



**DETERMINAÇÃO DE MÉTODO DE QUALIDADE COMO PARÂMETRO DE  
SELEÇÃO DE MATRIZES DE ARNICA (*Lychnophora pinaster* Mart ) COMO  
REFERÊNCIAS AO MELHORAMENTO GENÉTICO**

**THAIS ANTÔNIA MARTINS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA-UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

THAIS ANTÔNIA MARTINS

DETERMINAÇÃO DE MÉTODO DE QUALIDADE COMO PARÂMETRO DE  
SELEÇÃO DE MATRIZES DE ARNICA (*Lychnophora pinaster* Mart ) COMO  
REFERÊNCIAS AO MELHORAMENTO GENÉTICO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ORIENTADOR: Dr. ILDEU SOARES MARTINS

PUBLICAÇÃO: PPGCFL.DM -----/2021

BRASÍLIA – DF JULHO DE 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**“DETERMINAÇÃO DE MÉTODO DE QUALIDADE COMO PARÂMETRO DE  
SELEÇÃO DE MATRIZES DE ARNICA (*Lychnophora pinaster* Mart ) COMO  
REFERÊNCIAS AO MELHORAMENTO GENÉTICO”**

**THAIS ANTÔNIA MARTINS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

APROVADA POR:

---

Prof. Dr. Ildeu Soares Martins, Departamento de Engenharia Florestal – UnB  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo, Departamento de Engenharia Florestal – UnB  
(Examinador Interno)

---

Prof. Dr. Rodrigo Studart Corrêa, (Universidade de Brasília – Faculdade de Planaltina)

---

Prof. Dra. Rosana de Carvalho Cristo Martins (Departamento de Engenharia Florestal – UnB) (Suplente Interno)

---

Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar (Departamento de Engenharia Florestal – UnB) (Suplente Externo)

**BRASÍLIA-DF, 27 DE julho de 2021**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

MARTINS, T. A. (2021). Determinação de método de qualidade como parâmetro de seleção de matrizes de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart ) como referências ao melhoramento genético. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, publicação PPGCFL.DM----/2021. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 37p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTORA: Thais Antônia Martins

TÍTULO: DETERMINAÇÃO DE MÉTODO DE QUALIDADE COMO PARÂMETRO DE SELEÇÃO DE MATRIZES DE ARNICA (*Lychnophora pinaster* Mart) COMO REFERÊNCIAS AO MELHORAMENTO GENÉTICO.

GRAU: Mestrado ANO: 2021

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

---

Thais Antônia Martins  
Martinslg51@gmail.com

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por sempre ter me dado forças para seguir em frente mesmo quando eu achei que estava derrotada.

A minha família pelo apoio e amor incondicional a mim depositado, a minha querida mãe Marlene Antônia que sempre foi acima de tudo amiga e companheira, meu pai Manoel Alves pela força e amor além da confiança.

Agradeço a todos companheiros e amigos de trabalho que me apoiaram nesta jornada e vida corrida, mas principalmente agradeço à minha gestora Cynthia Maria Vieira, por ser meu exemplo meu apoio pessoal e profissional uma mãe para que não mediu esforços para que eu me tornasse um profissional melhor. Seus ensinamentos me transformam a cada dia, obrigado por acreditar em mim.

Ao Laboratório da LIMAGRAIN quero agradecer a toda minha equipe maravilhosa que colaboraram comigo no desenvolvimento do meu trabalho.

Ao meu orientador Ildeu Soares Martins pela dedicação e empenho. A minha querida professora Rosana que não mediu esforços e dedicação em me apoiar nesta jornada, obrigada por todos os ensinamentos e paciência para comigo.

A todos que, de forma direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, meu muito obrigada.

## RESUMO

*Lychnophora pinaster* Mart. é uma espécie da família Asteraceae, endêmica da fitofisionomia campo rupestre do bioma Cerrado, possui hábito subarbuscivo ou arbustivo, no formato candelabroiforme, com grande potencial econômico e cultural; porém, ameaçada de extinção. Objetivou-se no presente trabalho verificar a qualidade fisiológica das sementes de arnica, através de testes de germinação e de envelhecimento acelerado (por 24 e 48 horas), identificando-se o melhor método para a escolha das matrizes para possíveis programas de melhoramento dessa espécie. Foram coletadas sementes de 10 matrizes e aplicados três tratamentos (métodos): teste de germinação com pré-condicionamento, envelhecimento acelerado a 41°C por 24 e 48 horas. O experimento empregou o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) com esquema fatorial 10 (Matrizes) x 3 (Métodos), com 4 repetições. Observou-se existência de variabilidade genotípica entre as matrizes para a germinação, apesar do baixo número de matrizes, fornecendo, portanto, subsídios para a seleção. Os testes demonstram através dos valores de herdabilidades foram altos, assim a característica germinação apresentou um alto controle genético, sendo um teste que se pode ajudar no processo de seleção das matrizes. O melhor método que se mostrou como um grande parâmetro para colaborar com o processo de seleção é a germinação com pré condicionamento, seguida por envelhecimento acelerado com 48 horas de exposição. Os resultados demonstraram que os valores de herdabilidades foram muito altos; assim, conclui-se que a característica germinação apresentou um alto controle genético e importante para a seleção de fenótipos. O resultado da herdabilidade sugere que se replique este trabalho, com um número maior de matrizes (genótipos), com a finalidade de seleção de famílias (matrizes).

**Palavras-chave:** Melhoramento genético, germinação de sementes, seleção fenotípica.

## ABSTRACT

*Lychnophora pinaster* Mart. is a species of the Asteraceae family, endemic to the campo rupestre phytophysiognomy of the Cerrado biome, has a sub-shrubby or shrubby habit, in the candelabric shape, with great economic and cultural potential; however, threatened with extinction. The objective of this work was to verify the physiological quality of arnica seeds, through germination and accelerated aging tests (for 24 and 48 hours), identifying the best method for choosing matrices for possible breeding programs for this species. . Seeds from 10 matrices were collected and three treatments were applied (methods): germination test with pre-conditioning, accelerated aging at 41°C for 24 and 48 hours. The experiment used the DIC (Fully Randomized Design) with a factorial scheme 10 (Matrices) x 3 (Methods), with 4 repetitions. It was observed the existence of genotypic variability among breeders for rumination, despite the low number of breeders, thus providing subsidies for selection. The tests show through the heritability values were high, so the germination characteristic presented a high genetic control, being a test that can help in the selection process of the matrices. The best method that proved to be a great parameter to collaborate with the selection process is germination with preconditioning, followed by accelerated aging with 48 hours of exposure. The results showed that heritability values were very high; thus, it is concluded that the characteristic germination presented a high genetic control and is important for the selection of phenotypes. The result of heritability suggests that this work be replicated, with a larger number of matrices (genotypes), with the purpose of selecting families (matrices).

