



UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
DOUTORADO



CECA

**JOÃO LUCIANO DE ANDRADE MELO JUNIOR**

**MORFOMETRIA, GERMINAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE**  
*Colubrina glandulosa Perkins*

Rio Largo – AL

2019

**JOÃO LUCIANO DE ANDRADE MELO JUNIOR**

**MORFOMETRIA, GERMINAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE**  
*Colubrina glandulosa* Perkins

**Tese apresentada à Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Vilma Marques Ferreira

Rio Largo – AL

2019

Catálogo na fonte  
Universidade Federal de Alagoas  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias  
Bibliotecário: Erisson Rodrigues de Santana

M528m Melo Junior, João Luciano de Andrade

Morfometria, germinação e armazenamento de sementes de  
*Colubrina glandulosa* Perkins. Rio Largo-AL – 2019.  
102 f.; il; 33 cm

Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade  
Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2019.

Orientador: Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vilma Marques Ferreira.

1. Arbórea nativa. 2. Desenvolvimento pós-seminal. 3. Superação da  
dormência. 4. Entalpia. 5. Potencial fisiológico I. Título.

CDU: 581.1

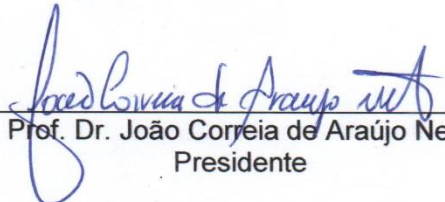
## TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO LUCIANO DE ANDRADE MELO JUNIOR

(Matrícula 15140053)


**“Morfometria, germinação e armazenamento de sementes de *Colubrina glandulosa* Perkins”**

Tese apresentada e avaliada pela banca examinadora em vinte e dois de fevereiro de 2019, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

  
Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto  
Presidente

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Clíssia Barboza da Silva  
Membro

  
Prof. Dr. Antônio Lucrecio dos Santos Neto  
Membro

  
Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento  
Membro

Rio Largo - AL

Fevereiro-2019

*À Deus.*

*À minha mãe, Maria Ferreira de Andrade Melo.*

*Ao meu pai, João Luciano de Andrade Melo.*

*Ao meu irmão, Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo.*

*À minha noiva, Larice Bruna Ferreira Soares.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente, à Deus, por estar ao meu lado em todas as circunstâncias, dando-me força e fé, para reerguer-me nos momentos mais difíceis.*

*À minha mãe, Maria Ferreira de Andrade Melo, pela educação e zelo, que me fizeram chegar até aqui.*

*Ao meu pai, João Luciano de Andrade Melo, pelo esforço e apoio incondicional em minha jornada.*

*Ao meu irmão, Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo, pelo incentivo e companheirismo de sempre.*

*À minha noiva, Larice Bruna Ferreira Soares, pela paciência e amor, essenciais durante esse período.*

*Aos meus familiares, em especial, aos meus avós, Ana Brasileira da Silva e Arlindo Ferreira da Silva, e às minhas tias, Maria de Fátima Ferreira da Silva e Maria Aparecida Ferreira da Silva.*

*Aos meus orientadores, o professor João Correia de Araújo Neto e a professora Vilma Marques Ferreira, por todos os ensinamentos e confiança. Serei sempre muito grato por tudo.*

*Aos professores, Clíssia Barboza da Silva, Hugo Henrique Costa do Nascimento e Antônio Lucrécio dos Santos Neto, pelas valiosas contribuições.*

*Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela oportunidade do curso.*

*Aos meus amigos do Laboratório de Propagação de Plantas, José Alex Carvalho de Farias, Maria Inajal Rodrigues da Silva das Neves, Lívia Francyne Gomes Chaves, Vinícius Santos Gomes da Silva, Dougllas Ferreira da Rocha, Pedro Carvalho Vieira Cavalcante, Priscila Cordeiro Souto, Karolyne Priscila Oliveira dos Santos, Cristian Bernardo da Silva, Yolanda de Melo Oliveira, Júlia Gabriella da Silva Rocha e Aristéia dos Santos Farias, pelos bons momentos compartilhados.*

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.*

*À todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.*

*“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde à maioria não chega, faça o que a maioria não faz.”*

*(Bill Gates).*

## RESUMO

*Colubrina glandulosa* Perkins, conhecida popularmente como colubrina, é uma espécie arbórea nativa do Brasil, pertencente à família Rhamnaceae, com potencial para uso na recuperação de áreas degradadas. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar as sementes do ponto de vista físico e morfológico, estudar o desenvolvimento pós-seminal, indicar o melhor tratamento para superação da dormência de sementes de colubrina, determinar as temperaturas cardeais para a germinação, verificar a variação isotérmica da velocidade com base no modelo do estado de transição, calcular a variação de  $\Delta H^\ddagger$  em função da temperatura, e avaliar diferentes condições de armazenamento sobre o potencial fisiológico das sementes. Para a caracterização física, oito repetições de 100 sementes foram pesadas e medidos o comprimento, largura e espessura de cada semente. Para a descrição morfológica, foram analisados o formato, coloração e localização do hilo e da micropila, além do tecido de reserva, tipo e localização do embrião. No estudo pós-seminal, registrou-se o processo germinativo até os 19 dias após a semeadura. Foram utilizados sete tratamentos de superação de dormência: sementes intactas ( $T_1$ ); imersão em ácido sulfúrico por 60 minutos ( $T_2$ ); imersão em ácido sulfúrico por 90 minutos ( $T_3$ ); desponete do tegumento na região oposta ao hilo ( $T_4$ ); imersão em água destilada a 80 °C, seguida de repouso na mesma água, por 24 horas, à temperatura ambiente ( $T_5$ ); imersão em água destilada por 24 horas à temperatura ambiente ( $T_6$ ); e imersão em água destilada por 48 horas à temperatura ambiente ( $T_7$ ). A incubação isotérmica foi efetuada nas temperaturas constantes de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C e alternada de 20-30 °C, com fotoperíodo de oito horas. A equação de Arrhenius foi linearizada por transformação logarítmica, construindo-se o gráfico com coordenadas  $y = -R \ln V$  e  $x = A(1/T)$ , a partir das variações da velocidade de germinação ao longo de todo o intervalo térmico. A variação líquida de entalpia ( $\Delta H^\ddagger$ ) em função da temperatura foi representada pela expressão  $\Delta H^\ddagger = [RT(\theta - T).(T_m + T_M)]/[(T - T_m).(T_M - T)]$ . Sementes foram acondicionadas em saco de papel e frasco de vidro, e armazenadas em ambiente de laboratório e de câmara seca, por 15 meses, com a avaliação sendo realizada trimestralmente. As sementes de colubrina apresentaram tamanho irregular com comprimento máximo de 5,09 mm e mínimo de 1,91 mm; largura máxima de 4,92 mm e mínima de 1,82 mm; e espessura máxima de 2,75 mm e mínima de 1,22 mm. A semente é testal, apresentando embrião do tipo invaginado. A germinação das sementes é epígea e as plântulas são fanerocotiledonares. O desponete do tegumento na região oposta ao hilo é o método indicado para superação da dormência de sementes de *C. glandulosa*. As sementes germinaram no intervalo de  $10\text{ °C} \leq T \leq 35\text{ °C}$ , encontrando-se a temperatura ótima na faixa de  $25\text{ °C} < T < 30\text{ °C}$ , a mínima em  $5\text{ °C} < T < 10\text{ °C}$ , e a máxima em  $35\text{ °C} < T < 40\text{ °C}$ . Com base no modelo do complexo ativado, a velocidade de germinação depende curvilinearmente da temperatura. Aplicando as leis da termodinâmica, o gráfico da variação de  $\Delta H^\ddagger$  dependente da temperatura, cuja curva possui duas assíntotas próximas à  $T_m$  e  $T_M$ , mostrou que a energia (entalpia) de ativação da germinação é negativa à medida que a temperatura tende para  $T_M$ , sendo os processos que ocorrem na faixa supra-ótima de natureza diferente daqueles que ocorrem na região infra-ótima. O potencial fisiológico das sementes foi mantido pelo menos 15 meses, quando acondicionadas em embalagem porosa ou impermeável, e armazenadas em câmara seca.

