



**MARIA VITÓRIA SILVA LORENA**

**EFEITO DO BANHO ULTRASSÔNICO NA QUEBRA DE  
DORMÊNCIA EM SEMENTES DE MANDIOCA (*Manihot  
esculenta* Crantz)**

**LAVRAS – MG  
2023**

**MARIA VITÓRIA SILVA LORENA**

**EFEITO DO BANHO ULTRASSÔNICO NA QUEBRA DE  
DORMÊNCIA EM SEMENTES DE MANDIOCA (*Manihot  
esculenta* Crantz)**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do curso de  
Agronomia para a obtenção do título de  
bacharel em Agronomia.

Prof. Cleiton Lourenço de Oliveira  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

## RESUMO

A dormência, um fenômeno natural que impede a germinação de sementes viáveis sob condições ambientais adequadas, é uma barreira significativa em diversas espécies, incluindo a mandioca. É importante notar que a mandioca se multiplica comercialmente por meio de manivas, que, sendo partes da planta, não são afetadas pela dormência que é mais comum nas sementes botânicas. Este estudo investigou estratégias para superar a dormência nas sementes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), com foco no banho ultrassônico de baixa frequência. O banho ultrassônico é conhecido por seu potencial em enfraquecer barreiras físicas ou químicas que dificultam a germinação. Foram realizadas comparações entre seis tratamentos, que incluíam uma testemunha sem tratamento, a imersão em ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) por cinco minutos, e banhos ultrassônicos com diferentes durações (3, 6, 12 e 18 minutos). A análise envolveu o teste de germinação, observando plântulas normais e anormais, sementes mortas, sementes dormentes e a classificação do vigor das plântulas, avaliado pelo tamanho. A análise de variância foi realizada e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). O banho ultrassônico não teve um efeito significativo na quebra de dormência das sementes de mandioca. Além disso, foi observado que a imersão em ácido sulfúrico por cinco minutos resultou na inviabilidade das sementes.

**Palavras-chave:** Germinação. Tratamentos. Viabilidade de sementes.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. A CULTURA DA MANDIOCA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. DORMÊNCIA .....</b>	<b>10</b>
2.2.1. ÁCIDO SULFÚRICO .....	12
2.2.2. BANHO ULTRASSÔNICO .....	13
<b>2.3. MELHORAMENTO GENÉTICO.....</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>26</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae), também conhecida como macaxeira ou aipim, é tida como a mais brasileira das grandes culturas. Estudos indicam que essa planta, originária da região sudoeste da bacia amazônica, tenha sido domesticada entre 8.000 e 10.000 anos atrás e que, a partir daí, tenha se difundido para diversas partes do mundo pela atividade de comunidades indígenas e pelas grandes navegações. (SOARES et al.,2022).

No Brasil, a mandioca é um dos principais meios de sobrevivência da população rural, porque além de ser uma planta adaptável aos diversos ecossistemas, oferece múltiplas possibilidades de uso, garantindo assim desde a subsistência com alto valor nutricional (rico em carboidrato) até a garantia econômica de muitas famílias. Todos os anos são produzidas mais de 20 milhões de toneladas da raiz, sendo mais de 85% dessa produção oriunda da agricultura familiar, especialmente no Norte e Nordeste do país. (MARINHO, 2023)

O seu processamento ocorre em fecularias, sendo o principal produto a fécula, ou amido da mandioca, que serve de matéria-prima para as indústrias de papel, têxtil, alimentícia e como lubrificante nas indústrias de petróleo. A fécula de mandioca vem ganhando espaço na indústria como matéria-prima de embalagens e plásticos biodegradáveis. Esse fator representa um grande avanço para a questão dos resíduos sólidos que são despejados no meio ambiente. (EQUIPE ECLY, 2023).

A mandioca é uma cultura que apresenta elevada capacidade de adaptar-se às mais diferentes condições edafoclimáticas, devido essa alta adaptabilidade, possibilita o seu cultivo em praticamente todo o território nacional, característica que não a isenta a realização de pesquisas de interesse agrônômico da cultura (MORETO,2016). A mandioca se propaga por meio das manivas (segmentos do caule), mantendo as mesmas características da planta de origem, e também se multiplica naturalmente por meio de sementes, quando duas plantas diferentes cruzam entre si e geram uma nova planta. (ELIAS, 2004). Esse processo de cruzamento entre diferentes variedades de mandioca resulta na expressão de variabilidade genética, o que desempenha um papel crucial na evolução e adaptação da cultura ao ambiente.

Devido à relevância significativa da cultura, a escolha do cultivar a ser utilizada desempenha um papel crucial, uma vez que impacta tanto na produção quanto na qualidade do produto final. Assim, o melhoramento genético surge como uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes regiões. Nesse contexto, a semente assume um papel essencial, pois é o principal elemento resultante dos cruzamentos realizados no processo de melhoramento genético. A importância disso reside no fato de que as sementes

das plantas melhoradas devem apresentar alta qualidade, caracterizada por uma elevada taxa de germinação e vigor, para garantir o sucesso na obtenção de novas cultivares de alto desempenho.

Para que ocorra a germinação deve-se ter, entre outras condições, a presença de luz e a disponibilidade de água e oxigênio. Porém, mesmo que estas condições estejam presentes, o processo de germinação pode não ocorrer para muitas espécies, sendo estas denominadas dormentes por não apresentarem capacidade de germinar em determinado período de tempo na presença de condições ambientais favoráveis (BASKIN et al., 2004; CARDOSO, 2009).

A dormência física é decorrente de impedimentos externos à entrada de água no embrião, enquanto a dormência mecânica está associada à restrição ao crescimento do embrião. Em ambos os casos, uma vez eliminadas as barreiras, o embrião está fisiologicamente preparado para retomar seus processos metabólicos e germinar (BASKIN, 1996). No caso das *euphorbiaceas*, a dormência é devido à impermeabilidade do tegumento. Para algumas sementes, a dureza e a impermeabilidade do tegumento representam, frequentemente, problemas consideráveis que impedem uma germinação rápida e uniforme (SANCHEZ-BAYO & KING, 1994).

A superação da dormência de sementes é uma questão de grande relevância, pois a germinação uniforme é essencial para o cultivo eficaz de plantas. Encontrar métodos que permitam quebrar a dormência de forma ágil, com mínimo impacto ambiental e riscos reduzidos, tanto para o ambiente quanto para os melhoristas, representa um desafio significativo.

O uso do ácido sulfúrico é comum para a quebra da dormência tegumentar, no entanto a sua eficiência está relacionada com o tempo de exposição e concentração do ácido e à espécie utilizada (HERMANSEN et al., 2000). Contudo, a fisiologia das sementes varia de uma espécie para outra. Embora haja estudos bem-sucedidos na quebra da dormência por meio do ácido sulfúrico, considerando diferentes períodos de exposição das sementes, tais pesquisas ainda não foram conduzidas especificamente com a cultura da mandioca.

Estudos demonstram que a aplicação de ultrassom de baixa frequência em meio líquido pode aumentar a taxa de germinação e de crescimento ao facilitar a absorção de água pelas sementes (GORDON, 1963; YALDAGARD et al., 2008). Notou-se ainda que, de acordo com o tempo do banho, têm-se diferentes graus de influência no processo de germinação (YOUNESIAN; GHOLIPOOR, 2017). Além de eficiente, a técnica não gera resíduos nocivos ao meio ambiente, é rápida e de fácil manipulação

Portanto, é essencial aprofundar a avaliação dos impactos deste processo, e este estudo busca oferecer uma contribuição para a literatura ao apresentar dados e pesquisas sobre o uso do banho ultrassônico como uma ferramenta eficaz para superar a dormência de sementes de mandioca, o que pode ter implicações significativas no melhoramento e desenvolvimento desta importante cultura agrícola.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. A CULTURA DA MANDIOCA

A mandioca pertence à classe Dicotyledoneae, subclasse Archiclamydeae, ordem Euphorbiales, família *Euphorbiaceae*, gênero *Manihot* e espécie *Manihot esculenta* Crantz. (FAKUDA, 2005). É uma planta perene. Pode crescer indefinidamente, alternando períodos de intenso crescimento vegetativo, armazenamento de carboidratos nas raízes e períodos de quase dormência, provocados por condições meteorológicas severas, tais como baixa temperatura do ar e/ou deficiência hídrica prolongada (FARIAS, 2006).