**Keywords:** genetics, breeders, potential

**SUMÁRIO**

<b>RESUMO.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Coleta das matrizes .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Local da experimentação .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Determinação do grau de umidade .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Determinação do Peso de Mil Sementes .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Determinação do tamanho das sementes .....</b>	<b>20</b>
<b>3.6 Teste de germinação com pré - condicionamento .....</b>	<b>21</b>
<b>3.7 Teste de Envelhecimento acelerado 24 horas .....</b>	<b>21</b>
<b>3.8 Teste de Envelhecimento acelerado 48 horas .....</b>	<b>22</b>
<b>3.9 Determinação de IVG .....</b>	<b>23</b>
<b>3.10 Análises estatísticas.....</b>	<b>23</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>32</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>33</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Estufa de secagem empregada na determinação da umidade das sementes de arnica.....	19
<b>Figura 2:</b> Sementes de arnica acondicionadas em recipientes de alumínio para a determinação de umidade em estufa a 105°C.....	19
<b>Figura 3:</b> Balança usada para pesagem das repetições de sementes de arnica na determinação do peso de mil sementes e peso da secagem .....	20
<b>Figura 4:</b> Repetições de sementes das matrizes de arnica separadas para acondicionamentos em testes.....	20
<b>Figura 5:</b> Semente de Arnica, com visão maior em zoom de câmara de celular.....	20
<b>Figura 6 :</b> Paquímetro digital empregado na determinação do tamanho das sementes de arnica.....	20

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Esquema da análise de variâncias para os efeitos de matrizes, métodos e interação matrizes x métodos (análise conjunta) na germinação, com dados transformados. ....	24
<b>Quadro 2:</b> Análise de variância para o efeito de métodos sobre a germinação, realizado para cada matriz .....	24
<b>Quadro 3:</b> Análise de variância para o efeito de matrizes sobre a germinação, efetuado para cada método.....	24
<b>Quadro 4:</b> Esquema da análise de variância para os efeitos de matrizes e métodos sobre o IVG, o tamanho e a umidade das sementes. ....	25
<b>Quadro 5:</b> Análise de variância, com as esperanças $E(QM)$ dos quadrados médios, para o efeito de matrizes sobre o IVG, o tamanho e a umidade.....	25
<b>Quadro 6:</b> Análise de variância para os efeitos de matriz, métodos e interação matriz x métodos na germinação original (GER) e germinação transformada (GERT).....	26
<b>Quadro 7:</b> Resultados do teste de Tukey, ao nível de 1%, para as médias de métodos em cada uma das matrizes .....	28
<b>Quadro 8:</b> Análise de variância, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, para o efeito de matrizes sobre a germinação das sementes de para os métodos 1, 2 e 3. ....	30
<b>Quadro 9:</b> Análise de variância para o efeito de matriz e métodos sobre o IVG, o tamanho e a umidade das sementes. ....	31
<b>Quadro 10:</b> Análise de variância, com as esperanças $E(QM)$ dos quadrados médios, para o efeito de matrizes sobre o IVG e a umidade.....	31

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

RAS: Regras para Análise de Sementes

PMS: Peso de Mil Sementes

EA: Envelhecimento Acelerado

TPG: Teste Padrão de Germinação

IVG: Índice de Velocidade de Emergência

MAPA: Ministério da Agricultura pecuária e Abastecimento

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos países mais ricos em espécies vegetais (FORZZA et al., 2012). A arnica (*Lychnophora pinaster* Mart) é uma espécie da família Asteraceae, uma planta de uso medicinal, que ocorre de forma endêmica encontrada nos cerrados brasileiros, possuindo folhas e flores aromáticas, onde contém suas propriedades farmacêuticas (DE MELO et al., 2009). Essa família de plantas é considerada uma das mais diversas em Campos Rupestres, composta por 993 táxons, sendo 208 deles endêmicos (BFG, 2015).

Os campos rupestres são pastagens ou pradarias intercaladas com pastagens associados a solos de características rochosas (SILVEIRA et al. 2015; MUCINA, 2017). É considerada uma vegetação zonal, limitada pelos tipos de solos: quartzito, arenito ou *ironstone* (SILVEIRA et al., 2015). A flora especializada de campos rupestres é rica em espécies com características ecológicas e distribuição geográfica, e é comum encontrar espécies endêmicas de certas cadeias de montanhas; tornando, assim, esse tipo de vegetação digno de conservação de alta prioridade (GIULIETTI; PIRANI, 1988; SEMIR, 1991).

Essa vegetação encontra-se ameaçada de extinção devido a atividades antrópicas (POUGY; VERDI et al. 2015). Essa redução da população propicia o aumento da endogamia, causando efeitos nocivos à sobrevivência e vigor da espécie (ELDRIDGE; GRIFFIN, 1983).

De acordo com Lopes et al. (2007), as espécies com situações de endemia correm mais risco da perda da variabilidade genética, principalmente quando expostas a essas atividades extrativistas, pois, além de difícil, é necessário a conservação das áreas de ocorrência dela.

A descoberta de vários princípios ativos como triterpenos, princípio amargos, flavonóides, taninos, resinas, cumarinas, ceras, carotenóides, inulina, arnicina, alcalóide, fitosterina, ácidos orgânicos, poliacetilenos e helenalina tem sido um dos principais motivos para o aumento do extrativismo, principalmente de espécies com grande potencial como a arnica, acelerando o processo de perda de algumas espécies que caminham para o processo de extinção. A frequente e intensa coleta de ramos e de indivíduos pelas populações locais pode causar a redução das populações de espécies como a arnica (DE MELO, 2006).

A maioria das espécies medicinais do Cerrado ainda não tem estudos aprofundados a nível de campo. Muitas ainda não foram sequer estudadas, e o rápido processo de extrativismo pode acarretar perda de espécies de alto valor, que não tiveram tempo para realização de estudos sobre a sua conservação (LOPES et al., 2007). O cultivo de espécies como a *Plantago major* (transagem) e *Lychnophora pinaster* Mart (arnica-do-campo) requerem estudos sobre sua propagação e manejo, pois a falta de informações sobre o cultivo dessas espécies dificulta o estabelecimento de um mercado ou cadeia produtiva (MATSUDA et al., 2016).

Para que seja possível estabelecer estratégias para a conservação destas espécies é fundamental entender a ecologia populacional e os processos reprodutivos que estão ligados à sua perpetuação (ALVEZ & KOLBEK 1994). Apesar dos grandes avanços na multiplicação da arnica, os levantamentos da sua produção sexuada são válidos para garantir a variabilidade da espécie, visando uma possível domesticação (MELO et al., 2014).

Várias técnicas vem sendo estudadas para propagação assexuada de arnica, como, por exemplo, a cultura de tecidos; porém, é a propagação sexuada o meio natural para que se possa fazer um melhoramento viável, com todas as possibilidades de variabilidade que a espécie pode apresentar (SOUZA et al., 2004). O melhoramento vegetal e a pesquisa dos recursos genéticos tornaram-se atividades importantes no sistema de inovação do setor agropecuário, contribuindo significativamente em termos qualitativos e quantitativos para o desenvolvimento da agricultura no país, conforme ressalta Fávero et al. (2005). Tais atividades vêm contribuindo para os avanços na manutenção de espécies ameaçadas de extinção, como, por exemplo, a Arnica (*Lychnophora pinaster* Mart).

A qualidade fisiológica da semente está ligada a vários fatores, os quais podem ser favoráveis para sua manutenção ou deterioração. A germinação e o vigor são considerados duas propriedades que podem afetar o rendimento da cultura de forma direta ou indireta no campo (SEMIR, 1991).

A forma indireta está ligada aos processos de semeadura e a emergência até o estabelecimento do *stand* final, influenciando no rendimento por afetar o número da população; já os efeitos diretos está relacionado ao acúmulo de matéria seca, pois plantas de alta capacidade podem reter maior volume em função do nível de vigor, ressalta Bagateli (2015). Dentre os fatores em meio a todo processo de produção, a

qualidade fisiológica das sementes e as características morfológicas são parâmetros que podem ser utilizados para a seleção inicial de matrizes destinadas ao processo de melhoramento (QUINEBRE, 2015).

Desta forma o objetivo geral deste estudo foi avaliar a qualidade fisiológica e desempenho genético através das sementes de *Lychnophora pinaster* Mart. (arnica) provenientes de diversas matrizes, empregando-se os testes de qualidade fisiológica como subsídios para seleção de matrizes para programas de melhoramento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente referencial teórico está de forma estruturada, dividido em três tópicos, contemplando e abrangendo as seguintes informações: a descrição e botânica da espécie Arnica (*Lychnophora pinaster* Mart) e seus benefícios medicinais; propagação e qualidade de sementes Arnica (*Lychnophora pinaster* Mart).

