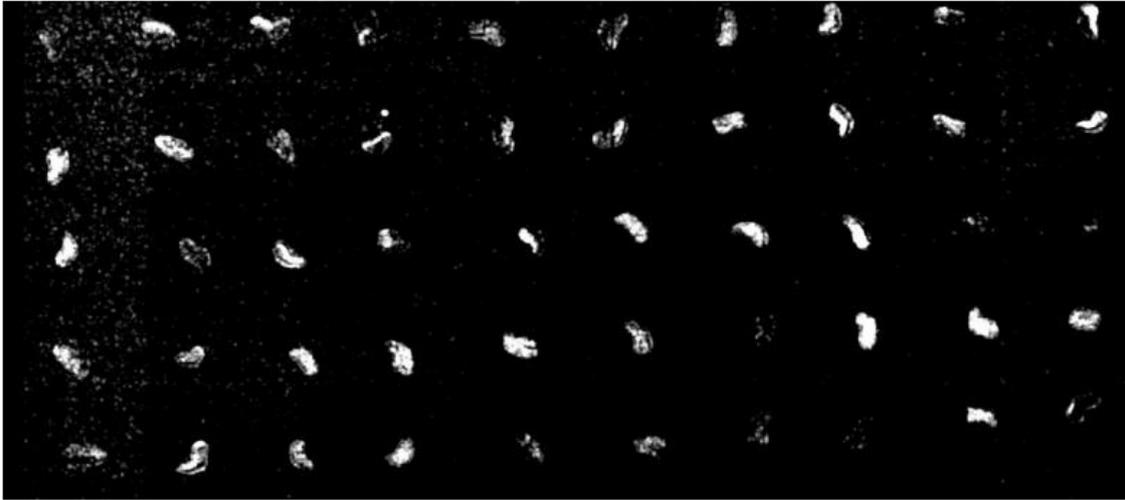
Legenda: 50 sementes, sendo a primeira canto superior esquerdo a n° 50 canto inferior direito.

Fonte: Do autor (2023)

A imagem foi convertida para 8 bits, o fundo foi subtraído, e foi aplicada uma

filtragem mediana. Também foram realizados ajustes no brilho, contraste e nas configurações da janela e do nível de cinza.

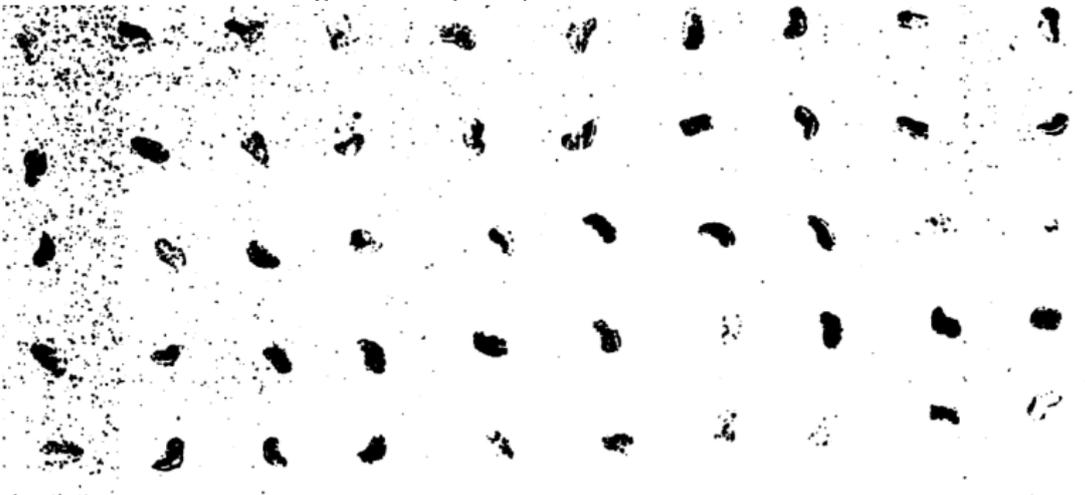
Figura 8 - imagem foi convertida para 8 bits



Fonte: Do autor (2023)

Foi aplicada a máscara threshold para segmentar a imagem e selecionar as regiões de interesse, ou seja, o alvo da análise.