A temperatura média do ar ideal situa-se entre os limites de 20 a 27° C, mas produz bem na faixa de temperatura de 16 a 38°C. A faixa mais adequada de precipitação pluvial para a mandioca está compreendida entre 1.000 e 1.500 mm.ano-1. Em regiões tropicais, a cultura produz em locais com totais pluviométricos anuais de até 4.000 mm.ano-1, sem estação seca em nenhum período do ano, sendo importante que os solos sejam bem drenados, pois o encharcamento promove a podridão de raízes (SOUZA; SOUZA, 2000). A mandioca é cultivada nos continentes Americano, Africano e Asiático, sendo limitada por temperaturas inferiores a 15°C, as quais inibem ou paralisam o seu desenvolvimento vegetativo. Em relação ao fotoperíodo, a mandioca é uma planta de dia curto, com maior produção de raízes entre 10 e 12 horas de luz. Dias longos resultam em maior crescimento da parte aérea e menor crescimento das raízes de reserva. Por outro lado, dias curtos aumentam o crescimento das raízes e reduzem o desenvolvimento vegetativo (FARIAS, 2006). A espécie apresenta ciclo longo (8 a 10 meses, um ciclo, para desenvolver raízes para o consumo humano e 18 meses, dois ciclos, para utilização na indústria de farinha e fécula) sendo variável pois em processos industriais procura-se maior rendimento de matéria seca. (THOMAS, 2016).

As raízes tuberosas possuem seu uso difundido em todas as regiões do Brasil, tanto para processamento (onde extraem a fécula, polvilho doce, polvilho azedo, etc.) quanto para consumo, cozida, frita ou na confecção dos mais variados pratos doces e salgados. (SOUZA et. al., 2006). A maior utilização da fécula de mandioca ocorre na indústria, especialmente na de tecidos, de papéis, de colas, de tintas, de embutidos de carne. No entanto, a fécula de mandioca é usada também na indústria petrolífera, em brocas de perfuração de poços; assim como na produção de embalagens biodegradáveis, em substituição aos derivados do petróleo. (FARIAS, 2006).

A mandioca se destaca como uma cultura altamente rentável, conforme indicado pelo custo de produção estimado em R\$8.000 reais por hectare, segundo dados da Emater de 2019.

Esse cálculo é associado a uma expectativa de produtividade de 24 toneladas, considerando a atual comercialização da mandioca a R\$1,45 reais por quilo nos Ceagesp SP. Isso resulta em um custo bruto de aproximadamente R\$34.800 reais por hectare, com um potencial custo líquido de R\$26.800 reais por hectare de mandioca plantada.

Além da questão financeira, é relevante ressaltar que a mandioca oferece diversas vantagens que podem ser atrativas para aqueles interessados em iniciar o cultivo. A facilidade na obtenção de sementes e o manejo simplificado tornam a mandioca uma escolha acessível, especialmente para agricultores iniciantes. Sua adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima amplia a área de cultivo possível. Ao considerar esses aspectos, fica evidente que a mandioca não só apresenta benefícios econômicos, mas também é uma escolha agrícola sustentável e versátil. Incorporar o cultivo de mandioca não só pode aumentar a rentabilidade, mas também contribuir positivamente para a segurança alimentar e o desenvolvimento local.

As cultivares de mandioca costumam ser classificadas como doces e amargas, de acordo com o teor de ácido cianídrico (HCN) contido em suas raízes. As mandiocas doces são também conhecidas como aipim, macaxeira ou mandioca mansa e as amargas como mandioca bravas. A partir dessa diferenciação as cultivares de mandioca são utilizadas para consumo fresco humano e animal e/ou processadas. (MATTOS; CARDOSO, 2003)

Um levantamento realizado pelo IBGE no ano de 2022 aponta o estado do Pará como o maior produtor de mandioca do país, seguido do Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul. (IBGE, 2022). Em dados divulgados pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2021), os principais países produtores de mandioca, no continente Africano, destacam-se: Nigéria, República Democrática do Congo e Tailândia. O Brasil se situa, atualmente, em 5º lugar no ranking mundial na produção de mandioca.

Para a propagação da mandioca utilizam-se as manivas – sementes, também chamadas de manivas ou estacas, que são partes da rama da mandioca com comprimento médio entre 15 e 20 centímetros. Normalmente as manivas – sementes são obtidas de mandiocas sadias e com idade entre oito e dezoito meses (CORRÊA e VIEIRA NETO, 1978). A propagação da mandioca se dá por partes vegetativas, as manivas, porém as sementes botânicas é a fonte principal para os programas de melhoramento que disponibilizam genótipos produtivos, adaptados e com resistência. Geneticamente, os genótipos de mandioca são extremamente heterogêneos, e a propagação sexual por sementes resulta em ampla e imprevisível diversidade de fenótipos (CEBALLOS et al., 2004). A heterogeneidade genética é benéfica para a adaptação da mandioca a diferentes ambientes e condições de crescimento. Isso significa que as plantas

resultantes da propagação sexual podem exibir uma variedade de características fenotípicas, como resistência a doenças, adaptação a diferentes tipos de solo e condições climáticas, entre outras.

As sementes de mandioca possuem taxa de germinação bastante desuniforme, dificultando a obtenção de clones no melhoramento da espécie (SILVA et al., 2001). Uma das razões subjacentes a esse problema reside na fisiologia das sementes, especialmente aquelas que apresentam um tegumento rígido. Segundo Baskin e Baskin (2001), o tegumento das sementes possui duas camadas que possuem células esclerificadas com parede celular secundária lignificada, cujas sementes são conhecidas como sementes duras.

Espécies que produzem sementes duras representam um sério problema para os viveiristas, pois, o tegumento impermeável restringe a entrada de água e oxigênio, oferecendo resistência física ao crescimento do embrião, o que retarda a germinação, sendo prejudicial à produção de mudas (MOUSSA et al., 1998). Este fator está incluído no contexto da dormência das sementes, um processo evolutivo que, de alguma forma, confere às plantas uma vantagem adaptativa. No entanto, este fenômeno representa um desafio significativo para viveiros e agricultores que procuram estratégias eficazes para superar esta característica e promover a germinação uniforme e saudável das sementes.

## 2.2. DORMÊNCIA

O processo germinativo geralmente ocorre sob certas condições ambientais, tais como, boa disponibilidade hídrica, boa oxigenação e temperaturas adequadas a cada espécie. Acrescentam, ainda, que sementes que germinam nestas condições são chamadas de quiescentes, todavia, algumas sementes, as chamadas dormentes, necessitam de outros fatores ambientais além destes para poderem germinar, apresentando alguma restrição interna, que não é superada apenas por condições adequadas de hidratação, temperatura e oxigenação. (BEWLEY & BLACK, 1994).