### **Descrição Botânica da Arnica (*Lychnophora pinaster* Mart) e seus benefícios medicinais**

A arnica (*Lychnophora pinaster* Mart) é uma herbácea perene da família Asteraceae, uma planta de categoria endêmica com hábito de crescimento em ambientes formados por blocos de rochas ou altos de pequenos de campos rupestres, popularmente conhecida como arnica e arnica-mineira, e corre grande risco de extinção (CNCflora, 2012). Essa espécie contém receptáculo de forma cilíndrica, com várias brácteas e capítulos que apresentam flores hermafroditas, possui corola tubulosa e pappus paleáceo bisseriado que tem como função a disseminação das sementes (ALVES et al., 2011).

Os arbustos apresentam folha e flores aromáticas, uma das características que aumenta seu potencial para o uso na medicina farmacêutica e artesanal, sua reprodução dá-se por meio sexuado, cuja a floração ocorre entre agosto e outubro e a dispersão dos frutos entre os meses de dezembro a fevereiro (SILVA, 1994). Essa espécie possui subarbusto ereto com vários ramos a pequenos arbustos ericóides e raramente arbustos mais altos candelabriformes com 0,4 a 2,4 m, alguns raramente chegando a 3,6 m, possui ramos alternos, geralmente de coloração cinérea a nigriscente abaixo e canescente acima. Suas folhas muito imbricadas e ascendentes na parte superior dos ramos e mais patentes até pouco reflexas abaixo (COYLE; JONES, 1981).

A inflorescência é um glomérulo de capítulos terminal com 20 a 30 flores; capítulos involucreado, homogamo com escariosas. Suas flores possuem cerca de 1,0 cm de comprimento, actinomorfas; cálice transformado em pappus; corola violácea; infundibuliforme, pentafida, 5 estames, sinânteros; filetes curtos, filiformes, inseridos na corola, anteras sagitadas, ovário ínfero e unilocular, com um só óvulo basal; 1 estilete; filiforme, estigma biófito com ramos pilosos, agudos (MAIA-ALMEIDA et al., 2008).

A arnica é uma espécie medicinal popular de maior ocorrência no Estado de Minas Gerais, citada principalmente pelos seus importantes efeitos anti-inflamatórios, analgésicos, antiflogísticos e antirreumáticos (MARQUES, 2020). Essa espécie pode ser encontrada no bioma Cerrado em forma de subarbusto ou arbusto no formato candelabroformado, sendo endêmica às fitofisionomias dos campos rupestres, apresentando grande potencial econômico e cultural nessas áreas (MELO, 2005).

A arnica habita principalmente regiões montanhosas com afloramentos rochosos de quartzito ou arenito em campos rupestres, com altitudes de 800 a 2000 metros e com solos de pH ácidos (DA COSTA et al., 2008; MELO et al., 2014).

### **Propagação**

O processo de germinação é o crescimento de uma plântula até determinada etapa onde suas características e estruturas indicam a sua capacidade normal de ser uma planta a nível de campo quando submetida a condições favoráveis (BAGATELI, 2015). Segundo Labouriau (1983), entender sobre o comportamento germinativo das sementes é de fundamental importância para sua utilização e proteção contra extinção de espécies.

A propagação assexuada é um tipo de multiplicação muito importante quando se trata de espécie que, em sua maioria, as cultivares apresentam uma constituição genética altamente heterozigótica, o que mantém as próximas gerações sem alteração genética; porém, a reprodução sexuada é a melhor forma de manter a variabilidade genética das espécies, de acordo com Marcos Filho (2015).

A espécie *L. pinaster* apresenta uma alta produção de sementes e tem dispersão por barocoria, contribuindo para que a chuva de sementes seja próxima aos progenitores (CAMPOS, 2014). A propagação por semente é a maneira mais usual nos cultivos agrícolas, além de ser o método mais importante de propagação. A reprodução sexuada

é a forma mais rápida e econômica quando comparada com a propagação vegetativa (MAIA-ALMEIDA et al., 2008; MARCOS FILHO, 2015).

O estudo dos aspectos da fenologia e reprodução sexuada da arnica, através da qualidade fisiológica, por meio de testes de germinação, pode ser considerada uma forma rápida e importante para obtenção de informações técnicas e científicas que ajudem a entender o comportamento em seu habitat natural, bem como seus aspectos reprodutivos (MELO, 2005). Embora os grandes avanços no processo de multiplicação de arnica, o aperfeiçoamento dos estudos da propagação sexuada é de suma importância para a estratégia de domesticação da espécie (MELO, 2005).

### **Qualidade de Sementes de Arnica (*Lychnophora pinaster* Mart)**

A produção de sementes de alta qualidade tem sido um desafio para o processo de produção agrícola. Os grandes processo de produção visam a produção de sementes com elevados padrão de qualidade física, fisiológica, genética e sanitária; garantido, assim, que todas as características principais dos cultivares sejam repassados para os agricultores finais (SPINOLA; CÍCERO; MELO, 2000).

Segundo Carvalho & Nakagawa (2000), em algumas espécies, se ocorrer atraso na colheita, poderá resultar em perdas quantitativas e qualitativas em função da degrana das sementes maduras e, se antecipada, pode ter sua realização dificultada pela presença de grande quantidade de imaturas. Esse problema acentua-se principalmente nas plantas medicinais, como por exemplo a arnica (*Lychnophora pinaster* Mart), por serem espécies de pouca domesticação, nas quais ocorre desuniformidade de florescimento e de maturação, com isso somada à degrana e à deiscência, formam mecanismos de dispersão das sementes e conseqüente ocorre a perpetuação das espécies. Tendo em vista este contexto, a antecipação da colheita torna-se relevante para preservar uma boa qualidade fisiológica da semente, evitando uma rápida deterioração das sementes no campo e, em seguida, no armazenamento. A deterioração de sementes é um processo degenerativo contínuo, que se inicia no estágio após maturidade fisiológica e continua até a perda da viabilidade e a morte da semente. Dependendo das condições ambientais e de manejo, pode haver, a seguir, a redução da qualidade fisiológica das sementes, pela intensificação do fenômeno da deterioração (MARCOS FILHO, 2005).

A diversidade das condições climáticas vem afetando o processo de produção, sendo necessário o desenvolvimento de técnicas e manejos especiais para que se

obtenham sementes de alta qualidade (HENNING et al., 2018). Quando se obtêm sementes de alto vigor, as mesmas têm um grande potencial de resistir as condições adversas durante seu processo de germinação no solo, diferente das menos vigorosas.

Uma das melhores formas de se obter sementes de qualidade está relacionado ao manejo do processo produtivo, principalmente na fase de colheita (ROCHA; RIBEIRO; DA SILVA, 2017). Por isso o controle de qualidade é essencial para garantir a qualidade das sementes dos diversos sistemas produtivos, pois os efeitos dos fatores que prejudicam a qualidade dependem diretamente das metodologias usadas para avaliação e medição da mesma (MARCOS FILHO; CICERO; SILVA, 1987). As modificações na qualidade das sementes trazem consequências na sua viabilidade e estabelecimento de *stands*; sendo assim, o teste de germinação possui grande influência para determinar o potencial de desempenho dessas plântulas em nível de campo, contribuindo para os aspectos inerentes ao desempenho da emergência da plântula, crescimento e sua produtividade final (SPINOLA; CÍCERO; MELO, 2000).

A manutenção da qualidade após os processos de colheita e beneficiamento está ligado ao vigor que a semente irá expressar; para isso os testes de vigor e sanidade são usados para determinar a vida útil destas sementes e a importância do seu armazenamento em boas condições (BERTOLIN et al., 2008; HENNING et al., 2018; MARCOS FILHO; CICERO; SILVA, 1987; SPINOLA; CÍCERO; MELO, 2000). Então, de acordo com o cenário, se faz necessário o conhecimento da qualidade fisiológica e sanitária para obtenção de sementes de alta qualidade para se trabalhar nos diversos sistemas de produção, bem como de recuperação de áreas degradadas.