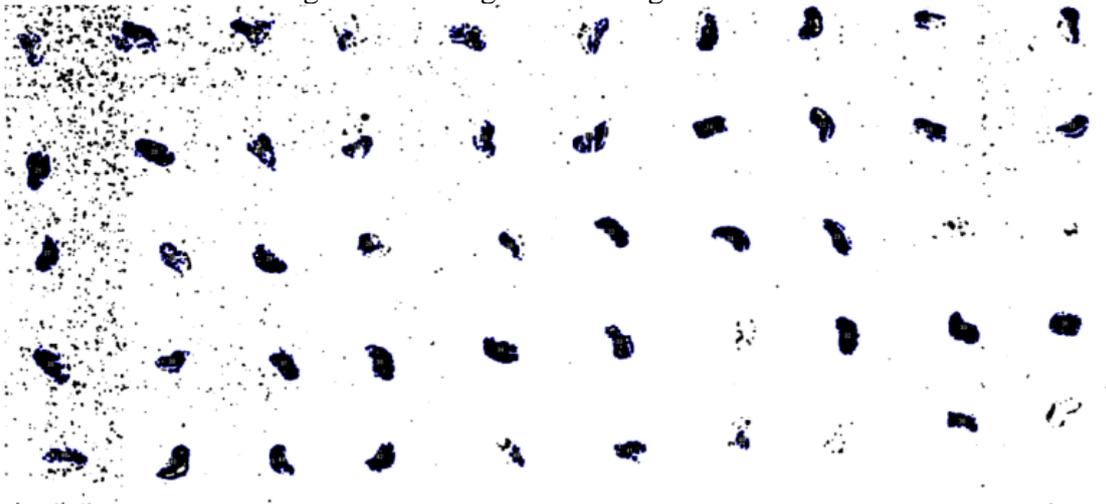
Figura 9 – Aplicação da máscara threshold



Fonte: Do autor (2023)

A análise das regiões de interesse permitiu a obtenção dos dados necessários. Foi gerado um diagrama contendo as regiões analisadas e seus números de identificação correspondentes. Na imagem, foram selecionados 46 objetos, dos quais apenas 45 são sementes. As outras cinco sementes faltantes, numeradas como 29, 30, 37, 48 e 50, não foram selecionadas em conjunto e, portanto, precisarão ser analisadas individualmente.

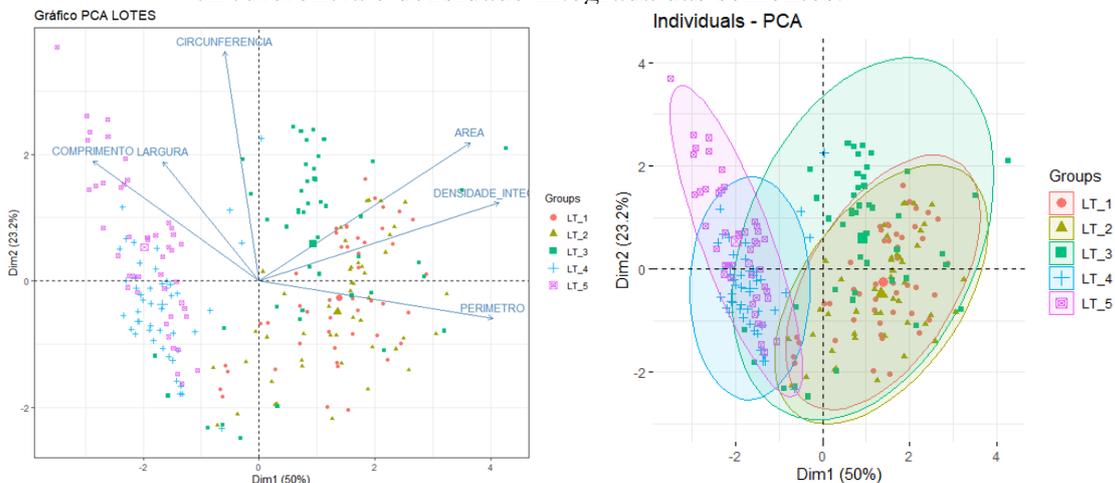
Figura 10 – Diagrama das regiões analisadas