Os mecanismos de dormência podem ser endógenos, quando o bloqueio é interno ou do próprio embrião, ou exógenos, devido às características externas dos tecidos ou do ambiente. A dormência endógena pode ser fisiológica ou morfológica, e envolve o balanço hormonal entre o ácido abscísico para induzir a dormência e o ácido giberélico que induz a germinação (BASKIN & BASKIN, 2014). A dormência morfológica consiste em sementes cujo embrião não está completamente desenvolvido e, dessa forma, devem passar ainda por um processo de maturação após a desconexão da planta mãe (FERREIRA; BORGHETT, 2004). No mecanismo

exógeno, a dormência é dividida em física, causada pela impermeabilidade dos tecidos, e mecânica, no qual há uma rigidez dos tecidos que cobrem o embrião e impossibilitam o rompimento da radícula (BEWLEY, 2013).

A presença ou ausência de dormência, assim como o tipo de dormência dos grupos vegetais estão intimamente relacionadas com sua história evolutiva (SEGLIAS, et al., 2018). Assim, espécies que pertencem a uma mesma família tendem a apresentar o mesmo tipo de dormência, independentemente da sua distribuição geográfica. Entretanto, em alguns casos, é comum encontrar classes de dormência distintas dentro de um mesmo grupo, o que pode ter sido motivado por adaptação às condições ambientais. (SEGLIAS, et al., 2018).

No caso das euphorbiaceas, a dormência é devido à impermeabilidade do tegumento. Para algumas sementes, a dureza e a impermeabilidade do tegumento, representam frequentemente, problemas consideráveis, impedindo uma germinação rápida e uniforme (SANCHEZ-BAYO & KING, 1994). Diante dessa situação, as sementes de mandioca, pertencente à família Euphorbiaceae, enfrentam desafios de dormência, exigindo métodos eficazes para garantir a germinação. A dormência pode limitar o estabelecimento imediato das plantas se não forem aplicadas técnicas para quebrá-la, prejudicando o sucesso e a rapidez do desenvolvimento

Sementes com tegumento total ou parcialmente impermeável à água podem ter sua impermeabilidade superada por meio da escarificação, um termo que se refere a qualquer tratamento que resulte na ruptura ou enfraquecimento do tegumento da semente. Esse processo permite a passagem de água para o interior da semente, iniciando assim o processo de germinação. A escarificação é uma técnica importante na promoção da germinação de sementes de espécies que possuem essa barreira natural à absorção de água, facilitando o cultivo de diversas plantas (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989). O tratamento com ácido sulfúrico tem sido utilizado com sucesso na superação de sementes de *Liana abrus precatorius* L (CORTINES, 2023) *Parkia panurensis* e *Parkia velutina* (MELO et al., 2011).

A aplicação do banho ultrassônico, o qual gera vibrações no líquido dentro do tanque e, por atrito, remove resíduos acumulados na superfície do material submerso. (SOLIDSTEEL, 2022). Estudos orientam que podem provocar efeitos significativos no tegumento das sementes, Venâncio et. Al (2016)) testou sementes de Senna Multijuga que apresentaram germinações elevadas com o tratamento de banho ultrassônico. Apesar de o ultrassom ter diversas aplicações, sua utilização para quebra de dormência ainda é uma área pouco explorada na pesquisa científica.

### 2.2.1. ÁCIDO SULFÚRICO

O ácido sulfúrico, de fórmula molecular  $H_2SO_4$ , é um ácido mineral forte que em sua forma pura apresenta-se como um líquido claro, incolor e inodoro. (CAMPOS, 2011). O ácido sulfúrico tem alto poder de corrosão para grande parte dos compostos orgânicos e tecidos vivos (SANTOS, 2019). O ácido sulfúrico, devido a sua natureza corrosiva, pode romper a dormência tegumentar de semente em estudos. No entanto, é fundamental destacar que a aplicação de ácido sulfúrico requer extrema precaução devido à sua natureza corrosiva e tóxica. O manuseio seguro é essencial para evitar danos tanto às sementes quanto à saúde humana.

A utilização de ácido sulfúrico para superação de dormência normalmente resulta em aumento na percentagem e velocidade de emergência, como observado em sementes de tegumento muito duro (ALVES et al., 2010). Para Costa et al. (2010) e Segato et al. (2011), a germinação das sementes pode ser atingida com a utilização de ácido sulfúrico concentrado (98%) por 5 a 10 min, dependendo da espécie e concentração. Pinto et al. (2013) também realizaram um estudo com sementes de *S. multijuga*, utilizando diferentes tratamentos para quebra de dormência, como escarificação mecânica (lixadas na região hilar), escarificação térmica (30 minutos de imersão em água fervente) e escarificação química (ácido sulfúrico concentrado por cinco minutos). O melhor resultado foi alcançado em sementes que foram imersas em ácido sulfúrico concentrado por cinco minutos, obtendo-se uma taxa de germinação de 92% das sementes. No entanto, para a mandioca, não foram encontrados experimentos que determinassem o tempo de exposição necessário. Diante dessa lacuna de conhecimento, foi adotado o tempo de cinco minutos de exposição ao ácido sulfúrico, com base nos resultados positivos obtidos em outros contextos.

Entretanto, esse método de escarificação química tem um custo elevado e é perigoso, necessitando de pessoal treinado e instalações adequadas. Além disso, é de pouca praticidade para produção em escala comercial, mesmo para o pequeno agricultor, que normalmente produz pequena quantidade de mudas. Desse modo, torna-se imperativo que sejam avaliados e definidos métodos práticos de superação da dormência que melhorem os índices de germinação e o desempenho de mudas no viveiro, visando acelerar e uniformizar o estabelecimento inicial de plantas em condições de campo.

### 2.2.2. BANHO ULTRASSÔNICO

O banho ultrassônico é um equipamento que consiste em um tanque com água ou outro líquido de limpeza, no qual são colocados os objetos a serem limpos. Dentro do tanque, há um gerador de ultrassom que produz vibrações e uma determinada frequência que causam a formação e o colapso de bolhas microscópicas no líquido. Esse fenômeno é chamado de cavitação e é responsável por remover a sujeira dos objetos por meio de um atrito intenso. (SPLABOR, 2022)

O ultrassom é uma forma de energia mecânica, vibracional, que pode ter ação deletéria ou indutora do desenvolvimento em tecidos vivos dependendo da intensidade, do tempo de exposição, da frequência de aplicação e da distância do transdutor ao alvo (HEBLING; SILVA, 1995). Em meios aquosos, ultrassons induzem atividade cavitacional que por interação mecânica agem na superfície de materiais (YALDAGARD et al., 2008).

Na área ambiental prevê-se um futuro promissor para as aplicações do ultrassom, uma vez que a cavitação ultrassônica pode ser utilizada para quebrar a dormência de sementes, ao possibilitar a absorção de água pelas sementes, o que acarreta a germinação (VENÂNCIO et al., 2016). Esta metodologia contribui para aumentar a velocidade de germinação e o desenvolvimento de plântulas (PASSOS et al., 2013). A utilização do ultrassom traz muitos benefícios, tais como rapidez, não geração de resíduos nocivos ao meio ambiente e fácil manipulação (VENÂNCIO et al., 2015).

A pesquisa sobre o efeito do banho ultrassônico na quebra de dormência em sementes com tegumento duro representa um campo de estudo crucial e altamente relevante no contexto da agricultura e da conservação do meio ambiente. O tegumento resistente das sementes, muitas vezes, representa um desafio significativo para a germinação uniforme e saudável das plantas, limitando a produtividade agrícola. Compreender as técnicas eficazes para superar essa barreira é essencial para aumentar a produção de culturas importantes e, por consequência, para a segurança alimentar global.

Além disso, o estudo do efeito do banho ultrassônico na quebra de dormência pode abrir portas para novas descobertas científicas e tecnológicas, oferecendo estudos valiosos sobre os mecanismos biológicos envolvidos na germinação das sementes. Portanto, investir nessa área de pesquisa não apenas beneficia a agricultura, mas também contribui para o avanço do conhecimento científico, promovendo uma abordagem mais sustentável e inovadora para o cultivo de plantas em todo o mundo.