A qualidade de sementes é um dos fatores fundamentais para o sucesso de uma lavoura e para a produção de grãos com maiores índices de produtividade e uniformidade do *stand*, aumentando as chances de sucesso para uma produção adequada de qualquer cultura. Segundo Marcos Filho (2005), a deterioração de sementes é um processo degenerativo contínuo, que se inicia no estágio pós maturidade fisiológica e continua até a perda da viabilidade e a morte da semente.

Aquisição de sementes de alta qualidade é de suma importância, dessa forma uma pesquisa nessa área se torna relevante para conhecer os efeitos da qualidade das sementes de arnica afim de selecionar matrizes baseados nos parâmetros fisiológicos para início de seleção para programas de melhoramento.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Coleta das matrizes**

As matrizes foram coletadas no entorno de Brasília – DF na região Norte, no bioma cerrado em campos rupestres desta região, as matrizes são de uma mesma população e foram coletadas no mês de novembro de 2019, todas de plantas adultas em processo de produção. Os capítulos foram coletados e acondicionados em sacos plásticos. Foi realizado a coleta de sementes de 10 matrizes, os capítulos colhidos apresentavam os papus internos juntamente aos aquênios, os papus são estruturas de dispersão, usados como forma de dispersão dos frutos.

Após a coleta dos capítulos, foi realizado a separação dos aquênios de todas as matrizes, realizando beneficiamento manual e separando as sementes para as determinações dos testes de qualidade física e fisiológica. Em todas as matrizes durante o processo de beneficiamento manual foi retirado os papus, deixando somente a semente nua. Não foi realizado seleção dentro de cada matriz separando sementes boas, foi usando toda a massa coletada e homogeneizada, para realização dos testes.

#### **3.2 Local da experimentação**

O trabalho foi desenvolvido em dois locais: o beneficiamento e a separação para determinação do peso da matéria seca (PMS) foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília; e a condução e avaliação da experimentação foi realizada no Laboratório de Sementes da Limagrain Brasil S.A localizada no município de Goianésia-GO.

#### **3.3 Determinação do grau de umidade**

O grau de umidade tem origem na composição por substâncias sólidas mais uma certa quantidade de água, retida no sistema, sob várias formas. Para operações de secagem, beneficiamento e armazenamento considera-se que a semente é formada apenas por biomassa seca e água. O grau de umidade é um fator muito importante pois exerce influência direta na deterioração de sementes armazenadas. Dessa forma, quando

se mantém a umidade baixa, os demais fatores exercerão efeito diminuídos, como por exemplo menor ataque de microrganismos, fungos e bactérias e a diminuição da respiração.

Para determinação do grau de umidade das sementes foi usado o método direto, em estufa a 105°C por 24 horas, com os resultados expresso em porcentagem, descrito pela regras (BRASIL, 2009). Nessa determinação foram utilizadas duas repetições de 100 sementes e quatro repetições por matriz. Foi utilizado uma estufa da marca Nova Técnica, modelo NT512 (Figuras 1e 2).



**Figura 1:** Estufa de secagem empregada na determinação da umidade das sementes de arnica.



**Figura 2:** Sementes de arnica acondicionadas em recipientes de alumínio para a determinação de umidade em estufa a 105°C.

### 3.4 Determinação do Peso de Mil Sementes

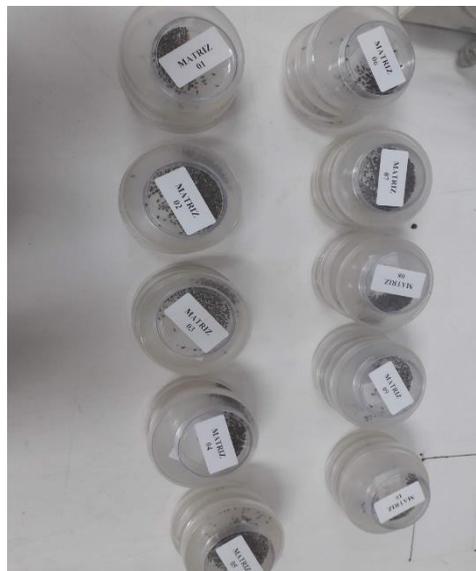
De acordo com as regras (BRASIL, 2009), o peso de mil sementes é utilizado para calcular a densidade de semeadura, o número de sementes por embalagem e o peso da amostra de trabalho para análise de pureza, quando não especificado nas RAS (Regras para Análise de Sementes). É uma informação que dá ideia do tamanho das sementes, assim como de seu estado de maturidade e de sanidade.

Como parte do processo de caracterização das matrizes, foi determinado o PMS (Peso de mil sementes) das sementes de arnica já beneficiadas manualmente, utilizando-

se oito repetições de 100 sementes, conforme as Regras para Análise de Sementes. Para essa determinação foi utilizada uma balança de precisão da marca Marte; a contagem das repetições foi feita manualmente (Figuras 3 e 4).



**Figura 3:** Balança usada para pesagem das repetições de sementes de amica na determinação do peso de mil sementes e peso da secagem.



**Figura 4:** Repetições de sementes das matrizes de amica separadas para acondicionamentos em testes

### 3.5 Determinação do tamanho das sementes

Para determinação do tamanho (comprimento) das sementes foi utilizado um paquímetro digital Caliper De Fibra De Carbono, realizando as medições de 100 sementes por matriz em quatro repetições de 25 sementes (Figuras 5 e 6). Este teste é de suma importância para definir estado de maturidade e de sanidade da semente. Os resultados foram tabulados e submetidos a análises estatística.



**Figura 6 :** Paquímetro digital empregado na determinação do tamanho das sementes de amica.



**Figura 5:** Semente de Amica, com visão maior em zoom de câmara de celular

### **3.6 Teste de germinação com pré - condicionamento**

O teste de germinação de sementes em laboratório está relacionado com a necessidade imediata e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo. Para realização do teste de germinação com pré-condicionamento usou-se a metodologia padrão descrita nas RAS – Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para realização deste teste usaram-se 4 repetições de 25 sementes para cada matriz totalizando 100 sementes. As sementes foram acondicionadas em caixas gerbox contendo como substrato papel de filtro tipo germitest umedecido a 2,5 vezes o peso do papel, usando duas folhas de papel. Uma vez acomodadas as sementes no recipiente caixa de gerbox e distribuídas no substrato papel de filtro, foram alocadas em geladeiras a temperatura controlada de 5°C por um período de 15 dias.

Após esse período, as sementes de arnica foram levadas para os germinadores do tipo Mangelsdorf com temperatura controlada de 25°C, com uma variação de  $\pm 1^\circ\text{C}$ . A avaliação e contagem de plântulas normais foram realizadas no 60º dias após o condicionamento do teste; durante o teste foi feito o acompanhamento diário da umidade do substrato do papel filtro as sementes estavam expostas em câmara de germinação com presença de luz constante; a interpretação dos resultados foram avaliados de acordo os parâmetros descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) avaliando as plântulas em normais, anormais e sementes mortas.

### **3.7 Teste de Envelhecimento acelerado 24 horas**

O princípio para o teste de envelhecimento está relacionado ao fato de que a taxa de deterioração das sementes é aumentada consideravelmente através de sua exposição a níveis muito impróprios de temperatura e umidade relativa, considerados os fatores ambientais mais relacionados à deterioração. Sendo assim, é possível considerar que amostras com baixo vigor apresentam maior queda de sua viabilidade, quando submetidas a essa situação; e as sementes mais vigorosas, geralmente, retêm sua capacidade de produzir plântulas normais e apresentam germinação mais elevada após serem submetidas ao “envelhecimento”.