**Palavras-chave:** arbórea nativa. desenvolvimento pós-seminal. superação da dormência. entalpia. potencial fisiológico.



## ABSTRACT

*Colubrina glandulosa* Perkins, popularly known as colubrina, is a tree species native to Brazil, belonging to the Rhamnaceae family, with potential for use in the recovery of degraded areas. The objective of this work was to characterize the seeds from a physical and morphological point of view, to study the post-seminal development, to indicate the best treatment to overcome dormancy of colubrina seeds, to determine the cardinal temperatures for germination, to verify the isothermal velocity variation based on the transition state model, calculate the variation of  $\Delta H^\ddagger$  as a function of temperature, and evaluate different storage conditions on the physiological potential of the seeds. For the physical characterization, eight replicates of 100 seeds were weighed and the length, width and thickness of each seed were measured. For the morphological description, the shape, color and location of the hilum and the micropyle were analyzed, besides the tissue reserve, type and location of the embryo. In the post-seminal study, the germination process was recorded until 19 days after sowing. Seven treatments of dormancy were used: intact seeds ( $T_1$ ); immersion in sulfuric acid for 60 minutes ( $T_2$ ); immersion in sulfuric acid for 90 minutes ( $T_3$ ); splitting of the integument in the region opposite the hilum ( $T_4$ ); immersion in distilled water at 80 °C, followed by standing in the same water for 24 hours at room temperature ( $T_5$ ); immersion in distilled water for 24 hours at room temperature ( $T_6$ ); and immersion in distilled water for 48 hours at room temperature ( $T_7$ ). The isothermal incubation was carried out at constant temperatures of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C and alternating at 20-30 °C, with eight-hour photoperiod. The Arrhenius equation was linearized by logarithmic transformation, by constructing the graph with coordinates  $y = -R \ln V$  and  $x = A(1/T)$ , from the variations of the germination velocity along the entire thermal range. The net change in enthalpy ( $\Delta H^\ddagger$ ) as a function of temperature was represented by the expression  $\Delta H^\ddagger = [RT(\theta - T) \cdot (T_m + T_M)] / [(T - T_m) \cdot (T_M - T)]$ . Seeds were stored in a paper bag and glass bottle and stored in a laboratory and dry chamber environment for 15 months, with the evaluation being performed quarterly. The seeds of colubrina presented irregular size with a maximum length of 5.09 mm and a minimum of 1.91 mm; maximum width of 4.92 mm and minimum of 1.82 mm; and a maximum thickness of 2.75 mm and a minimum thickness of 1.22 mm. The seed is testal, presenting embryo of the invaginated type. Seed germination is epigene and seedlings are phanerocotonares. The splitting of the integument in the region opposite the hilum is the indicated method for overcoming dormancy of seeds of *C. glandulosa*. The seeds germinated in the range of  $10\text{ °C} \leq T \leq 35\text{ °C}$ , with the optimal temperature in the range of  $25\text{ °C} < T < 30\text{ °C}$ , the minimum at  $5\text{ °C} < T < 10\text{ °C}$ , and the maximum at  $35\text{ °C} < T < 40\text{ °C}$ . Based on the model of the activated complex, the speed of germination depends curvilinearly of the temperature. Applying the laws of thermodynamics, the graph of the temperature dependent variation of  $\Delta H^\ddagger$ , whose curve has two asymptotes close to  $T_m$  and  $T_M$ , showed that the energy (enthalpy) of activation of the germination is negative as the temperature tends to  $T_M$ , being the processes that occur in the supra-optimal range of nature different from those occurring in the infra-optimal region. The physiological potential of the seeds was maintained at least 15 months when packed in a porous or impermeable package and stored in a dry chamber.

**Key words:** native tree. post-seminal development. overcoming dormancy. enthalpy. physiological potential.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

#### GERMINAÇÃO E MORFOLOGIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE *Colubrina glandulosa* Perkins APÓS SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA

- Figura 1: Distribuição da frequência relativa ( $F_i$ ) do comprimento (A), largura (B) e espessura (C) de sementes de *C. glandulosa*.....42
- Figura 2: Caracterização morfológica das sementes de *C. glandulosa*. **A – C:** aspectos externos. **D:** aspectos internos. ca – carúncula; co – cotilédone; fh – fenda hilar; hp-r – hipocótilo-radícula; ph – ponta hilar; pl – plúmula; tg – tegumento; ts – testa.....43
- Figura 3: Germinação de *C. glandulosa* até os seis dias. **A – B:** protusão da raiz primária. **C – D:** alongamento da raiz primária, evidenciando a coifa. **E:** distinção entre o hipocótilo e a raiz primária. **F:** dilatação na base do hipocótilo, denominada de colo. cf – coifa; cl – colo; hp – hipocótilo; pf – primórdio foliar; rp – raiz primária; tg – tegumento.....44
- Figura 4: Germinação de *C. glandulosa* até os 19 dias. **A – B:** plântulas fanerocotiledonares com folhas compostas. **C:** surgimento de novas gemas axilares, raízes secundárias mais desenvolvidas e sinais de senescência dos cotilédones. **D:** eófilos de primeira ordem completamente formados. cl – colo; co – cotilédone; eo – eófilo; ep – epicótilo; ga – gema axilar; hp – hipocótilo; pc – pecíolo; rp – raiz primária; rs – raiz secundária.....46

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS TÉRMICO-BIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Colubrina glandulosa* Perkins SOB DIFERENTES TEMPERATURAS: IMPLICAÇÕES PARA SUA UTILIZAÇÃO EM PROGRAMAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