### 2.3. MELHORAMENTO GENÉTICO

O melhoramento de plantas é considerado uma das atividades mais duradouras realizadas pelo homem, que seleciona as plantas mais produtivas e úteis para si próprio e para os animais há pelo menos 10.000 anos (HALLAUER, 2011). Esse termo é conceituado por Fehr (1987) como “um processo que procura alterar geneticamente as plantas de modo a atender às necessidades humanas” e que tem por objetivo identificar e selecionar genótipos superiores para a exploração comercial.

A mandioca, por se tratar de uma espécie alógama, altamente heterozigota, apresenta ampla segregação na primeira geração após a hibridação. Uma vez identificado um híbrido superior, na primeira geração, o mesmo é fixado por meio da propagação vegetativa, o que, constitui a maior vantagem da mandioca em trabalhos de melhoramento (FARIAS, 2006).

A diversidade na cultura da mandioca é visível na cor, na forma e na textura da raiz, na forma e na cor da folha, na cor da rama e na arquitetura da planta (FUKUDA et al., 1997). Além da variação visível, existe a variação que faz com que a planta produza mais ou menos, seja mais resistente ou suscetível a doenças, adapte-se melhor a uma localidade ou a outra. As variações ambientais influenciam na produção de raízes e adaptação a locais, mas há também os cruzamentos que expressam variabilidade genética na mandioca.

O produto principal da cultura da mandioca são suas raízes comestíveis, porém a parte aérea também é utilizada. Nos programas de melhoramento da cultura da mandioca os objetivos são definidos pela cadeia produtiva, exemplo da demanda de produção, processamento e mercado e em virtude da diversidade cultural no consumo da mandioca, sendo esses mecanismos específicos para cada país ou região. Contudo, alguns objetivos são comuns a todas as regiões, como aumento da produtividade de raízes e resistência a pragas e doenças (FUKUDA, 2002).

No cenário dos programas de melhoramento da mandioca, uma série de desafios se apresenta. No entanto, como já destacado anteriormente, as sementes dessa cultura representam um obstáculo significativo para o êxito dos melhoristas. A resolução desse entrave torna-se fundamental para o progresso bem-sucedido dos programas de melhoramento de plantas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

No experimento conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Departamento de Agricultura da Escola de Ciências Agrárias (DAG/ESAL) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras, MG, foram utilizadas sementes botânicas de mandioca (*Manihot Esculenta Crantz*) provenientes de um experimento de cruzamento entre plantas realizado na própria universidade, situada a uma altitude de 919 metros e coordenadas geográficas 21°14'43"S e 44°59'59"W. As sementes foram colhidas na safra 2021/2022 e armazenadas em câmara fria para preservar sua qualidade.

Para o experimento, foram estabelecidos seis tratamentos, cada um com quatro repetições de 20 sementes, totalizando 480 sementes. Os tratamentos incluíram uma testemunha, um tratamento com ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a 98% por cinco minutos e quatro tratamentos com banho ultrassônico em diferentes períodos de exposição (3, 6, 12, 18 minutos).

**Figura 1** - Método de separação das sementes por tratamento em sacos de poá.



Do autor (2023).

O banho ultrassônico utilizado neste estudo foi da marca Ultrasonic Cleaner, modelo SB-100DTN, caracterizado por uma frequência de 40kHz e uma capacidade de 1,5 litros. Para o experimento, as sementes foram organizadas em sacos de poá de acordo com os diferentes tratamentos e imersas no banho ultrassônico contendo água destilada, mantida a uma temperatura constante de 25°C. Os quatro tratamentos foram programados para um período de 18 minutos. Um cronômetro foi utilizado para monitorar o tempo dos tratamentos adicionais. Após dois minutos, o primeiro saco de sementes foi retirado do banho ultrassônico, seguido pelo segundo saco aos 6 minutos, o terceiro aos 12 minutos e, finalmente, o último saco com 18 minutos, correspondendo ao tempo total de exposição na máquina de ultrassom.

**Figura 2** - Modelo do banho ultrassônico utilizado e as sementes de mandioca em banho ultrassônico.



Do autor (2023).

No tratamento com  $H_2SO_4$ , as sementes foram dispostas em um Becker contendo 100mL do ácido sulfúrico concentrado (98%), suficiente para cobrir completamente as sementes. Em seguida, as sementes foram agitadas suavemente com a ajuda de um bastonete de vidro. Após um período de cinco minutos, o conteúdo do Becker foi cuidadosamente transferido para uma peneira e as sementes foram lavadas com água corrente por cinco minutos, garantindo a remoção completa do ácido sulfúrico.

**Figura 3** Processo de imersão das sementes em ácido sulfúrico 98% por 5min e lavagem em água corrente.



Do autor (2023).

As sementes que passaram pelos tratamentos foram colocadas em papel germitest e umedecidas com água destilada, utilizando 2,5 vezes o peso do papel como medida. Cada tratamento produziu quatro rolos, os quais foram mantidos em uma câmara de germinação a uma temperatura de 25 °C, seguindo as orientações estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes para a espécie *Ricinus Communis* (*Euphorbiaceae*) (BRASIL, 2009). A utilização de dados da cultura da mamona (*Ricinus Comminis*) como referência é justificável considerando que ambas as plantas pertencem à mesma família botânica, *Euphorbiaceae*. Embora sejam espécies distintas, compartilham características morfológicas e fisiológicas semelhantes devido à sua proximidade taxonômica. Em situações em que dados específicos da mandioca são escassos ou indisponíveis, recorrer a informações provenientes de uma cultura relacionada, como a mamona, é uma prática comum e aceitável na pesquisa científica.

**Figura 2** - Sementes sendo semeadas em papel germitext.



Do autor (2023).

A germinação de sementes de mamona varia entre nove e 15 dias (LEUCENA et al. 2004; SEVERINO et al. 2005). A Regra de Análise de Sementes recomenda sua avaliação aos sete e aos 14 dias. Severino et al. (2005) relataram que, aos 15 dias após a implantação do experimento, houve maior número de sementes germinadas, independentemente do método utilizado na quebra da dormência.

O monitoramento do processo de germinação foi conduzido a intervalos regulares de dois dias ao longo de um período de 23 dias. Após esse período, foi preparada uma solução de tetrazólio com uma concentração de 1%. Utilizando um bisturi, realizou-se uma incisão nas sementes que não haviam germinado, expondo assim o embrião da semente e permitindo o contato com o tetrazólio. Em seguida, as sementes foram colocadas em um recipiente escuro e imersas na solução de tetrazólio por 12 horas dentro de um germinador, evitando a entrada de

luz. Após esse período, as sementes foram cuidadosamente lavadas para remover o excesso de tetrazólio, e a análise foi realizada. Sementes viáveis demonstraram coloração específica, como vermelho, rosa ou roxo, indicando atividade enzimática e, portanto, viabilidade.

**Figura 3** - Sementes após o tratamento com tetrazólio



Do autor (2023).

A análise foi conduzida empregando um delineamento inteiramente casualizado DIC. Sendo assim, foi aferida a quantidade de sementes germinadas e as plântulas foram medidas por meio da plataforma ImageJ. Os dados obtidos, com a contagem de sementes germinadas e do teste tetrazólio, foram verificados os pressupostos da análise de variância, incluindo a normalidade dos erros através dos testes de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variância por meio do teste de Bartlett. Todas as análises foram realizadas utilizando o software R Core Team (2023), versão 4.3.1.