Para realização do teste de envelhecimento acelerado usou-se a metodologia descrita por Rosseto; Marcos Filho (2006). As sementes de arnica foram expostas por 24 horas a 41°C. Usaram-se 4 repetições de 25 sementes, totalizando 100 sementes por matrizes. As sementes foram acondicionadas em caixas gerbox com tela, e sob a tela foi colocado uma folha de papel filtro para que não houvesse perda das sementes para o fundo do gerbox, e no fundo de cada gerbox foram colocados 40 ml de água destilada.

Após a realização do teste de envelhecimento acelerado, as sementes foram levadas para câmara de germinação tipo B.O.D., para a realização do teste de germinação, de acordo com a RAS (BRASIL, 2009). A avaliação foi realizada ao final de 60 dias.



**Figura 7:** Montagem do teste de envelhecimento acelerado de sementes de arnica, em câmara de germinação a 41°C por 24 horas.

### 3.8 Teste de Envelhecimento acelerado 48 horas

O conceito para o teste de envelhecimento acelerado de 48 horas, segue o mesmo princípio para o teste de envelhecimento acelerado definido anteriormente no subitem 3.8, ou seja, é realizado para predizer o potencial de armazenamento de sementes, com exposição de tempo de 48 horas. Para realização do teste envelhecimento acelerado usou-se a metodologia descrita por Rosseto; Marcos Filho (2006). Neste teste, determinou-se o vigor das sementes das matrizes de arnica, expostas por 48 horas à temperatura constante de 41°C, utilizando-se 4 repetições de 25 sementes por matriz. As sementes foram acondicionadas em caixas de gerbox com tela, e sob a tela foi colocado uma folha de papel filtro para que não houvesse perda das sementes para o fundo do gerbox, e no fundo de cada gerbox foi colocado 40 ml de água

destilada.

Após a realização do teste de envelhecimento acelerado, as sementes foram submetidas ao teste de germinação de acordo com a RAS (BRASIL, 2009), avaliação foi realizada 60 dias após a instalação da germinação.

### **3.9 Determinação de IVG**

Foi adotado o critério de plântulas normais e com emissão da raiz primária para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG), utilizando-se a fórmula proposta por Maguire (1962). As avaliações foram realizadas periodicamente até 60 dias após a instalação do teste de germinação. Para o teste de germinação adotou-se a porcentagem de plântulas normais, sendo as mesmas computadas e eliminadas.

O índice foi determinado de acordo com Maguire (1962), em que: IVG = índice de velocidade de germinação, G1 até Gn = número de sementes germinadas a cada dia e T1 até Tn = tempo de avaliação, em dias conforme equação abaixo.

$$IVG = G1/T1 + G2/T2 = \dots + Gn/Tn$$

### **3.10 Análises estatísticas**

O primeiro experimento foi realizado em esquema fatorial, considerando dois fatores, a saber, matrizes (10) e métodos (3) sendo eles germinação com pré condicionamento, teste germinação com EA 24 horas (Envelhecimento acelerado) e germinação com EA 48 horas. Foram feitas 4 repetições, segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), mediu-se o índice IVG. Antes do procedimento estatístico, os dados foram transformados em arcosen da raiz quadrada (transformação angular), buscando atingir a normalidade da distribuição e homogeneidade das variâncias dos erros. Os dados, uma vez transformados, foram submetidos a uma análise de variância para os efeitos principais e a interação.

O efeito de métodos foi estudado pelo teste de Tukey e o efeito de matrizes pela técnica de esperanças matemáticas dos quadrados médios, para obtenção de componentes de variâncias e obtenção de componentes genéticos. No modelo matriz foi considerado como efeito aleatório e métodos como efeito fixo. O Quadro 01 apresenta a análise conjunta do experimento no esquema fatorial, no modelo aleatório.

**Quadro 1:** Esquema da análise de variâncias para os efeitos de matrizes, métodos e interação matrizes x métodos (análise conjunta) na germinação, com dados transformados.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>E(QM)</b>	<b>F</b>
<b>Matrizes</b>	$g-1$	QG	$\sigma^2 + r m \sigma^2_G$	QG/QR
<b>Métodos</b>	$m-1$	QM	$\sigma^2 + r g \sigma^2_M$	QM/QR
<b>Interação</b>	$(g-1)(m-1)$	QI	$\sigma + r \sigma^2_I$	QI/QR
<b>Resíduo</b>	$gm(r-1)$	QR	$\sigma^2$	

G=número de genótipos (matrizes), m=número de métodos, r=número de repetições, E(QM)=esperança matemática dos quadrados médios,  $\sigma^2$  =componente da variância residual,  $\sigma^2_I$  = componente da variância da interação,  $\sigma^2_G$  =componente de variância genotípica,  $\sigma^2_M$ =componentes da variância entre métodos.

O quadro 02 apresenta análise de variância para o efeito de métodos. Neste caso, o experimento torna-se apenas um DIC.

**Quadro 2:** Análise de variância para o efeito de métodos sobre a germinação, realizado para cada matriz

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Métodos</b>	$m-1$	QM	QM/QR
<b>resíduo</b>	$m(r-1)$	QR	

Nesta análise a significância do F indica a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os métodos. O quadro 03 apresenta o esquema da análise de variância em DIC, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, para o efeito de matrizes.

**Quadro 3:** Análise de variância para o efeito de matrizes sobre a germinação, efetuado para cada método

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>E(QM)</b>	<b>F</b>
<b>Matrizes</b>	$g-1$	QG	$\sigma^2 + r \sigma^2_G$	QM/QR
<b>resíduo</b>	$g(r-1)$	QR	$\sigma^2$	

Nesta análise, a significância do F indica existência de variabilidade genotípica entre as matrizes (genótipos). De acordo com o quadro 03, os componentes de variâncias são calculados pelas expressões:

$$\sigma^2 = QR \text{ e } \sigma^2_G = (QG - QR)/r$$

A herdabilidade ( $h^2$ ) é calculada por:

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma^2}{r}}$$

No segundo experimento foram medidas as variáveis IVG, tamanho das sementes e teores de umidade. (dois fatores, a saber, matrizes (10) e métodos (3), sem interação. Foi efetuada uma análise de variância para os efeitos de matrizes e métodos sobre as variáveis mensuradas, conforme quadro 04.

**Quadro 4:** Esquema da análise de variância para os efeitos de matrizes e métodos sobre o IVG, o tamanho e a umidade das sementes.

FV	GL	QM	F
<b>Matriz</b>	$g - 1$	QG	QG/QR
<b>Método</b>	$m - 1$	QM	QM/QR
<b>Resíduo</b>	$(g-1)(m-1)$	QR	

g=número de matrizes (genótipos), m=número de métodos

O efeito de métodos (fixo) pode ser, posteriormente, estudado por teste de médias (Tukey), em caso de significância do teste de F e o efeito de matrizes (considerado aleatório) foi decomposto em componentes genotípicos e ambientais, através da técnica de esperanças matemáticas dos quadrados médios (obtenção de component4s de variância). O quadro 05 ilustra o estudo do efeito de matrizes. Neste caso, trata-se de um DIC.

**Quadro 5:** Análise de variância, com as esperanças E(QM) dos quadrados médios, para o efeito de matrizes sobre o IVG, o tamanho e a umidade.

FV	GL	QM	E(QM)	F
<b>Matriz</b>	$g - 1$	QG	$\sigma^2 + r\sigma_G^2$	QG/QR
<b>Resíduo</b>	$g(r - 1)$	QR	$\sigma^2$	

g=número de matrizes (genótipos), r=número de repetições

Nesta análise, a significância do F indica existência de variabilidade genotípica entre as matrizes. De acordo com o quadro 02, os componentes de variâncias podem ser assim obtidos:

$$\widehat{\sigma^2} = QR \quad \text{e} \quad \widehat{\sigma_G^2} = \frac{QG - QR}{r}$$

A herdabilidade é obtida pela seguinte expressão:

$$h^2 = \frac{\widehat{\sigma_G^2}}{\widehat{\sigma_G^2} + \frac{\widehat{\sigma^2}}{r}}$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 06 mostra os resultados da análise de variâncias para os efeitos de matriz, métodos e interação sobre a os dados de germinação transformados. Os resultados da análise para a variável original foram incluídos para comparações.