- Figura 1: Localização geográfica da região de coleta das sementes.....63
- Figura 2: Curva de Arrhenius da velocidade de germinação isotérmica de sementes de *C. glandulosa*.  $T_m$  = temperatura mínima;  $T_M$  = temperatura máxima;  $T_o$  = temperatura ótima teórica.....69
- Figura 3: Frequências relativas da germinação em função do tempo de incubação isotérmica das sementes de *C. glandulosa*.  $N_t$  = número total de sementes germinadas;  $t$  = tempo de germinação; TMG = tempo médio de germinação.....72
- Figura 4: Variação líquida da entalpia de ativação da germinação de sementes de *C. glandulosa*.  $T_m$  = temperatura mínima;  $T_M$  = temperatura máxima;  $T_o$  = temperatura ótima teórica.....73

### CAPÍTULO III

#### VIABILIDADE DE SEMENTES DE *Colubrina glandulosa* Perkins DURANTE O ARMAZENAMENTO

- Figura 1: Médias mensais de temperatura e precipitação ocorridas em Bom Conselho (PE) de outubro de 2014 a dezembro de 2015.....87
- Figura 2: Teor de água de sementes de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas por diferentes períodos.....91
- Figura 3: Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas em ambiente de laboratório por diferentes períodos.....93
- Figura 4: Índice de sincronia (Z), comprimento total (CT) e massa seca (MST) de plântulas de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas em ambiente de laboratório por diferentes períodos.....94
- Figura 5: Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas em câmara seca por diferentes períodos.....96
- Figura 6: Índice de sincronia (Z), comprimento total (CT) e massa seca (MST) de plântulas de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas em câmara seca por diferentes períodos.....97

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

#### GERMINAÇÃO E MORFOLOGIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE *Colubrina glandulosa* Perkins APÓS SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA

Tabela 1:	Estatística descritiva das pesagens das sementes (100 sementes por repetição) para o cálculo do peso de mil sementes de <i>C. glandulosa</i> .....	40
Tabela 2:	Estatística descritiva do comprimento, largura e espessura de sementes de <i>C. glandulosa</i> .....	41
Tabela 3:	Germinação (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de <i>C. glandulosa</i> , submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência.....	48
Tabela 4:	Velocidade média de germinação (VMG), índice de incerteza (U) e índice de sincronia (Z) de sementes de <i>C. glandulosa</i> , submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência.....	50
Tabela 5:	Comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSP) de plântulas de <i>C. glandulosa</i> , submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência.....	52

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS TÉRMICO-BIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Colubrina glandulosa* Perkins SOB DIFERENTES TEMPERATURAS: IMPLICAÇÕES PARA SUA UTILIZAÇÃO EM PROGRAMAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Tabela 1:	Germinação (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de <i>C. glandulosa</i> , sob diferentes temperaturas.....	68
Tabela 2:	Velocidade média de germinação (VMG), índice de incerteza (U) e índice de sincronia (Z) de sementes de <i>C. glandulosa</i> , sob diferentes temperaturas.....	70
Tabela 3:	Dependência de temperatura da variação líquida da entalpia de ativação ( $\Delta H^\ddagger$ ) em sementes de <i>C. glandulosa</i> .....	73
Tabela 4:	Comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSP) de plântulas de <i>C. glandulosa</i> , sob diferentes temperaturas.....	76

## CAPÍTULO III

### VIABILIDADE DE SEMENTES DE *Colubrina glandulosa* Perkins DURANTE O ARMAZENAMENTO

Tabela 1:	Grupo ecológico (GE), número de árvores coletadas (AC), período de secagem dos frutos (S), determinação do teor de água e duração do teste de germinação (G) de sementes de <i>C. glandulosa</i> .....	88
-----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	19
2.1 Informações sobre a espécie .....	19
2.2 Morfologia de sementes e plântulas .....	19
2.3 Dormência de sementes .....	20
2.4 Temperatura.....	21
2.5 Armazenamento.....	22
3. REFERÊNCIAS .....	24

## CAPÍTULO I

### GERMINAÇÃO E MORFOLOGIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE *Colubrina glandulosa* Perkins APÓS SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA

RESUMO.....	32
ABSTRACT .....	33
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
2.1 Material vegetal .....	36
2.2 Teor de água .....	36
2.3 Caracterização física.....	36
2.4 Descrição morfológica.....	37
2.5 Estudo pós-seminal.....	37
2.6 Tratamentos pré-germinativos .....	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.1 Caracterização física das sementes.....	40
3.2 Morfologia externa e interna da semente .....	43
3.3 Estádios do desenvolvimento pós-seminal .....	43
3.4 Superação da dormência das sementes .....	47
4. CONCLUSÕES .....	53
5. REFERÊNCIAS .....	54

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS TÉRMICO-BIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Colubrina glandulosa* Perkins SOB DIFERENTES TEMPERATURAS: IMPLICAÇÕES PARA SUA UTILIZAÇÃO EM PROGRAMAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

RESUMO.....	59
ABSTRACT .....	60
1. INTRODUÇÃO.....	61
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4. CONCLUSÕES .....	77
5. REFERÊNCIAS .....	78

## CAPÍTULO III

### VIABILIDADE DE SEMENTES DE *Colubrina glandulosa* Perkins DURANTE O ARMAZENAMENTO

RESUMO.....	83
ABSTRACT .....	84
1. INTRODUÇÃO.....	85
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	87
2.1 Local de coleta.....	87
2.2 Coleta.....	88
2.3 Beneficiamento.....	88
2.4 Armazenamento das sementes.....	88
2.5 Teor de água .....	89
2.6 Teste de germinação .....	89
2.7 Procedimento estatístico.....	90
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
4. CONCLUSÕES .....	99
5. REFERÊNCIAS .....	100



## 1. INTRODUÇÃO

No tocante às espécies nativas do Brasil, depara-se com uma escassez de trabalhos científicos pertinentes ao seu comportamento ecofisiológico, dentro do seu ambiente natural (LEAL et al., 2019). A maioria dos trabalhos encontrados enfoca os fatores envolvidos na germinação das sementes de forma isolada, ou seja, pouco se sabe da interação entre fatores intrínsecos e extrínsecos às sementes.

Nos últimos anos, têm sido crescente a busca pelo conhecimento dos fatores mais favoráveis para a germinação de sementes de espécies nativas (BENEDITO et al., 2019). Da mesma forma, carece de conhecimentos básicos necessários ao manuseio e análise das sementes, de modo a fornecer dados que possam determinar o potencial fisiológico.

A qualidade da semente é fundamental para qualquer programa de produção de mudas voltado para plantios comerciais, recuperação de áreas degradadas e conservação dos recursos genéticos (MENEGATTI; MANTOVANI; NAVROSKI, 2019). Os bancos de sementes e os fragmentos das florestas se encontram em diferentes estádios de degradação, e sua recomposição florística requer, dentre outros, a compensação da dinâmica da regeneração natural (RODRIGUES FILHO; CORTE; PERIN, 2019; SOUZA et al., 2019).