Para as características que não seguiram uma distribuição normal dos erros e não apresentaram homogeneidade de variâncias, realizamos uma análise de variância não paramétrica usando o teste de Kruskal-Wallis. Posteriormente, essas características foram submetidas ao teste qui-quadrado, com níveis de significância de 5% e 10%.

Para aquelas características que apresentaram distribuição normal dos erros e homogeneidade de variâncias, conduzimos uma análise de variância paramétrica utilizando o teste F, com níveis de significância de 5% e 10%. Finalmente, as médias dos tratamentos foram representadas graficamente em gráficos de barras e comparadas usando o teste de Tukey, com níveis de significância de 5% e 10%.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados submetidos à análise de variância não foram significativos ( $P < 0,05$ ), sendo possível afirmar que os métodos utilizados para a superação de dormência não houve diferença significativa.

Os procedimentos realizados permitiram uma avaliação precisa da viabilidade e germinação das sementes, incluindo a determinação das porcentagens de germinação, sementes vivas, sementes mortas, comprimento da parte aérea e comprimento das raízes. A análise dos dados desempenha um papel crucial não apenas na compreensão aprofundada dos resultados, mas também na verificação do alcance dos objetivos estabelecidos no trabalho.

Na Tabela 1, apresentamos os resultados da análise de variância não paramétrica da germinação, comprimento da parte aérea (C. da parte aérea) e comprimento da raiz (C. da raiz). Cada variável é acompanhada por resultados específicos dos testes de Shapiro-Wilk, Bartlett e Kruskal-Wallis, juntamente com estatísticas resumidas, como valores mínimo (Mín), máximo (Máx) e médio (Méd).

Tabela 1. Análise de variância não paramétrica

Características	Shapiro-Wilk test	Bartlett test	Kruskal-Wallis		Mín	Máx	Méd
	p_valor		Chisq	Pr (>Chis)			
Germinação	0.00	0.00	4.41	0.49	0.00	10.00	–
C. da parte aérea	0.21	0.00	5.62	0.35	0.00	22.82	4.03
C. da raíz	0.85	0.00	6.70	0.24	0.00	9.33	9.33

C=Comprimento, Chisq =qui-quadrado.

Em geral, o teste de Bartlett revelou significância para todas as características, indicando falta de homogeneidade nos dados. Na germinação, o teste de Shapiro-Wilk indicou falta de normalidade nos dados. No entanto, ao utilizar o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, que não depende da normalidade, a ausência de diferenças significativas entre os grupos sugere que as medianas são semelhantes, indicando a inexistência de diferenças estatisticamente significativas nas medianas entre os grupos.

Quanto ao comprimento da parte aérea e da raiz, os resultados do teste de Shapiro-Wilk indicaram distribuições normais, e o teste Kruskal-Wallis não atingiu significância estatística a um nível de 5%.

Assim, com base nestas análises, não há evidências estatísticas suficientes para afirmar que existem diferenças significativas na germinação e no comprimento da parte aérea entre os tratamentos avaliados.

Na Tabela 2, foram apresentados os resultados da análise de variância paramétrica para as variáveis "Sementes Vivas" e "Sementes Mortas". Os dados demonstraram normalidade e homogeneidade, o que viabilizou a avaliação estatística das médias dessas variáveis entre os diversos tratamentos. Essa análise oferece uma compreensão mais profunda do impacto das condições experimentais.

**Tabela 2.** Análise de variância paramétrica

<b>FV</b>	<b>GI</b>	<b>Sementes vivas (p-valor)</b>	<b>Sementes mortas (p-valor)</b>
Tratamentos	5	51.88 (0.019)	109.47 (0.01)
Resíduo	18	316.44	28.22
Shapiro-Wilk test	—	0.70	0.50
Bartlett-test	—	0.76	0.78
Mínimo	—	85.00	0.00
Máximo	—	100.00	24.00
Média	—	95.62	5.83

FV= fontes de variação, GI =grau de liberdade.

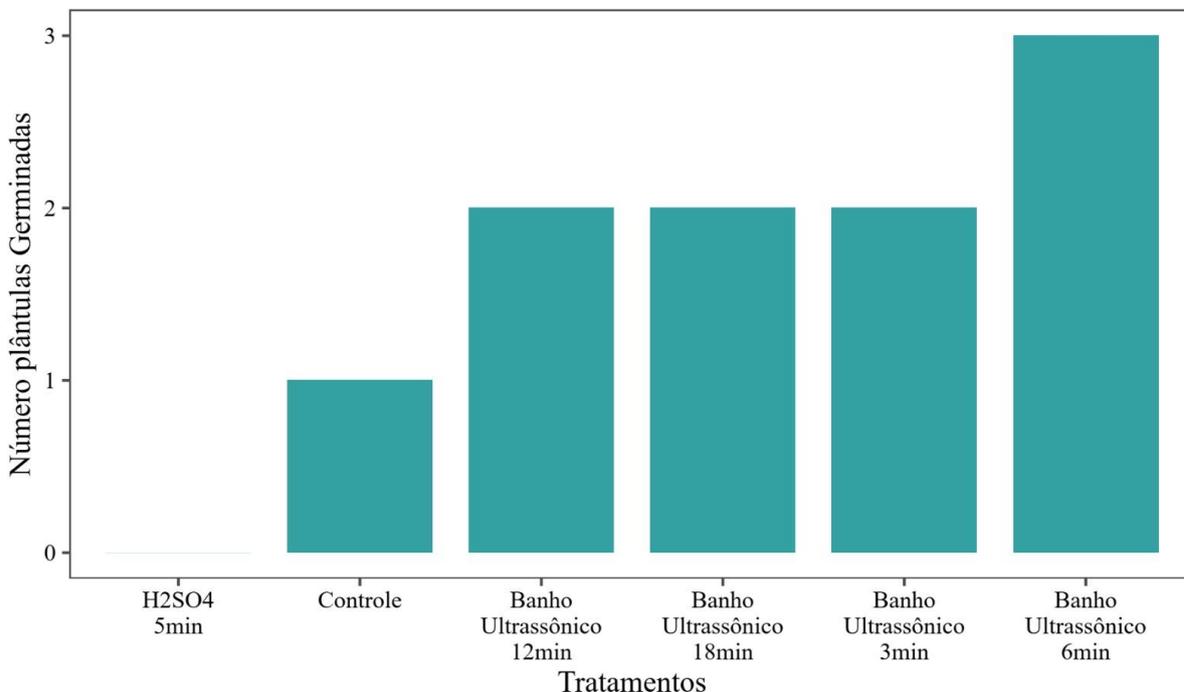
Nas análises dos tratamentos, as diferenças nas médias são avaliadas com base nos p-valores associados aos quadrados médios dos tratamentos. No caso das "Sementes Vivas" e "Sementes Mortas", o p-valor foi significativo, indicando que as médias são estatisticamente diferentes a um nível de significância de 5%. Essa discrepância será mais detalhadamente avaliada com o teste de Tukey para identificar quais tratamentos apresentaram efeitos significativos na viabilidade das sementes.

Diante das análises de variância realizadas, torna-se essencial a exposição clara dos resultados relativos aos tratamentos. A aplicação do teste Tukey permite discernir as diferenças importantes entre os tratamentos e seus diferentes parâmetros avaliados. A apresentação subsequente de gráficos de barras visa fornecer uma compreensão mais aprimorada dos resultados obtidos por meio da análise de variância (ANOVA).

Uma análise do Gráfico 1 evidencia uma discrepância visual nas taxas de germinação entre os tratamentos. No entanto, a análise de variância não identificou significância devido à predominância de dados com valores idênticos, o que resulta em uma aparente insignificância estatística na variação dos dados, dada a grande quantidade de observações com o mesmo valor. No entanto, é crucial ressaltar que o tratamento que envolveu o uso de ácido sulfúrico demonstrou ausência total de germinação. Essa observação conduziu à realização do teste

tetrazólio, buscando avaliar as sementes após serem submetidas a esse teste específico.