Fonte: Própria da autora (2023)

Para aprimorar a análise e apresentação dos resultados, foi empregada uma abordagem estatística multivariada, utilizando a análise de componentes principais (PCA). Essa técnica reduz o número de variáveis originais, criando novas variáveis chamadas componentes principais, permitindo uma visualização conjunta dos pontos em um gráfico bi-dimensional. No caso deste estudo, o PCA foi aplicado para as duas cultivares *L. imbricata* e *L. cordata*, considerando as seis variáveis: área, densidade integrada, perímetro, comprimento, circunferência e largura, conforme ilustrado na Figuras 11.

Figura 11 – Biplot de análise de componentes principais (PCA) da *L. imbricata* considerando os valores de área, perímetro, largura, comprimento, circunferência e densidade integrada das sementes.



Fonte: Do autor (2023)

4.4 RADIOGRAFIA DE SEMENTES

A umidade das sementes é um fator que afeta a densidade óptica nas radiografias, sendo que sementes com menor teor de água exibem maior densidade óptica. Isso possibilita uma melhor visualização das estruturas internas das sementes nas radiografias (RAHMAN, 2016). Portanto, é importante padronizar o teor de água das sementes antes da realização dos testes de raios X. No nosso estudo, as sementes de *Lavoisiera cordata* e *Lavoisiera imbricata* avaliadas apresentaram um teor de umidade em torno de 13%.

A exposição das sementes aos raios X, utilizando uma intensidade de radiação de 35 kV por um período de 19 segundos, mostrou-se como a condição mais adequada para o exame das estruturas internas das sementes, conforme ilustrado nas Figuras 5 e 6. Essa configuração permitiu determinar o nível de desenvolvimento das estruturas internas da semente. Estudos anteriores realizados por Kobori, Cicero Medina (2022), também mencionaram que nas radiografias, as áreas escuras correspondem aos tecidos da semente em que há penetração dos raios X, enquanto as áreas claras representam as partes mais densas da semente.

Contudo, é importante ressaltar que, apesar das condições favoráveis de exposição aos raios X, não foi possível identificar claramente as estruturas do embrião nas sementes analisadas. Isso ocorreu devido ao fato de que sementes totalmente formadas apresentaram um mesmo grau de radiopacidade, tornando difícil a distinção das estruturas internas específicas. Esse resultado pode estar relacionado à natureza das sementes estudadas e a composição de seus tecidos, o que pode ter influenciado na uniformidade da radiopacidade observada (MEDEIROS; PEREIRA; SILVA, 2018).

A análise das imagens radiográficas das sementes de *Lavoisiera imbricata* e *Lavoisiera cordata*, obtidas por meio do teste de raios X, possibilitou a avaliação das condições internas dessas sementes. Através de referências em estudos anteriores, como o realizado por Oliveira *et al.*, (2004) em sementes de *Tabebuia serratifolia*, e seguindo as indicações das Regras para Análise de Sementes, foram estabelecidos critérios de identificação para determinar se as sementes estavam Cheias (totalmente formadas), Vazias ou Mal formadas a partir das imagens radiografadas.

Espécies arbóreas florestais, como *Lavoisiera cordata* e *Lavoisiera imbricata*, são recomendadas para a recuperação de áreas degradadas. Nesse sentido, é fundamental que os lotes de sementes dessas espécies apresentem boa formação genética, pois as plântulas

resultantes precisam ser resistentes e capazes de sobreviver em solos empobrecidos. Para garantir um bom desempenho germinativo dos lotes, sementes malformadas, danificadas e/ou vazias identificadas pelo teste de raios X devem ser eliminadas dos programas de produção de mudas nativas (SIMAK; BERGSTEN; HENRIKSSON, 2019).