Com a intensidade das fiscalizações dos órgãos ambientais quanto à reposição obrigatória da mata nativa nas propriedades rurais, o fornecimento de sementes de espécies florestais tem aumentado em importância (GRZYBOWSKI et al., 2019). Nas avaliações de lotes de sementes, há a necessidade de conhecer, não só a interferência do tempo e condições de armazenamento, mas também as características da espécie quanto ao desempenho durante o armazenamento e seu potencial para a produção de mudas (ALMEIDA; MOURA; VIEIRA, 2019; AVRELLA; WEBER; FIOR, 2019).

Por outro lado, há também a necessidade de se obter informações básicas sobre a morfologia de frutos e sementes, bem como informações sobre as estratégias de produção das sementes e de regeneração das espécies (QUEIROGA et al., 2019). Tais informações permitem identificar botanicamente os frutos e sementes no campo, ampliar os conhecimentos sobre determinada espécie ou agrupamento sistemático de plantas e compreender o comportamento de uma espécie em seu habitat natural (LIMA et al., 2019; SALOMÃO et al., 2019).

*Colubrina glandulosa* Perkins, conhecida popularmente como colubrina, é uma espécie arbórea nativa do Brasil, com potencial para uso na recuperação de áreas

degradadas (MORAIS JUNIOR et al., 2019). Tendo em vista a falta de informação científica sobre a espécie, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de (a) caracterizar as sementes do ponto de vista físico e morfológico; (b) estudar o desenvolvimento pós-seminal; (c) indicar o melhor tratamento para superação da dormência das sementes; (d) determinar as temperaturas cardiais para a germinação; (e) verificar a variação isotérmica da velocidade de germinação com base no modelo do estado de transição; (f) calcular a variação de energia (entalpia) de ativação da germinação em função da temperatura; e (g) avaliar diferentes condições de armazenamento sobre o potencial fisiológico das sementes.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Informações sobre a espécie**

*Colubrina glandulosa* Perkins, pertencente à família Rhamnaceae e conhecida popularmente como colubrina, apresenta larga distribuição natural na América do Sul, sendo nativa do Brasil e mais amplamente distribuída nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste (LORENZI, 2016). A árvore é decídua, heliófita e seletiva higrófito, podendo atingir 20 m de altura, e até 60 cm de diâmetro à altura do peito (BENTES-GAMA et al., 2008).

Possui tronco retilíneo, com casca marrom-escura ou marrom-acinzentada, rugosa, com sulcos longitudinais curtos (CARVALHO, 2005). Copa alongada ou cônica, com ramos finos quase horizontais (BENTES-GAMA et al., 2008). Sua madeira é usada na construção civil e naval, e em obras externas e hidráulicas (CAVALHEIRO; PIMENTA; TOREZAN, 2007). Pode ser empregada na arborização de ruas largas e parques (LORENZI, 2016). Por ser uma planta rústica e de fácil cultivo, é também destinada para a recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente (GARCIA; MORAES; SOUSA, 2009).

Floresce quase o ano inteiro, porém, com maior intensidade entre julho e setembro (CARVALHO, 2005). A maturação dos frutos ocorre de outubro a dezembro (LORENZI, 2016). De acordo com Albuquerque et al. (1998), *C. glandulosa* produz anualmente grande quantidade de sementes, garantindo a sua regeneração natural. Com relação ao grupo ecológico, Brancalion, Mondo e Novembre (2011), a classificam como secundária inicial.

### **2.2 Morfologia de sementes e plântulas**

Informações básicas sobre a morfologia de sementes e plântulas de espécies florestais constituem o ponto de partida para qualquer análise de estudo da regeneração natural (SOARES et al., 2017). Estas informações possibilitam, ainda, descrever, identificar e classificar botanicamente a espécie no campo, ampliar os conhecimentos sobre determinada espécie ou agrupamento sistemático de plantas e compreender o comportamento de uma espécie em seu habitat natural (COSMO et al., 2017).

O estudo da estrutura da planta é utilizado para auxiliar estudos taxonômicos e evolutivos, sob o ponto de vista estritamente morfológico (GROTH; LIBERAL, 1988; FERREIRA; BARRETTO, 2015). Além do que, pode contribuir para a compreensão do conhecimento morfo-anatômico da espécie, disponibilizando uma quantidade de caracteres próprios, que tornam possível determinar as espécies das quais procedem as sementes (DUARTE et al., 2015). Podendo também ser usado em laboratórios de análise de sementes, para auxiliar na interpretação dos testes de germinação, nos quais, existe, geralmente, a necessidade de se distinguir plântulas normais e anormais (SILVA et al., 2016).

A caracterização morfológica dos estádios visíveis da germinação, assim como, a caracterização das unidades de dispersão, facilitam o reconhecimento das estruturas morfológicas e auxiliam na identificação precoce das espécies (DAMIÃO FILHO, 1993; ARAÚJO et al., 2014). Tais estudos podem ser encontrados em outros trabalhos: *Caesalpinia pulcherrima* (L.) SW. (ARAÚJO NETO et al., 2014), *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. (SANTOS-MOURA et al., 2016), *Manilkara* Adans. (TAKEDA et al., 2017) e *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O. Berg. (SOUZA; SOUZA; PANOBIANCO, 2018).

A capacidade de reconhecer a plântula e estádios juvenis na mata, pode ser de grande valor para se estabelecer tanto a dinâmica de populações, quanto o manejo silvicultural de matas semelhantes (GEISLER et al., 2017). Além disso, pode servir como índice para reconhecimento do estágio sucessional em que se encontra a mata, de acordo com a diversidade de espécies e os indivíduos que dominam o solo (OLIVEIRA; PAOLI, 2016). No processo de regeneração natural, as características das espécies, tais como a composição florística e proporção de espécies distribuídas em grupos funcionais, são de principal importância, definindo o sucesso ou insucesso de um programa de recuperação de áreas degradadas (GOMES et al., 2015).

### **2.3 Dormência de sementes**

A dormência é uma condição, na qual as sementes não germinam mesmo quando colocadas diante de condições favoráveis de ambiente, devido à ação de fatores internos ou causas determinadas pela própria semente, como por exemplo, dormência do embrião (ROCHA et al., 2018). Sob o ponto de vista da fisiologia vegetal, a dormência representa um recurso eficaz para a preservação da continuidade da espécie, constituindo mecanismo

de resistência a condições desfavoráveis de ambiente e garantindo que a germinação ocorra apenas quando o ambiente se torna propício ao desenvolvimento do embrião (MARTINS et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018).

Conhecer os mecanismos de dormência e a sua duração para as diferentes espécies tem importância ecológica, bem como econômica, pois auxilia na definição sobre a necessidade de se utilizar tratamentos específicos para atuarem na superação da dormência, de modo a permitir o desenvolvimento do embrião (CASTRO et al., 2017; MENEGATTI et al., 2017).