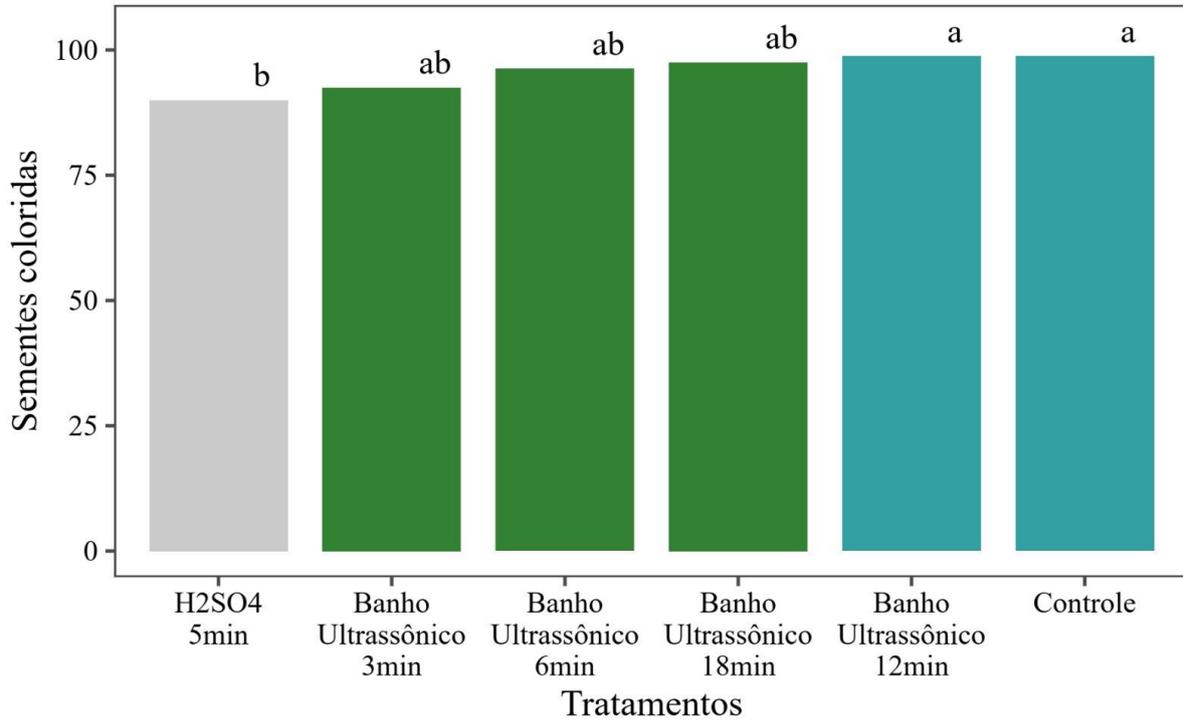
**Gráfico 1 – Porcentagem de plântulas germinadas**



Na análise dos tratamentos, identificamos diferenças significativas com base nos resultados das análises de variância. Durante a realização do experimento, notamos que houve uma quantidade maior de sementes mortas quando as sementes foram submetidas ao tratamento com ácido sulfúrico por cinco minutos, e essa observação foi confirmada estatisticamente.

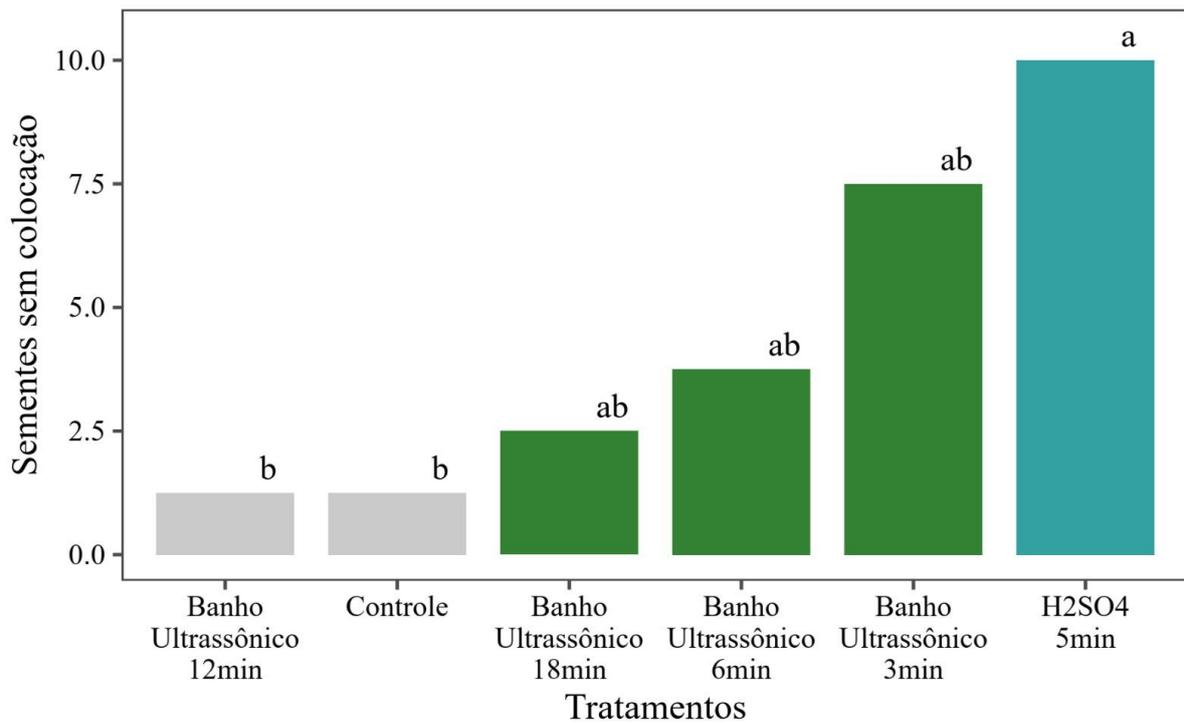
Os resultados dos Gráficos 2 e 3 indicam que a quantidade de sementes coloridas foi menor no tratamento com ácido sulfúrico, enquanto a quantidade de sementes mortas foi estatisticamente maior em comparação com os outros tratamentos, destacando diferenças entre eles. Em resumo, concluímos que o ácido sulfúrico teve um efeito prejudicial nas sementes quando comparado aos demais tratamentos.