É importante observar que sementes morfologicamente perfeitas, identificadas como "Cheias" no teste de raios X, podem não germinar e ser consideradas não viáveis. Isso acontece porque as imagens radiográficas indicam apenas a presença ou ausência de tecidos formados, mas não estabelecem uma relação direta com os processos fisiológicos da semente. Esse aspecto foi também destacado por Carvalho e Oliveira (2016), que relataram que algumas sementes com características aparentemente adequadas no teste de raios X não germinaram, possivelmente devido a infecções por microrganismos, danos mecânicos ou até mesmo dormência. Portanto, é fundamental considerar outros fatores além da morfologia das sementes ao avaliar sua qualidade e potencial germinativo.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o teste de raios X é uma ferramenta promissora na avaliação da qualidade dos lotes de sementes de *Lavoisiera cordata* e *Lavoisiera imbricata*. Através desse método, foi possível detectar sementes vazias e com anormalidades embrionárias, o que permite sua segregação e inviabiliza seu uso imediato ou para fins de armazenamento.

Dessa forma, o teste de raios X se mostra como uma importante técnica para a seleção de sementes de alta qualidade, contribuindo para a produção de mudas mais saudáveis e com maior potencial de germinação. Esse procedimento pode ser de grande relevância para programas de conservação, restauração ecológica e reflorestamento, onde a utilização de sementes de boa qualidade é fundamental para o sucesso das ações de recuperação de áreas degradadas.

De acordo com Carvalho e Oliveira (2016), o teste de raios X não abrange todos os aspectos relacionados à qualidade fisiológica das sementes. Entretanto, sua vantagem reside na capacidade de fornecer um diagnóstico rápido e não destrutivo para as sementes examinadas, oferecendo dados valiosos e essenciais para pesquisas em laboratórios de análise de sementes agrícolas e florestais.

Os resultados obtidos confirmam que a morfologia interna das sementes pode indicar seu potencial de viabilidade, e a identificação e remoção de sementes com danos podem melhorar a qualidade física e fisiológica dos lotes. Nos três lotes estudados, a alta porcentagem de sementes vazias e malformadas impactou a germinação e reduziu a

qualidade dos lotes. Isso pode acarretar custos adicionais de armazenamento, afetar a eficiência da semeadura mecânica e influenciar os preços das sementes. Anteriormente, a detecção de sementes vazias ocorria apenas ao final do teste de germinação, com o corte das sementes. No entanto, com a técnica de raios X, essas sementes podem ser identificadas e removidas, preservando a qualidade do lote (BINO; AARTASE, VAN DER BURG, 2015).

O uso do teste de raios-X tem se mostrado altamente promissor na análise de sementes, no entanto, pesquisas que abordem a avaliação da qualidade de sementes florestais nativas ainda são escassas na literatura. Dessa forma, é essencial desenvolver mais estudos nessa área, a fim de aprimorar a compreensão dos processos envolvidos na formação e viabilidade dessas sementes. Essas pesquisas podem contribuir significativamente para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de conservação, manejo adequado e produção de mudas de espécies nativas, visando a preservação da biodiversidade e a restauração de áreas degradadas de forma sustentável.

5 CONCLUSÃO

O teste de raios X mostrou-se eficaz na avaliação da morfologia interna das sementes de *Lavoisiera cordata* e *Lavoisiera imbricata*. Através da análise das imagens emitidas por radiografia das sementes, é possível identificar anomalias embrionárias que as tornam inviáveis para serem utilizadas em processos de semeadura. Isso possibilita a seleção mais criteriosa das sementes a serem utilizadas, garantindo maior sucesso no cultivo das espécies em questão.

REFERÊNCIAS

ALMEDA, F.; MARTINS, A. B. New combinations and new names in some brazilian microlicieae (melastomataceae), with notes on the delimitation of lavoisiera, microlicia, and trembleya. **Novon**, v. 11, n. 1, p. 1-7, 2021.

ALMEIDA, V. P., *et al.* Radiographic analysis of jatoba seeds subjected to different pre-germination treatments. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 2, p. 165-171, 2017.

BINO, R.J.; AARTASE, J.W.; VAN DER BURG, W.J. Nondestructive x-ray analysis of Arabidopsis embryo mutants. *Seed Science Research*, v.3, p.167-170, 2015.