A dormência é classificada em dois tipos: primária (presente na semente coletada) e secundária (causada por alterações fisiológicas devido à exposição a condições desfavoráveis à germinação, após a coleta) (CÁSSERO; PASTORINI; SOUZA, 2018).

A dormência pode ser causada por um ou mais mecanismos que atuam sobre a estrutura da semente (ZANOTELLI; KISSMANN, 2017). Quando estes se sobrepõem, seus efeitos podem confundir na análise e conclusão dos resultados (NASCIMENTO; AZEREDO; SOUZA, 2018). Esses mecanismos podem ser de ordem morfológica, fisiológica, física/mecânica ou química (LUCAS et al., 2018).

As causas da dormência são provenientes de dois mecanismos básicos, sendo o primeiro relacionado a eventos internos das sementes (embrião) e o segundo, às características externas (tegumento ou as barreiras impostas pelo fruto) (VELA et al., 2018; SCHMIDT et al., 2017). Assim, elas podem ser oriundas de substâncias inibidoras, resistência mecânica dos tecidos externos ao embrião, imaturidade do embrião ou dormência do próprio embrião (OLIVEIRA; SILVA; ALVES, 2017).

Entre os principais tratamentos utilizados para a superação da dormência exógena, podem ser citados: escarificação ácida, imersão em água quente ou em água fria e escarificação mecânica. Para superação da dormência endógena: estratificação a frio e estratificação quente e fria (MELO et al., 2018; OBA et al., 2017). Quando o embrião se encontra em estado de dormência, sendo este o foco da obstrução germinativa, normalmente é superada com choque térmico ou alteração luminosa (SILVA et al., 2018).

## **2.4 Temperatura**

Na ausência de outros fatores limitantes, a germinação ocorre sob limites relativamente amplos de temperatura, cujos extremos dependem principalmente da espécie e suas características genéticas e das condições do ambiente durante a produção

(ALMEIDA et al., 2017; BENEDITO et al., 2017). Sabe-se que o processo de germinação envolve uma série de atividades metabólicas, durante as quais ocorre uma sequência programada de reações químicas; cada uma dessas reações apresenta exigências próprias quanto à temperatura, principalmente porque dependem da atividade de sistemas enzimáticos específicos (ARAÚJO NETO et al., 2018; ATAÍDE et al., 2017).

As variações da temperatura também afetam a velocidade e a uniformidade de germinação (LIMA et al., 2017). Considerando-se que a velocidade de germinação, percentagem e uniformidade variam com a temperatura, há necessidade de serem determinadas temperaturas em que a eficiência do processo é total, bem como os extremos (máxima e mínima) tolerados pelas sementes (FELIX et al., 2018; BASTOS et al., 2017). Esses extremos, incluindo a temperatura considerada ótima, representam as temperaturas ideais para a germinação (NOGUEIRA et al., 2017).

A temperatura ótima para a germinação varia de acordo com a espécie, sendo esta definida geneticamente e, também, em função das condições fisiológicas das sementes, como o desenvolvimento e a maturação das sementes (OLIVEIRA et al., 2017). Para a maioria das espécies, está entre 15 e 30 °C, com os extremos variáveis de máxima entre 30 e 40 °C e mínima podendo aproximar-se do ponto de congelamento (SILVA et al., 2017). A faixa de temperatura na qual as sementes germinam refletem muitas vezes as características térmicas do habitat onde tais espécies ocorrem (SANHUEZA et al., 2017).

Por outro lado, muitas espécies apresentam reação germinativa favorável à uma alternância de temperatura, semelhante ao que acontece ao natural, em que as temperaturas diurnas são mais altas e as noturnas menores (VITÓRIA et al., 2018). Esse comportamento geralmente está associado a espécies que apresentam dormência, mas a alternância também pode beneficiar outras que normalmente não apresentam o problema (BENEDITO et al., 2019).

## **2.5 Armazenamento**

A irregularidade na produção de sementes na maioria das espécies florestais impossibilita o suprimento contínuo de sementes para atender as necessidades dos programas de produção de mudas para os mais variados fins (GRZYBOWSKI et al., 2019; FLORES et al., 2018). A partir do armazenamento, é possível a conservação do germoplasma de plantas em perigo de extinção (LÉON-LOBOS; ELLIS, 2018).

Entretanto, para que o mesmo dê resultados positivos, as sementes devem ser armazenadas em condições adequadas (BECERRA-VÁZQUEZ et al., 2018).

Uma semente quando madura, tem o seu embrião em estado de relativa inatividade, o que já constitui um preparo desta para o seu armazenamento (RODRIGUES FILHO; CORTE; PERIN, 2019). E este estado deve ser mantido durante todo o processo de armazenagem, sem que a semente tenha a sua viabilidade prejudicada (JOSE et al., 2018). Torna-se, então, necessário o uso de técnicas que permitam manter a viabilidade das sementes pelo maior tempo possível, reduzindo ao máximo a deterioração, para garantia da manutenção do estoque de sementes para os anos subsequentes de baixa produção (OLIVEIRA; ALVES; FERNANDES, 2018; PELISSARI et al., 2018).

O armazenamento tem por objetivo conservar as sementes, preservando seu potencial fisiológico, para posterior semeadura e obtenção de estandes adequados (WENCOMO; ORTÍZ; CÁCERES, 2017). Assim, além do tratamento da própria semente, são necessários embalagem e ambiente apropriados (SMIDERLE et al., 2018). As condições de armazenamento são variáveis, dependendo da espécie e das características de suas sementes (SAHU et al., 2017). As sementes ortodoxas, geralmente, não só toleram a dessecação mas, provavelmente, dependem dela para redirecionar os processos metabólicos do desenvolvimento em direção à germinação. Em contraste, as recalcitrantes não apenas são independentes dessa secagem para adquirir a capacidade germinativa, como ainda apresentam limites de tolerância à dessecação. (NERY et al., 2017).

As condições de armazenamento podem variar em função do tempo no qual as sementes ficarão armazenadas (BARBEDO, 2018). Toda e qualquer semente armazenada sofre deterioração que pode ser rápida ou lenta, dependendo das características ambientais e da própria semente (FELIX et al., 2017). Geralmente a redução da temperatura e umidade relativa do ar do ambiente, fazem com que o metabolismo da semente seja reduzido e que os microorganismos responsáveis por sua deterioração, fiquem fora de ação, aumentando sua longevidade (HENNIPMAN et al., 2017; SCHNEIDER et al., 2017).