**Gráfico 2 – Porcentagem de Sementes Coloridas**



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade

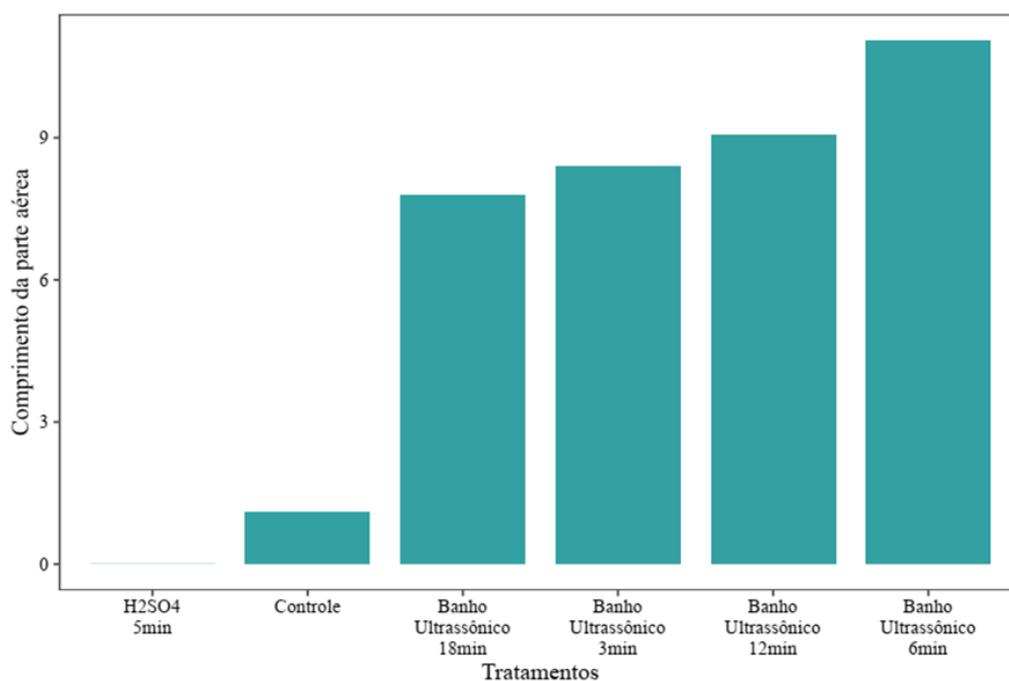
**Gráfico 3 – Porcentagem de Sementes Mortas**



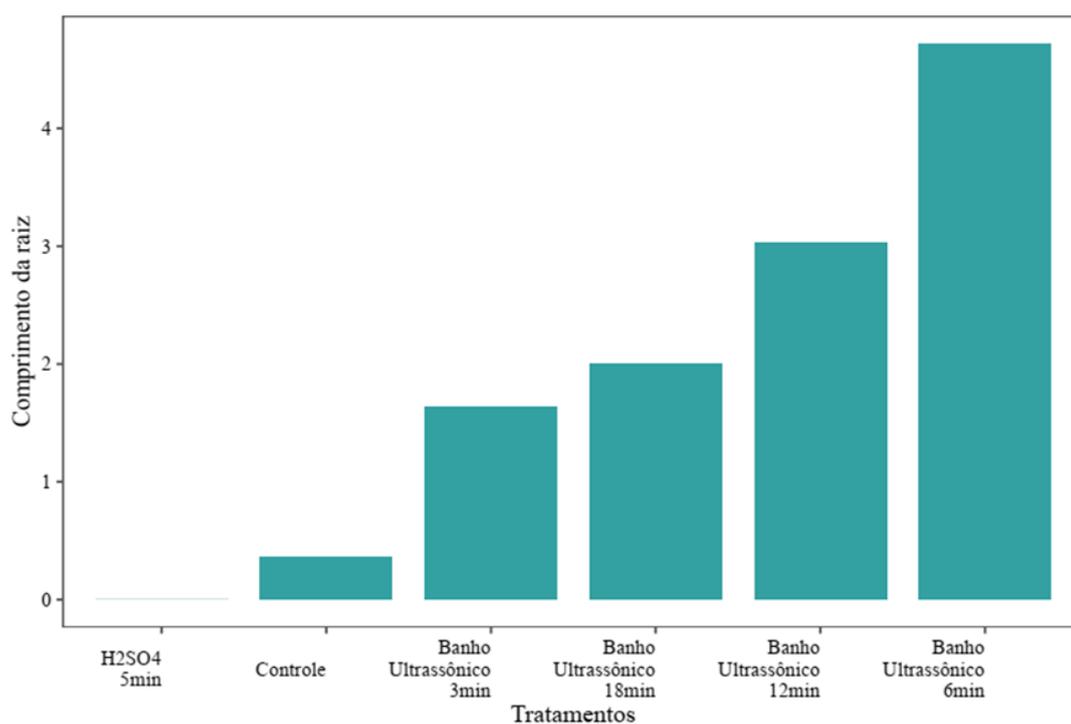
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade

Com base no comprimento da parte aérea e de raiz, gráfico 4 e 5, as análises de variância não apresentaram significância entre os tratamentos, embora tenha sido observada uma discrepância visual no gráfico 4. O teste da ANOVA não revelou resultados significativos para essa característica.

**Gráfico 4 - Comprimento de parte aérea (cm)**



**Gráfico 5 - Comprimento da raiz (cm)**



De forma geral, ao analisarmos os gráficos, podemos perceber diferenças aparentes entre as médias dos tratamentos. No entanto, do ponto de vista estatístico, não foi possível detectar essas diferenças conforme o objetivo principal do estudo, que se concentrava na quebra da dormência das sementes e, por conseguinte, na sua germinação. Essa falta de detecção pode ser atribuída à presença de resíduos elevados, decorrentes da notável dispersão dos dados devido à sua natureza específica.

Um exemplo dessa dispersão é evidenciado pela ocorrência de numerosos valores zero em um tratamento específico, enquanto outros valores, como 1 ou 2, estão presentes. Essa variabilidade extrema nos dados pode influenciar a sensibilidade estatística na identificação de diferenças significativas, ressaltando a complexidade da interpretação quando há uma distribuição desigual e variabilidade extrema nos resultados experimentais

## 5. CONCLUSÃO

- O ultrassom e o ácido sulfúrico não se mostraram eficazes na quebra da dormência em sementes de *Manihot esculenta* Crantz.
- O ácido sulfúrico no tempo de cinco minutos demonstrou ser prejudicial na viabilidade de sementes.
- Estas descobertas ressaltam a complexidade da dormência em sementes de mandioca.
- O banho ultrassônico, pelo menos nas condições deste estudo, pode não ser eficaz para superar essa dormência específica.
- Recomenda-se investigações adicionais para aprofundar a compreensão dos mecanismos subjacentes à dormência na mandioca e explorar outras abordagens que possam ser mais eficazes na quebra da dormência, considerando fatores como a duração e intensidade do tratamento, bem como variações genéticas nas sementes botânicas de mandioca.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. U.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U. **Escarificação ácida na superação da dormência de sementes de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.ex Tu. var. *leiostachya* Benth)**. Revista Caatinga (Mossoró), p. 37–47, 2010.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds : Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1996.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds : Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, p. 666, 2001.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2014.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. **A classification system for seed dormancy**. Seed Science Research, v. 14, n. 1, p. 1–16, 22 mar. 2004.
- BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: Physiology of development, germination and dormancy**. New York, NY: Springer New York, 2009. v. 13.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. Boston, MA: Springer US, 1994.
- CAMPOS, V. R. **Ácido Sulfúrico (CAS No. 7664-93-9). Métodos de Preparação Industriais de Solventes e Reagentes Químicos**. Revista Virtual de Química, v. 3, n. 3, p. 210–214, 2011.
- CARDOSO, V. J. M. **Conceito e classificação da dormência em sementes**. Oecologia Australis, v. 13, n. 04, p. 619–631, dez. 2009.
- CEBALLOS, H. et al. **Cassava breeding: opportunities and challenges**. Plant Molecular Biology, p. 1–14, 2004.
- CORRÊA, H.; VIEIRA NETO, J. C. **Aspectos agronômicos da cultura da mandioca**. In: CORRÊA, H.; CALDEIRA, A. (Ed.). Curso intensivo para capacitação de técnicos na cultura da mandioca. Lavras: ESAL, 1978. p. 314-364.
- CORTINES, Erika et al. **Superação de Dormência em Sementes da Liana *Abrus precatorius* L.** **Floresta e Ambiente**, v. 17, p. 98-103, 2023
- COSTA, P. A. et al. **Quebra de dormência em sementes de *Adenanthera pavonina* L.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 40, n. 1, p. 83–88, jan. 2010.
- ELIAS, M. et al. **Genetic diversity of traditional South American Landraces of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): an analysis using microsatellites**. Em: Economic Botany. [s.l: s.n.]. v. 58p. 242–256.
- EQUIPE ECYCLE. **Mandioca: benefícios, tipos e usos**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/mandioca/>>. Acesso em: 7 nov. 2023.
- FAO. **Production of Cassava**. Food and agriculture organization of the united nations. 2021.
- FARIAS, A.R.N; SOUZA, L.S.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. **Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca**. 1ª ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006, p.112.