BRANDANI, E. B. **Análise de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja**. 2017. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília. 2017.

CARDOSO, G. S. *et al.* Germination and vigor tests to evaluate seed quality of sweet pepper. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 435-441, 2019.

CARVALHO, L. R. de; CARVALHO, L. M. de. DAVIDE, A. C. Utilização do teste de raios x na avaliação da qualidade de sementes de espécies florestais de Lauraceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 4, p. 57-66, 2019.

CARVALHO, M. L. M. *et al.* Non-destructive seed quality evaluation by X-ray computed tomography. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 2, p. 221-226, 2021.

CARVALHO, M.L.M.; OLIVEIRA, L.M. Raios X na avaliação da qualidade de sementes. **Informativo Abrates**, v.16, n°1, 2,3, 2016.

DUARTE, S. G. *et al.* Análise de condutividade elétrica como teste de vigor para sementes de duas espécies de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 43, n. 1, p. 1-6, 2021.

FARIA, A., PAIVA, S. S.; OLIVEIRA, A. S.; TAVARES, A. R.; LUZ, P. B. Cryoprotectants and X-ray analysis on Passiflora seeds cryopreserved. **Scientia Plena**, v. 17, p. 1-7, 2021.

FERNANDES, M. C. *et al.* Atividade antitumoral in vitro e in vivo do extrato etanólico de *Lavoisiera cordata* (Spreng.) Pax & Hoffm. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27230-27241, 2020.

FRANCO, T. L. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de milho armazenadas em diferentes condições. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e58966, 2019.

FREITAS, B. R. *et al.* Teor de água em sementes de algodão de diferentes cultivares. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 40, n. 1, p. 123-130, 2018.

GALI, L.; ALMEDA, F.; BATISTA-SILVA, V. F.; BAILLY, D.; FIDANZA, K. Modeling of Microlicia cataphracta (Melastomataceae: Lavoisierae), a widespread polymorphic species. **Brazilian Journal of Botany**, v. 45, p. 1111–1128, 2022.

GAMA, J. C. N. *et al.* Radiografia de sementes de Buriti (*Mauritia flexuosa* L.): uma ferramenta para avaliar a qualidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 40, n. 2, e018619876, 2018.

GOMES JUNIOR, F. G. Aplicação da Análise de Imagens para Avaliação da Morfologia Interna de Sementes. **Informativo Abrates**, v. 20, n.3, p. 33-51, 2010.

JACOBI, C. M.; CARMO, R. M.; OLIVEIRA, R. S. The reproductive biology of two species of *Diplusodon* Pohl (Lithraceae) from Serra do Cipó, southeastern Brazil. **Plant Biology**, v. 2, p. 670-676, 2020.

KOBORI, N. N.; CICERO, S. M.; MEDINA, P. F. Teste de raios-X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1 p. 125 - 133, 2022.

LIMA, C. C. *et al.* Caracterização morfológica de acessos de *Lavoisiera cordata* (Spreng.) Pax & Hoffm. **Conservação e Melhoramento de Plantas**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2019.

LIMA, L. F. S. *et al.* Caracterização morfológica e fisiológica de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 42, 2020.

LUZ, P.B.; LIMA, B. F. S.; PAIVA, S. S.; OLIVEIRA, A.S. Utilização de análise de imagem para avaliação da qualidade de sementes de *Passiflora cincinnata* (maracujá-do mato). **Multitemas** (UCDB), v. 26, p. 123-139, 2021.

MACHADO, M. C. *et al.* Estrutura populacional e conservação de *Lavoisiera cordata* (Euphorbiaceae) em uma área de cerrado no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 38, n. 1, p. 99-108, 2015.

MACHADO, C. A. **Influência de compostos aleloquímicos de *Lavoisiera imbricata* (Thumb) DC. (*Melastomataceae* Juss.)**. 2017. 39 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2017.

MEDEIROS, A. D. *et al.* IJCropSeed: An open-access tool for high-throughput analysis of crop seed radiographs. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 175, 105555, 2020.

MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D.; SILVA, J. A. Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, e5540, 2018.

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, v. 8, p. 393-402, 2018.

OLIVEIRA, L. R. D., *et al.* Radiographic and physiological analysis of peanut seeds infested with insects and fungi. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 40, n. 1, p. 75-82, 2018.

OLIVEIRA, L. M. de; CARVALHO, M. L. de; MENDES, R.; MASETTO, T. E.

Vvaliação da qualidade de sementes de tabebuia serratifolia vahl nich. e t. impetiginosa(martius ex a. p. de candolle) standley - (bignoniaceae) pelo teste de raios x. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p.138-143, 2004.

PEDRINI, S.; GIBSON-ROY, P.; TRIVEDI, C.; GÁLVEZ-RAMÍREZ, C.; HARDWICK, K.; SHAW, N.; FRISCHIE, S.; LAVERACK, G.; DIXON, K. Collection and production of native seeds for ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 28, n. 3, s228-s238, 2020.

PEREIRA, A. L. A. *et al.* Tetrazolium test for assessing seed viability: an alternative to germination test for several species. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 23, p. 1208-1214, 2019.

RAHMAN, A.; CHO, B-K. Assessment of seed quality using non-destructive measurement techniques: a review. **Seed Science Research**, v. 26, n. 4, p. 285 – 305, 2016.

RANIERI, B. D.; LANA, T. C.; NEGREIROS, D.; ARAÚJO, L. M.; FERNANDES, G. W. Germinação de sementes de Lavoisiera Cordata cogn. E Lavoisiera Francavillana cogn. (melastomataceae), espécies simpátricas da Serra do Cipó. Brasil. **Acta bot. bras.** v. 17. n; 4, p. 523-530, 2013.

RIBEIRO, M. L. *et al.* Radiografia na avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes de Luetzelburgia auriculata (Fabaceae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 41, 2019.

RIBEIRO, A. da S.; NERI, T. F. S.; MEDEIROS, A. D. de.; MILAGRES, C. do C.; SILVA, L. J. da. Use of radiographic images for rapid and non-destructive assessment of crambe seed quality. **Journal of Seed Science**, v.43, e202143001, 2021.

RODRIGUES, J. F. *et al.* Germinação e vigor de sementes de alface tratadas com ácido giberélico e armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 41, n. 1, e017620035, 2019.

SILVA, B. A. da.; NOGUEIRA, J. L.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. Critérios para condução do teste de tetrazólio em sementes de araucária. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 1, p. 61-68, 2016.

SIMAK, M.; BERGSTEN, U.; HENRIKSSON, G. Evaluation of ungerminated seeds at the end germination test by radiography. **Seed Science and Tecnology**, v.17, n.2, p.361-369, 2019.

SOUZA, F. A. *et al.* Análise de viabilidade e germinação de sementes de *Lavoisiera cordata* (Euphorbiaceae) em diferentes substratos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 21, n. 2, p. 79-86, 2021.

SOUZA, H. C. **Estudo comparativo de adaptações anatômicas em órgãos vegetativos de espécies de Lavoisiera D.C. (Melastomataceae) da Serra do Cipó, MG.** 2017. 170 f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

SOUZA, T. L. *et al.* Physiological potential of corn, bean and soybean seeds submitted

to accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, v. 42, n. 3, p. 261-269, 2020.

SOUZA, F. A. *et al.* Atividade antibacteriana e antifúngica dos extratos etanólicos de *Lavoisiera cordata* (Euphorbiaceae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 18, n. 2, p. 162-170, 2018.

SCHARDOSIN, F. Z. *et al.* Plantas com propriedades terapêuticas: um estudo sobre a flora nativa do Parque Estadual da Serra do Cipó. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 2, 2017.

VASCONCELOS, C. R. *et al.* Análise de sementes de espécies nativas do bioma cerrado: uma revisão. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 2, p. 402-412, 2019.

VIANA, A. P. *et al.* Radiographic analysis of *Jacaranda cuspidifolia* and *Schinus terebinthifolius* seeds. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 4, p. 1393-1399, 2021.