### 3. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. C. F.; RODRIGUES, T. J. D.; MINOHARA, L.; TEBALDI, N. D.; SILVA, L. M. M. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguaraji (*Colubrina glandulosa* Perk. – Rhamnaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 108-111, 1998.
- ALMEIDA, V. G.; MOURA, E. N.; VIEIRA, G. T. Espécies vegetais utilizadas em áreas degradadas pela mineração. **Research, Society and Development**, Itabira-MG, v. 8, n. 3, p. 1-14, 2019.
- ALMEIDA, J. P. N.; LESSA, B. F. T.; PINHEIRO, C. L.; GOMES, F. M.; MEDEIROS FILHO, S.; SILVA, C. C. Germination and development of *Amburana cearensis* seedlings as influenced by seed weight, light and temperature. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 525-533, 2017.
- ARAÚJO, A. M. S.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O.; CARVALHO, S. M. C. Caracterização morfométrica e germinação de sementes de *Macropitium martii* Benth. (Fabaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 124-131, 2014.
- ARAÚJO NETO, J. C.; TEIXEIRA, J. D.; NEVES, M. I. R. S.; MELO, L. D. F. A.; FERREIRA, V. M. Caracterização morfométrica, germinação e conservação de sementes de *Triplaris brasiliiana* Cham. (Polygonaceae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 949-959, 2018.
- ARAÚJO NETO, J. C.; CAMARA, C. A.; FERREIRA, V. M.; LESSA, B. F. T.; OLIVEIRA, Y. M. Caracterização morfométrica, germinação e conservação de sementes de *Caesalpinia pulcherrima* (L.) SW. (Fabaceae: Caesalpinioidea). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2287-2300, 2014.
- ATAÍDE, G. M.; BORGES, E. E. L.; PICOLI, E. A. T.; LEITE FILHO, A. T.; FLORES, A. V. Alterações nas reservas de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott. (Fabaceae Caesalpinioidea) durante a germinação em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, Recife, v. 12, n. 3, p. 372-379, 2017.
- AVRELLA, E. D.; WEBER, J. M.; FIOR, C. S. Water saturation stress in *Mimosa scabrella* seedlings. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2019.
- BARBEDO, C. J. A new approach towards the so-called recalcitrant seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 221-236, 2018.
- BASTOS, L. L. S.; FERRAZ, I. D. K.; LIMA JUNIOR, M. J. V.; PRITCHARD, H. W. Variation in limits to germination temperature and rates across the seed-seedling transition in the palm *Oenocarpus bataua* from the Brazilian Amazon. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 45, n. 1, p. 1-13, 2017.
- BECERRA-VÁZQUEZ, A. G.; SÁNCHEZ-NIETO, S.; COATES, R.; FLORES-ORTIZ, C. M.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed longevity of five tropical species from south-



eastern Mexico: changes in seed germination during storage. **Tropical Conservation Science**, Mexico, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2018.

BENEDITO, C. P.; RIBEIRO, M. C. C.; PAIVA, E. P.; MEDEIROS, H. L. S. Dormancy overcoming and germination test in *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 338-344, 2019.

BENEDITO, C. P.; RIBEIRO, M. C. C.; TORRES, S. B.; GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, K. J. B. Dormancy overcoming, temperatures and substrates on germination of *Mimosa tenuiflora* Willd seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 125-134, 2017.

BENTES-GAMA, M. M.; PEREIRA, N. S.; CAPELASSO, P. H. S.; SALMAN, A. K. D.; VIEIRA, A. H. **Espécies arbóreas nativas com potencial para recuperação de paisagens alteradas em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. 41 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 128).

BRANCALION, P. H. S.; MONDO, V. H. V.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Escarificação química para a superação da dormência de sementes de saguaraji-vermelho (*Colubrina glandulosa* Perk. - Rhamnaceae). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 119-124, 2011.

CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 10 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 106).

CÁSSERO, L. Z.; PASTORINI, L. H.; SOUZA, L. A. Anatomia e germinação de diásporos de *Chrysolaena cognata* (Less.) Dematt. (Asteraceae). **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo-RS, v. 13, n. 2, p. 154-160, 2018.

CASTRO, D. S.; ARAUJO, E. F.; BORGES, E. E. L.; AMARO, H. T. R. Caracterização da testa de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr após superação de dormência. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 1061-1068, 2017.

CAVALHEIRO, A. L.; PIMENTA, G. A.; TOREZAN, J. M. D. Effect of some physical and chemical treatments on germination of *Colubrina glandulosa* seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 35, n. 3, p. 744-748, 2007.

COSMO, N. L.; GOGOSZ, A. M.; REGO, S. S.; NOGUEIRA, A. C.; KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia de fruto, semente e plântula, e germinação de sementes de *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand (Myrtaceae). **Revista FLORESTA**, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 479-488, 2017.

DAMIÃO FILHO, C. F. **Morfologia e anatomia de sementes**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1993. 145 p.

DUARTE, M. M.; MILANI, J. E. F.; BLUM, C. T.; NOGUEIRA, A. C. Germinação e morfologia de sementes e plântulas de *Albizia edwalli* (Hoehne) Barneby & J. W. Grimes. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 166-173, 2015.

FELIX, F. C.; ARAÚJO, F. S.; SILVA, M. D.; FERRARI, C. S.; PACHECO, M. V. Estresse hídrico e térmico na germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, Recife, v. 13, n. 2, p. 1-7, 2018.

FELIX, F. C.; PÁDUA, G. V. G.; ARAÚJO, F. S.; FERRARI, C. S.; PACHECO, M. V. Armazenamento de sementes de *Pritchardia pacifica*. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2017.

FERREIRA, R. A.; BARRETTO, S. S. B. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lamarck). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 3, p. 505-512, 2015.

FLORES, A. V.; ATAÍDE, G. M.; CASTRO, V. O.; BORGES, E. E. L.; PEREIRA, R. M. D. Physiological and biochemical alterations on the storage of *Cedrela fissilis* Vellozo seeds. **FLORESTA**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 1-8, 2018.

GARCIA, L. C.; MORAES, R. P.; SOUSA, S. G. A. **Superação de dormência em sementes de colubrina (*Colubrina glandulosa* Perk.)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 4 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado técnico, 80).

GEISLER, G. E.; PINTO, T. T.; SANTOS, M.; PAULILO, M. T. S. Seed structures in water uptake dormancy release, and germination of two tropical Forest Fabaceae species with physically dormant seeds. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 67-77, 2017.

GOMES, J. P.; OLIVEIRA, L. M.; FRANÇA, C. S. S.; DACOREGIO, H. M.; BORTOLUZZI, R. L. C. Caracterização morfológica de plântulas durante a germinação de sementes de *Psidium cattleianum* e *Acca sellowiana* (Myrtaceae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 1035-1042, 2015.

GROTH, D.; LIBERAL, O. H. T. **Catálogo de identificação de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 182 p.

GRZYBOWSKI, C. R. S.; SILVA, R. C.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. Processing and physical and physiological quality of the native forest seeds of *Vernonanthura discolor*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2019.

HENNIPMAN, H. S.; SANTOS, A. F.; VIEIRA, E. S. N.; AUER, C. G. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de araucária durante armazenamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 643-654, 2017.