**Quadro 6:** Análise de variância para os efeitos de matriz, métodos e interação matriz x métodos na germinação original (GER) e germinação transformada (GERT).

FV	GL	QM		F	
		GER	GERT	GER	GERT
<b>Matrizes</b>	9	2652,76	0,49577	29,64	44,75
<b>Métodos</b>	2	3213,41	0,64375	1185,76	696,06
<b>Interação</b>	18	89,50	0,01108	33,08**	5,99**
<b>Resíduo</b>	90	2,71	0,00185		
<b>Média</b>		22,6167	0,4572		
<b>CV (%)</b>		9,40	7,27		

\*\*significativo ao nível de 1% G = número de genótipos (matrizes), m=número de métodos, r=número de repetições, E(QM)=esperança matemática dos quadrados médios,  $\sigma^2$  =componente da variância residual,  $\sigma^2_I$  = componente da variância da interação,  $\sigma^2_G$  =componente de variância genotípica

O valor de germinação encontrado 22,62% demonstra a baixa capacidade germinativa das sementes de Arnica. As sementes de arnica apresentam germinação muito lenta e baixa. No entanto, essa baixa velocidade não parece estar relacionada à capacidade de embebição, e sim a uma possível dormência tegumentar (LOPES et al., 2007). Um dos pontos de vista com relação aos baixos índices de germinação dos aquênios é relatada por Bierregaard et al. (2001) que descreve uma possível hipótese para a baixa germinabilidade: o isolamento populacional, ocasionado pela fragmentação, que tende a aumentar seus níveis de endogamia e, conseqüentemente, espera-se que ocorra alto grau de depressão endogâmica, com baixa produção de frutos, dificuldade de estabelecimento e perda de vigor nas gerações subsequentes. Melo et al. (2014) também registraram baixos resultados de germinação (máximo de 7,88%), sob diferentes faixas de temperatura, entre 20 e 30°C. Neste estudo foi utilizando aquênios em estágio maduro, sem papus interno, sob incidência de luz.

Em um outro experimento realizado por Melo et al. (2007), a avaliação dos aquênios cheios, considerados potencialmente viáveis, demonstrado em radiografia obtida previamente, à destinação dos aquênios para as respectivas embalagens e condições de armazenamento, foi correspondente a 38,5% para o estágio 1 e 42% para o estágio 2. Esses dados, juntamente com a dormência apresentada pelos aquênios de

arnica, auxiliam na interpretação da baixa germinação ocorrida; tais dados corroboram com os índices desse trabalho, visto que não foi feita uma seleção e identificação através de Raio X das sementes para detectados aquênios que estavam cheios ou vazios, mas os valores expressam os baixos índices da germinação dos aquênios de arnica. Matsuda et al. (2016) ressaltam que foram observadas altas porcentagens de emergência aos 35 DAS (Dias após a sementeira) para a arnica-do-campo (90,2%) e transagem (96,5%), índices altos, indicando que a arnica tem grandes potenciais germinativos.

No trabalho de análise de imagem de sementes de arnica, realizado por De Melo et al. (2009), foram estudados grupos de aquênios considerados cheios e aquênios considerados vazios. Os aquênios da categoria cheios, para ambos os estádios, apresentaram germinação superior às categorias mal formados e vazios, de 16,0% e 40,5% para os estádios 1 e 2, respectivamente; dados esses que corroboram com os resultados obtidos neste trabalho. Melo et al. (2014) ressaltam que no ensaio de germinação de aquênios de arnica, a baixa germinação está ligada aos aquênios que são vazios; assim, a porcentagem de germinação real, calculada com base nos aquênios cheios, seria maior, algo em entorno 18,76%, e não de 7,88% como apresentado. Em espécies da família Asteraceae, como a arnica, a baixa germinação pode ser atribuída ao alto percentual de aquênios chochos (SASSAKI et al., 1999) ou inférteis (VELTEN; GARCIA, 2005).

Os valores dos coeficientes de variação são muito baixos, indicando alto controle experimental (PIMENTEL GOMES, 1985). A variável original (GER) foi incluída apenas para comparação, as considerações, a seguir, referem-se apenas à variável transformada (GERT). Observou-se que a interação matriz x métodos é significativa; assim, o efeito de matrizes depende do método e o efeito do método depende da matriz. Aplicou-se a técnica de estratificação no fator matriz, buscando conseguir grupos de matrizes com interação matriz x métodos não significativos. Infelizmente, a técnica não se mostrou eficaz para os presentes dados, pois detectou apenas grupos com duas matrizes, onde a interação é não significativa. Assim, usou-se o teste de Tukey para comparação dos métodos, em cada uma das matrizes. O Quadro 07 apresenta os resultados do teste de Tukey, ao nível de 1%, para comparação das médias.

**Quadro 7:** Resultados do teste de Tukey, ao nível de 1%, para as médias de métodos em cada uma das matrizes

Matriz	Métodos	Médias	Comparações	Média Geral	Média geral original (%)
1	1	0,7152	A	0,6569	41,06
	3	0,6898	A		
	2	0,5657	B		
2	1	0,7879	A	0,7108	45,30
	3	0,7353	A		
	2	0,6092	B		
3	1	0,7278	A	0,6095	37,55
	3	0,5714	B		
	2	0,5293	C		
4	1	0,4316	A	0,2972	17,29
	3	0,3532	A		
	2	0,1067	B		
5	1	0,5877	A	0,4068	24,00
	3	0,4249	B		
	2	0,2079	C		
6	1	0,2908	A	0,1629	9,37
	3	0,1374	AB		
	2	0,0605	B		
7	1	0,4381	A	0,3080	17,94
	3	0,3290	AB		
	2	0,1571	B		
8	1	0,6873	A	0,5321	32,18
	3	0,5713	B		
	2	0,3777	C		
9	1	0,2742	A	0,2184	12,61
	3	0,2244	AB		
	2	0,1568	C		
10	1	0,8405	A	0,6688	41,97
	3	0,6460	B		
	2	0,5200	C		
<b>Média geral no experimento</b>				22,6167	

As diferenças significativas pelo teste de Tukey para o efeito de métodos sobre a germinação, em cada matriz, justificam o resultado de interação significativa; entretanto, o método 1 o qual submeteu as sementes ao teste de germinação com pré-condicionamento onde as sementes foram expostas a temperatura de 5°C por 15 dias; depois, seguida pelo processo de germinação, foi melhor, em média, para todas as matrizes, seguido pelo método 3 que é o teste de envelhecimento acelerado EA 48 horas à temperatura de 41°C seguido pela germinação. Em geral observa-se que os métodos

mais agressivos quanto ao tempo e exposição foram os que obtiveram as melhores médias. Assim, o método 2, que consiste no teste de EA 24 horas há 41°C, é o que teve o pior resultado, levando em consideração o curto espaço de tempo de exposição das sementes de arnica a alta temperatura, não sendo suficiente para expressar o real valor de vigor através do processo germinativo. Para as matrizes 1, 2, 4, 6, 7, e 9 os métodos 1 e 3 não diferem, estatisticamente, entre si. Nas matrizes 6, 7 e 9 os métodos 2 e 3 não diferem entre si, estatisticamente.

A maior média de germinação (45,30%) ocorreu na matriz 2, seguida pela matriz 10 (41,97%) e matriz 1 (41,06%). Melo et al. (2014) verificaram que a alternância de temperaturas possibilitou, significativamente, maior índice de velocidade de germinação para os aquênios sem papus interno. Os testes que foram aplicados para medição do vigor das sementes de aquênios, favorecem na medida que se alterna os processos de temperatura contribui de forma significativa para maiores índices germinativos. O fato também pode estar ligado as questões relacionadas a dormência dos aquênios; por isso métodos mais estressantes tendem a facilitar o processo de germinação.