- Fehr WR (1987) **Principles of cultivar development**. vol. 1, Theory and technique, Macmillian Publishing Company, New York, p. 536.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2004.
- FILHO, P. S. V. et al. **Mandioca: do plantio à colheita**. 1. ed. [s.l.] Do plantio à colheita, 2022.
- FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S. O.; IGLESIAS, I. **Cassava breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, p. 617-638, 2002.
- FUKUDA, W. M. G. DE; SILVA, S. DE O.; PORTO, M. C. M. **Caracterização e avaliação de germoplasma de mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA - CNPMF, 1997.
- FUKUDA, W. M. G.; OLIVEIRA, R. P.; FIALHO, J. F.; CAVALCANTE, J.; CARDOSO, M. R.; BARRETO, F.; COSTA, E. R. S. **Germoplasma de mandioca (Manihot esculenta Crantz) no Brasil**. Revista Brasileira de Mandioca, v.18, p.7-12, 2005.
- GORDON, A. G. **The use of ultrasound in agriculture**. Ultrasonics, v. 1, n. 2, p. 70–77, 1963.
- HALLAUER, A. R. **Evolution of plant breeding**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 11, n. 3, p. 197–206, 2011.
- HEBLING, S. A.; SILVA, W. R. DA. **Efeitos do ultra-som de baixa intensidade na germinação de sementes de milho (Zea mays L.) sob diferentes condições de disponibilidade hídrica**. Scientia Agricola, v. 52, n. 3, dez. 1995.
- HERMANSEN, L.A.; DUVEA, M.L.; WHITE, T.L. Variability in seed coat dormancy in *Dimorphandra mollis*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, n. 3, p. 567-580, 2000.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Mandioca**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mandioca/br>>. Acesso em: 7 nov. 2023.
- LUCENA, A.M.A.; SEVERINO, L.S.; COSTA, F.X.; GUIMARÃES, M.B.; BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D. **Germinação de sementes de mamona tratadas com giberelina (GA3)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA – Energia e Sustentabilidade, 1., 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. p.84-87.
- MARINHO, G. **Raiz que tudo dá: a importância alimentar, econômica e cultural da mandioca - MST**. Disponível em: <<https://mst.org.br/2023/04/22/raiz-que-tudo-da-a-importancia-alimentar-economica-e-cultural-da-mandioca/>>. Acesso em: 7 nov. 2023.
- MATTOS, P. L. P.; CARDOSO, E. M. R. **Cultivo de mandioca para o estado do Pará**. Embrapa mandioca e fruticultura, jan 2003.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The Germination of Seeds**. Oxford, Pergamon Press, 1989.
- MELO, M. G. G.; MENDONÇA, M. S.; NAZÁRIO, P.; MENDES, A. M. S. **Superação de dormência em sementes de três espécies de *Parkia* spp.** Revista Brasileira de Sementes, v. 33, n. 3, p. 533-542, 2011.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E A. (MAPA). **Regras para Análise de Sementes**. 1ª ed. Brasília - DF: [s.n.].
- MORETO, A. L.; MIRANDA, M. ; Neubert, E. O. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de mandioca avaliados no Oeste de Santa Catarina**. Agropecuária Catarinense, v. 29, p. 60-65, 2016.

MOUSSA, H. et al. **Factors affecting the germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) seeds from the semi-arid zone of Niger, West Africa.** *Forest Ecology and Management*, v. 104, n. 1–3, p. 27–41, maio 1998.

PASSOS, A. M. A. et al. **Efeito de banho de ultrassom de baixa frequência sobre a germinação e vigor de sementes de gliricídia (*Gliricidia sepium*).** In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 18, 2013. Paraná. Anais do Congresso Brasileiro de Sementes. Paraná: Congresso Brasileiro de Sementes, 2013.*

PINTO, T. T. **Morfoanatomia e fisiologia de sementes com dormência física de *Colubrina glandulosa* Perkins (*Rhamnaceae*) e *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin & Barneby (*Caesalpinioideae - Fabaceae*).** Santa Catarina: [s.n.].

R Core Team (2023). **\_R: A Language and Environment for Statistical Computing\_.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

SÁNCHEZ-BAYO, F.; KING, G. W. **Imbibition and germination of seeds of three *Acacia* species from Ethiopia.** *South African Journal of Plant and Soil*, v. 11, n. 1, p. 20–25, 15 jan. 1994.

SANTOS, Angélica Gontijo. **Simulação e avaliação econômica da produção de ácido sulfúrico via processo de contato.** Monografia (Engenharia Química). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 2019.

SEGATO, S. V., Pelazza, B. B. & Romanato, F. N. **Quebra de dormência em semente de *Adenantha pavonina* L. *Nucleus*.** 2011; 8: 305-3014.

SEGLIAS, A. E. et al. **Phylogeny and source climate impact seed dormancy and germination of restoration-relevant forb species.** *PLOS ONE*, v. 13, n. 2, p. e0191931, 5 fev. 2018.

SEVERINO, Liv Soares et al. **Emergência da plântula e germinação de semente de mamona plantada em diferentes posições.** *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 5, n. 1, p. 0, 2005.

SILVA, R. M. DA et al. **Biologia reprodutiva de etnovarietades de mandioca.** *Scientia Agricola*, v. 58, n. 1, p. 101–107, mar. 2001.

SOARES, P. et al. **do plantio à colheita.** *Oficina do texto*, v. 1, p 17 – 48, 2022.

SOLLDESTELL. **Banho ultrassônico: conheça melhor.** *Blogsolidsteel*, 2022.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. **Clima e solo.** In: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. **O cultivo da mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2000. p.11-13. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica, 37).

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; GOMES, J. C. **Exigências edáficas da cultura da mandioca.** In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Eds) **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca.** Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura tropical, p. 170-214. 2006.

THOMAS, A. L. **Desenvolvimento da planta de mandioca.** Departamento de plantas de lavoura: UFRGS. Porto Alegre RS 2016.

SPLABOR. **Dicas para a compra Banho de Ultrassom ideal.** Disponível em: <<https://www.splabor.com.br/blog/guia-do-comprador/banho-de-ultrassom-funcao-e-aplicacao/>>. Acesso em: 7 nov. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses.** 3. ed. rev., atual. E ampl. Lavras, 2020.

VENÂNCIO, R. S. S.; TONELLO, P. S.; MARTINS, A. C. G. **Environmental technology: applications of ultrasound**. International Journal of Engineering and Applied Sciences, v. 7, n. 2, p. 1-5, 2015.

VENÂNCIO, R. S. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; MARTINS, A. O. **Técnicas alternativas de quebra de dormência: uso do ultrassom de baixa frequência em sementes de pau-cigarra (Senna multijuga (Rich.) H. S. Irwin & Barneby)**. Perspectivas em Ciências Tecnológicas, v. 5, n. 5, p. 28-42, 2016.

YALDAGARD, M.; MORTAZAVI, S. A.; TABATABAIE, F. **Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barley seed: optimization of method by the taguchi approach**. Journal of the Institute of Brewing, v. 114, n. 1, p. 14-21, 2008.

YOUNESIAN, A.; GHOLIPOOR, M. **Optimization of red bean seeds ultrasonication for increasing germination and seedling growth, using artificial neural network**. Applied Ecology and Environmental Research, v. 15, n. 4, p. 1199-1209, 2017.