JOSE, S. C. B. R.; SALOMÃO, A. N.; MELO, L. A. M. P.; SANTOS, I. R. I.; LAVIOLA, B. G. Germination and vigor of stored *Jatropha curcars* L.) seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 000-000, 2018.

LEAL, C. C. P.; DANTAS, N. B. L.; TORRES, S. B.; VALE, A. A. M.; FREITAS, R. M. O. Initial development of *Combretum leprosum* Mart. seedlings irrigated with saline

water of different cationic natures. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 300-306, 2019.

LÉON-LOBOS, P.; ELLIS, R. H. Comparison of seed desiccation sensitivity amongst *Castanea sativa*, *Quercus ilex* and *Q. cerris*. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 46, n. 2, p. 233-237, 2018.

LIMA, R. G. V. N.; LIMA, L. F.; FERREIRA, A. C.; ARAÚJO, J. S.; ZICKEL, C. S. Leaf morphoanatomy of *Diploon* Cronquist (Sapotaceae Juss.). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 1-7, 2019.

LIMA, T. M.; MENDONÇA, A. V. R.; PAIXÃO, C. C.; FREITAS, T. A. S.; MOREIRA, R. F. C. Influence of temperature and photoperiod on the germination of *Senegalia bahiensis* seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 3, p. 1103-1114, 2017.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2016. 384 p.

LUCAS, R. R.; GOMES, G. C.; GUARINO, E. S.; FREITAS, T. C.; AMARAL, S. W.; SOUSA, L. P.; MIURA, A. K.; COSTA, C. J. Germinação de sementes de *Myrsine coriacea* (Primulaceae) submetidas a diferentes tratamentos para superação da dormência. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 73, n. 2, p. 108-113, 2018.

MARTINS, D. A. P.; LANZARINI, A. C.; HEINZ, C. F.; VIEIRA, F. S.; BONATTO, R. A.; KANIESKI, M. R. Avaliação da transposição de serapilheira e do banco de sementes do solo em uma área degradada no Planalto Catarinense. **Revista FLORESTA**, Curitiba, v. 47, n. 3, p. 237-246, 2017.

MELO, L. D. F. A.; MELO JUNIOR, J. L. A.; FERREIRA, V. M.; ARAÚJO NETO, J. C.; NEVES, M. I. R. S. Biometric characterization and seed germination of giant mimosa (*Mimosa bimucronata* (DC) O. Kuntze). **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 12, n. 1, p. 108-115, 2018.

MENEGATTI, R. D.; MANTOVANI, A.; NAVROSKI, M. Biometric and physiological quality of bracatinga seeds from different mother trees. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2019.

MENEGATTI, R.; MANTOVANI, A.; NAVROSKI, M. C.; GUOLLO, K.; VARGAS, O. F.; SOUZA, A. G. Germinação de sementes de *Mimosa scabrella* Benth. submetidas a diferentes condições de temperatura, armazenamento e tratamentos pré-germinativos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 4, n. 2, p. 305-310, 2017.

MORAIS JUNIOR, V. T. M.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; ALVES, E. B. B. M.; PAIVA, H. N.; CRUZ, R. A.; ZANUNCIO, J. C. Early assessment of tree species with potential for carbon offset plantations in degraded area from the southeastern Brazil. **Ecological Indicators**, Coimbra, v. 98, n. 1, p. 854-860, 2019.

NASCIMENTO, V. G.; AZEREDO, G. A.; SOUZA, V. C. Sementes de saboneteira (*Sapindus saponaria* L.) submetidas a tratamentos pré-germinativos. **Nucleus**, Ituverava-SP, v.15, n. 1, p. 217-224, 2018.

NERY, F. C.; PRUDENTE, D. O.; ALVARENGA, A. A.; PAIVA, R.; NERY, M. C. Storage of *Calophyllum brasiliense* Cambess. seeds. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 3, p. 431-436, 2017.

NOGUEIRA, N. W.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O.; CASTRO, T. H. S.; SÁ, F. V. S. 'Jurema-de-embira' seed germination under water stress and at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 4, p. 244-248, 2017.

OBA, G. C.; GONELI, A. L. D.; MASETTO, T. E.; FILHO, C. P. H.; PATRICIO, V. S.; SARATH, K. L. L. Dormancy of safflower seeds: effect of storage and cold stratification. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 433-439, 2017.

OLIVEIRA, A. K. M.; ALVES, F. F.; FERNANDES, V. Germinação de sementes de *Vochysia divergens* após armazenamento em três ambientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 525-531, 2018.

OLIVEIRA, K. J. B.; LIMA, J. S. S.; ANDRADE, L. I. F.; ARAÚJO, J. A. M.; CRISPIM, J. F. Quebra de dormência de sementes de *Delonix regia* (Fabaceae). **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 3, p. 709-716, 2018.

OLIVEIRA, F. N.; OLIVEIRA, J. R.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W. Germination and initial development of *Simira gardneriana* seedling under water stress and at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 5, p. 333-338, 2017.

OLIVEIRA, J. D.; SILVA, J. B.; ALVES, C. Z. Tratamentos para incrementar, acelerar e sincronizar a emergência de plântulas de mucuna-preta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 3, p. 531-539, 2017.

OLIVEIRA, J. H. G.; PAOLI, A. A. S. Morfologia e desenvolvimento da plântula de *Acalypha gracilis* (Spreng.) Müll. Arg, *Euphorbia cotinifolia* L. e *Jatropha gossypifolia* L. (Euphorbiaceae). **Arnaldia**, Trujillo, v. 23, n. 2, p. 443-460, 2016.

PELISSARI, F.; JOSE, A. C.; FONTES, M. A. L.; MATOS, A. C. B.; PEREIRA, W. V. S.; FARIA, J. M. R. A probabilistic model for tropical tree seed desiccation tolerance and storage classification. **New Forests**, New Zealand, v. 49, n. 1, p. 143-158, 2018.

QUEIROGA, A. X. M.; COSTA, F. B.; SANTIAGO, M. M.; SOUSA, F. F.; SANTOS, K. P.; SILVA, J. L.; TEODOSIO, A. E. M. M.; SALES, G. N. B.; SILVA, K. G.; FILHO, R. B. Physical, chemical-physical characterization and determination of bioactives compounds of the pimenteira fruits (*Talisia esculenta*). **Journal of Agricultural Science**, Canada, v. 11, n. 1, p. 303-312, 2019.

ROCHA, A. P.; MATOS, V. P.; SENA, L. H. M.; PACHECO, M. V.; FERREIRA, R. L. C. Métodos para superação da dormência em sementes de *Garcinia gardneriana* (Planch. & Triana) Zappi. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 505-514, 2018.