As demais matrizes apresentaram valores muito baixos de germinação; isso pode estar relacionado ao baixo desempenho germinativo das sementes. Em geral, os testes comprovam que os valores de germinação e vigor encontrados podem estar ligados as sementes mal formadas ou também ao processo de dormência desenvolvidos pelos aquênios. De acordo com Melo et al. (2014), na superação da dormência das sementes de arnica, a alternância de temperaturas e a presença de luz parecem ter efeito sinérgico, aumentando a porcentagem de germinação dos aquênios, por este motivo no trabalho foi contemplado métodos que levam em consideração temperatura para exposição ao estresses com intenção de mitigar o impacto da dormência. Os resultados de análise de variâncias para os efeitos de matrizes sobre a germinação das sementes, em cada um dos métodos, são apresentados no Quadro 08.

**Quadro 8:** Análise de variância, com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, para o efeito de matrizes sobre a germinação das sementes de para os métodos 1, 2 e 3.

FV	GL	QM			E(QM)	F		
		MT1	MT2	MT3		MT1	MT2	MT3
<b>Matriz</b>	9	0,1698	0,19248	0,16743	$\sigma^2 + r\sigma^2_G$	353,75**	43,65**	138,37**
<b>Resíduo</b>	30	0,00048	0,00441	0,00121	$\sigma^2$			
$\bar{X}_T$		0,5781	0,3298	0,4683				
$\bar{X}_O$ (%)		35,32	19,26	27,92				
<b>CV%</b>		3,77	20,15	7,41				
<b>h<sup>2</sup></b>		0,99	0,98	0,99				

\*\*significativo ao nível de 1%, MT=método, CV=coeficiente de variação,  $\bar{X}_T$  =média transformada,  $\bar{X}_O$  = média original, h<sup>2</sup>=herdabilidade

Os valores de F foram significativos em todos os três métodos sendo eles germinação com pré-condicionamento, EA 24 horas e EA 48 horas, foi evidenciado a existência de variabilidade genotípica entre as matrizes. Os coeficientes de variação, embora um pouco maior no método 2, foram baixos, indicando alto controle experimental. As médias de germinação foram de magnitudes relativamente baixas, quando comparadas com resultados de outra espécie do cerrado também apresentados por Da Costa (2002) que dentre as dez espécies estudadas do cerrado, arnica do mato (*Brickelia pinnifolia*), dentro outras espécies apresentaram germinação acima de 90%, enquanto outras apresentaram porcentagem de sementes duras acima de 40%, caracterizando-se como dormentes devido à impermeabilidade do tegumento à água.

O Quadro 09 apresenta os resultados da análise de variâncias para o efeito de matriz e métodos sobre o IVG, o tamanho e a umidade das sementes. Os valores de F são não significativos para o efeito de métodos com relação a todas as variáveis medidas; assim, assume-se que as médias para aos três métodos são estatisticamente iguais e não há necessidade de aplicação do teste de médias. Para o efeito de matrizes sobre o tamanho de sementes, o valor do F também não é significativo; assim não há variabilidade genotípica para esta variável entre as matrizes.

**Quadro 9:** Análise de variância para o efeito de matriz e métodos sobre o IVG, o tamanho e a umidade das sementes.

FV	GL	QM			F		
		IVG	Tam	Umi	IVG	Tam	Umi
<b>Matriz</b>	9	0,00507	0,268028	46,4232	5,05**	<1ns	2332,83**
<b>Métodos</b>	2	0,00083	0,26025	0,02624	<1ns	<1ns	1,32ns
<b>Resíduo</b>	18	.001004	0,670993	0,0199			
<b>Média</b>		0,00505	2,8225	12.58			
<b>CV%</b>		62,80	29,02	1,21			

No Quadro 9, observar se que não teve variação genotípica quando se trata dos tamanhos das sementes de arnica. Isso pode estar relacionado ao número de matrizes testadas, mas, podem ser parâmetros de uniformidade na formação dos aquênios. Os valores de F são não significativos para o efeito de métodos com relação a todas as variáveis medidas; assim, assume-se que as médias para aos três métodos são estatisticamente iguais e não há necessidade de aplicação do teste de médias. Para o efeito de matrizes sobre o tamanho de sementes, o valor do F também não é significativo; assim não há variabilidade genotípica para esta variável entre as matrizes.

Para o efeito de matrizes, o F foi significativo ao nível de 1% para as variáveis IVG e Umidade. Os valores da análise, agora em DIC, para o efeito de matrizes, com decomposição em componentes de variância é apresentada no Quadro 10.

**Quadro 10:** Análise de variância, com as esperanças E(QM) dos quadrados médios, para o efeito de matrizes sobre o IVG e a umidade.

FV	GL	QM		E(QM)	F	
		IVG	Umi		IVG	Umi
<b>Matriz</b>	9	0,005074	46.42322	$\sigma^2 + r\sigma^2_G$	5,14**	2259,40
<b>Resíduo</b>	30	0,000987	0,020547	$\sigma^2$		
<b>Média</b>		0,0505	12,58			
<b>h<sup>2</sup></b>		0,80	0,99			

g=número de matrizes (genótipos), r=número de repetições

De acordo com o Quadro 10, existe variabilidade genotípica entre as matrizes (genótipos) para as variáveis consideradas. O controle genético foi alto para o IVG e extremamente lato para a umidade, apesar do pequeno número de genótipos estudados. A média do IVG foi baixa. Os índices de IVG encontrados por De Melo et al. (2007)

são similares aos encontrados no presente trabalho, mesmo que não se tenha levado em consideração os ambientes e processo de armazenamento.

De Melo et al. (2014), ao avaliar o IVG em sementes de arnica sob diferentes temperaturas, verificaram que o índice tem variação de acordo com a temperatura de exposição. Nesta avaliação são identificados índices baixos para espécie estuda. Sabe-se que esta variável é função direta da germinação, a qual teve baixa média em experimento conduzido paralelamente a este. Tanto para germinação quanto aos índices de IVG eles têm coerência e estão ligados de forma direta nesta experimentação.

## **5. CONCLUSÕES**

A germinação com pré condicionamento, seguida por envelhecimento acelerado com 48 horas de exposição foi o que apresentou melhor resultado para o processo de seleção de matrizes.

Os testes demonstram que os valores herdabilidades foram altos, assim a característica germinação com pré condicionamento apresentou um alto controle experimental, sendo um teste que se pode ajudar no processo de seleção das matrizes. A seleção de fenótipos superiores pode ser de grande importância neste estudo, devido aos baixos valores de germinação obtidos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. M. et al. Caracterização química de tinturas e extratos secos de plantas medicinais do Cerrado por cromatografia em camada delgada. v. 7, p. 1–8, 2011.
- Alvez, R.J.V. & J. Kolbek. 1994. **Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brasil.** *Vegetatio* 113: 125-139.
- AMÉRICO, F. K. DE A. **GERMINAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE Stylosanthes SW. EM DIFERENTES AMBIENTES.** [s.l: s.n.].
- BAGATELI, J. R. **DESEMPENHO PRODUTIVO DA SOJA ORIGINADA DE LOTES DE SEMENTES COM DIFERENTES NÍVEIS DE VIGOR.** [s.l: s.n.]. 2015.
- BERTOLIN, D. C. et al. Produção e qualidade de sementes de guandu: Efeitos de doses de fósforo, potássio e espaçamentos em duas épocas de semeadura. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 415–419, 2008.
- BFG. 2015. Growing knowledge: **an overview of Seed Plant diversity in Brazil.** *Rodriguésia* 66: 1085-1113.
- BRASIL, M. DA A. P. E A. **Regras para análise de sementes.** 1º ed. Brasília -DF: 1-399, 2009, 2009.
- CAMPOS, F. C. C. **Ecologia reprodutiva de *Lychnophora pinaster* Mart. (ASTERACEAE).** (2014). Tese de Doutorado (Dissertação) – Universidade Federal de Lavras, 149 p. 2014.
- CARVALHO, N. M.; NACAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- COYLE, N.C. & JONES, S.B. 1981. *Lychnophora* (Compositae; Vernoniae), a genus endemic to the Brazilian planalto. **Brittonia** 33: 528-542.
- CNCFlora. **Lychnophora pinaster in Lista Vermelha da flora brasileira** versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Lychnophora\\_pinaster](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Lychnophora_pinaster)>. Acesso em 31 agosto. 2021.
- DA COSTA, M. A. C. et al. Variação Estacional do óleo essencial em Arnica (*Lychnophora ericoides* Mart.). **Biologia. Neotropical**, v. 5, n. 1, p. 53–65, 2008.
- DA COSTA, R. B. Germinação de sementes de plantas medicinais do cerrado de Mato Grosso do Sul. **Multítemas**, p. 45–52, 2002.
- DE MELO, L. Q. **ESTRATÉGIAS PARA CONSERVAÇÃO EX SITU DE ARNICA (*Lychnophora ericoides* Less).** [s.l: s.n.] 2005.
- DE MELO, P. R. B. **GERMINAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AQUÊNIO DE ARNICA (*Lychnophora pinaster* Mart.) COLETADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATUREZAÇÃO.** [s.l: s.n.].2006.
- DE MELO, P. R. B. et al. Seed germination of arnica (*Lychnophora pinaster* Mart) stored at different conditions. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 75–82, 2007.

DE MELO, P. R. B. et al. Germinação de aquênios de *Lychnophora pinaster* em função de estádios de maturação , temperatura e luz Effects of degree of maturation , temperature , and light on the germination of *Lychnophora pinaster* achenes. **Científica**, v. 42, p. p.404-410, 2014.

DE MELO, P. R. BANDEIRA; et al. Application of the X-ray test to study the internal morphology and physiological quality of Arnica seeds ( *Lychnophora pinaster* Mart .) MORFOLOGIA INTERNA E DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. January 2015, p. p.146-154, 2009.

ELDRIDGE, K.G.; GRIFFIN, A.R. Selfing effects in *Eucalyptus regnans*. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.31, p.216-221, 1983.

FÁVERO, A. P. et al. **I Encontro da Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas Regional DF**. 2005.

FORZZA, R.C.; LEITMAN, P.M.; COSTA, A.F.; CARVALHO JR., A.A.; PEIXOTO, A.L.; WALTER, B.M.T.; BICUDO, C.; ZAPPI, D.; COSTA, D.P.; LLERAS, E.; MARTINELLI, G.; LIMA, H.C.; PRADO, J.; STEHMANN, J.R.; BAUMGRATZ, J.F.A.; PIRANI, J.R.; SYLVESTRE, L.; MAIA, L.C.; LOHMANN, L.G.; QUEIROZ, L.P.; SILVEIRA, M.; COELHO, M.N.; MAMEDE, M.C.; BASTOS, M.N.C.; MORIM, M.P.; BARBOSA, M.; MENEZES, M.; HOPKINS, M.; SECCO, R.; CAVALCANTI, T. B. & SOUZA, V.C. 2012. Introdução. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/>> Acesso em 31 agosto. 2021.

GIULIETTI, A.M., & PIRANI, J. R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. *In* Proceedings of a workshop on neotropical distribution patterns. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro (pp. 39-69).

HENNING, A. A. et al. Qualidade de Sementes e Grãos Comerciais de Soja no Brasil - safra 2014/15. **EMBRAPA SOJA**, v. 1, p. 234 p, 2018.

LOPES, S. W. et al. Endemismo na germinação de aquênios de arnica ( *Lychnophora pinaster* Mart ., Asteraceae ). **Ciência e Agrotecnologia**, 2007.

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

MAIA-ALMEIDA, C. I. et al. Efeito de níveis de fósforo no crescimento inicial, biomassa e atividade in vivo da fosfatase ácida em *Lychnophora ericoides* Mart. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 3, p. 96–103, 2008.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S. M.; SILVA, W. R. Avaliação da qualidade das sementes. **USP - ESALQ**, p. 230, 1987.

MARQUES, A. P. D. S. **Diversidade química e genética de populações naturais de *Lychnophora pinaster* Mart**. 2020. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.

MATSUDA, S. DA C. et al. Emergência e desenvolvimento de tansagem (*Plantago*

major) e arnica-do-campo (*Porophyllum ruderale*) em monocultivo e consórcio. **Revista Cincia, Tecnologia & Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 56–61, 2016.

MELO, P. R. B. et al. Germinação de aquênios de *Lychnophora pinaster* em função de estádios de maturação, temperatura e luz. **Científica**, v. 42, n. 4, p. 404, 2014.

MUCINA, L., & WARDELL-JOHNSON, G.W. 2011. Landscape age and soil fertility, climatic stability, and fire regime predictability: beyond the OCBIL framework. **Plant and soil**, 341 (1-2), 1-23.

PESKE, S. T.; VILLELA, FRANCISCO AMARAL; MENEGHELLO, G. E. **Semente: Fundamentos científicos e tecnológicos**. [s.l.: s.n.].

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

POUGY, M. VERDI, E. MARTINS, R. LOYOLA, G. MARTINELLI, A. RAPINI, A. QUINET, A.C. MARCATO, A.M.S. LIMA, A. JACK, A.V. SCATIGNA, A.B. MARTINS, A.C.G.S. CARNEIRO, B.F.P. LOEUILLE, C.A. FERREIRA. Plano de Ação Nacional para a conservação da flora ameaçada de extinção da Serra do Espinhaço Meridional. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora), Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro (2015)

QUINEBRE, S. R. 2015. **Influência do Armazenamento na Qualidade do Plantio**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/59/a-influencia-do-armazenamento-de-sementes-na-qualidade-de-plantio%3E>>. Acesso em: 12 maio. 2021.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.

RICHARD O. BIERREGAARD, CLAUDE GASCON, THOMAS E. LOVEJOY, R. M. **Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest**. Yale Unive ed. [s.l.] Yale University Press, 2001.

ROCHA, R. G. L.; RIBEIRO, M. C. C.; DA SILVA, F. D. B. Desenvolvimento inicial do feijão guandu em diferentes profundidades e posições da semente na vagem. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 3, p. 297–301, 2017.

ROSSETTO, C. A. V.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre os métodos de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, p. 123–131, 2006.

SASSAKI, R. M. et al. Germination of seeds from herbaceous plants artificially stored in cerrado soil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 271–279, 1999.

SEMIR, J. 1991. Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernoniaeae: Compositae). Tese de Doutorado. Instituto de Biologia - UNICAMP. Campinas 515p.

SILVA, S. M. P. **Aspectos da fenologia e da reprodução sexuada da arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.) Asteraceae**. (1994) Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

SILVEIRA, F.A., NEGREIROS, D., BARBOSA, N.P., BUISSON, E., CARMO, F.F., CARSTENSEN, D. W., ... & GARCIA, Q. S. 2016. Ecology and evolution of plant

diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and soil** 403(1): 1-24.

SOUZA, A. . et al. Enraizamento in vitro de plântulas de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.), uma planta medicinal. **Revista Brasileira de plantas Mediciniais**, v. 7, p. p.86-91, 2004.

SPINOLA, M. C. M.; CÍCERO, S. M.; MELO, M. DE. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo ao envelhecimento acelerado. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 263–270, 2000.

VELTEN, S. B.; GARCIA, Q. S. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 753–761, 2005.