- RODRIGUES FILHO, J.; CORTE, V. B.; PERIN, I. T. A. L. Dormancy Breaking in *Senna Pendula* (Willd.) H. S. Irwin & Barneby. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2019.
- SAHU, B.; SAHU, A. K.; THOMAS, V.; NAITHANI, S. C. Reactive oxygen species, lipid peroxidation, protein oxidation and antioxidative enzymes in dehydrating Karanj (*Pongamia pinnata*) seeds during storage. **South African Journal of Botany**, South Africa, v. 112, n. 1, p. 383-390, 2017.
- SALOMÃO, R. P.; GOMES, V. H. F.; BRIENZA JÚNIOR, S.; SALOMÃO, G. N.; HAGE, A. L. F. Indicadores de sustentabilidade da restauração florestal em áreas mineradas na Amazônia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 1251-1259, 2019.
- SANHUEZA, C.; VALLEJOS, V.; CAVIERES, L. A.; SAEZ, P.; BRAVO, L. A.; CORCUERA, L. J. Growing temperature affects seed germination of the antarctic plant *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl (Caryophyllaceae). **Polar Biology**, Berlin, v. 40, n. 2, p. 449-455, 2017.
- SANTOS-MOURA, S. S.; GONÇALVES, E. P.; MELO, L. D. F. A.; PAIVA, L. G.; SILVA, T. M. Morphology of fruits, diaspores, seeds, seedlings, and saplings of *Syagrus coronata* (Mart.) Becc. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 3, p. 652-660, 2016.
- SCHMIDT, P. M. S.; NUNES, U. R.; BACKES, F. A. A. L.; SANGOI, P. R. S.; FAGUNDES, L. K.; FERNANDES, T. S.; DALCIN, J. S. Métodos de superação de dormência em sementes de maxixe. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 1, p. 53-60, 2017.
- SCHNEIDER, C. F.; DRANSKI, J. A. L.; GUSATTO, F. C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Equações de longevidade para sementes de pau-marfim. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 60, n. 1, p. 53-59, 2017.
- SILVA, R. S.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; SANTOS-MOURA, S. S.; CRUZ, F. R. S.; URSULINO, M. M. Superação da dormência de sementes de *Sapindus saponaria* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 987-996, 2018.
- SILVA, R. B.; MATOS, V. P.; FARIAS, S. G. G.; SENA, L. H. M.; SILVA, D. Y. B. O. Germinação e vigor de plântulas de *Parkia platycephala* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 142-150, 2017.
- SILVA, F. W. A.; GURGEL, E. S. C.; CRUZ, E. D.; SANTOS, J. U. M. Morfologia do fruto, da semente, da plântula e da planta jovem de *Sarcaulus brasiliensis* A. DC. Eyma (Sapotaceae). **Biota Amazônia**, Macapá, v. 6, n. 3, p. 7-11, 2016.
- SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; PEDROSO, C. A.; SILVA, T. J.; SOUZA, A. A. Correlation between mass and vigor of *Pochota fendleri* (Malvaceae) seeds stored in different environments. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 1, p. 93-99, 2018.

SOARES, I. D.; NOGUEIRA, A. C.; GRABIAS, J.; KUNIYOSHI, Y. S. Caracterização morfológica de fruto, semente e plântula de *Psidium rufum* DC. (Myrtaceae). **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 72, n. 2, p. 221-227, 2017.

SOUZA, M. A.; SOUTO, J. C.; ANDRADE, A. P.; ARAUJO, K. D.; GOMES, D. L. Contribution of litter and leaf decomposition of *Byrsonima gardneriana*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2019.

SOUZA, M. T.; SOUZA, M. T.; PANOBIANCO, M. Morphological characterization of fruit, seed and seedling, and seed germination test of *Campomanesia guazumifolia*. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 000-000, 2018.

TAKEDA, P. S.; ABREU, N. C.; SANTOS, J. U.; GURGEL, E. S. Morfologia do fruto, semente, plântula e planta jovem de duas espécies de *Manilkara* Adans. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 7, n. 1, p. 48-53, 2017.

VELA, R. S.; MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F.; CHICHANOSKI, C.; BRACCINI, A. L. Quebra de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 2, p. 327-335, 2018.

VITÓRIA, R. Z.; OLIVEIRA, F. T. G.; POSSE, S. C. P.; ARANTES, S. D.; SCHMILDT, O.; VIANA, A.; MALIKOUSKI, R. G.; BARROS, B. L. A. Qualidade fisiológica de sementes de aroeira em função da maturação dos frutos sob diferentes temperaturas de germinação. **Nucleus**, Ituverava-SP, v.15, n. 2, p. 575-582, 2018.

WENCOMO, H. B.; ORTÍZ, R.; CÁCERES, J. Quality of seeds from *Leucaena* species stored under ambient conditions. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 12, n. 4, p. 279-285, 2017.

ZANOTELLI, P.; KISSMAN, C. Germinação de sementes de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer: temperatura de incubação e tratamentos pré-germinativos. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 16-21, 2017.

## **CAPÍTULO I**

### **GERMINAÇÃO E MORFOLOGIA DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE *Colubrina glandulosa* Perkins APÓS SUPERANÇA DA DORMÊNCIA**

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar as sementes do ponto de vista físico e morfológico, estudar o desenvolvimento pós-seminal e indicar o melhor tratamento para superação da dormência em colubrina (*Colubrina glandulosa* Perkins). Para a caracterização física, oito repetições de 100 sementes foram pesadas e avaliadas quanto ao comprimento, largura e espessura. Para a descrição morfológica das sementes consideraram-se aspectos externos e internos. Foram utilizados sete tratamentos pré-germinativos para superação da dormência: sementes intactas (T<sub>1</sub>); imersão em ácido sulfúrico por 60 minutos (T<sub>2</sub>); imersão em ácido sulfúrico por 90 minutos (T<sub>3</sub>); desponte na região oposta ao hilo (T<sub>4</sub>); imersão em água destilada a 80 °C, seguida de repouso na mesma água, sem aquecimento, por 24 horas, à temperatura ambiente (T<sub>5</sub>); imersão em água destilada por 24 horas (T<sub>6</sub>) e imersão em água destilada por 48 horas (T<sub>7</sub>). No estudo pós-seminal, o processo germinativo foi registrado durante dezenove dias. As variáveis analisadas foram: germinação, primeira contagem, velocidade, tempo médio, incerteza e sincronia de germinação, comprimento e massa seca da parte aérea e raiz primária. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento. As sementes apresentam alta variabilidade para os aspectos físicos. A semente é testal e o embrião assume o tipo invaginado. A germinação é epígea do tipo fanerocotiledonar. O desponte induziu máxima germinabilidade em menor tempo médio, resultando na distribuição unimodal da frequência relativa e na alta sincronização da germinação, o que possibilitou número máximo de plântulas de maior vigor, sendo o tratamento indicado para superação da dormência.

**Palavras-chave:** caracterização física. colubrina. descrição morfológica. estudo pós-seminal. tratamentos pré-germinativos.



## ABSTRACT

The objectives of the present study were to morphologically characterize the seeds, study post-seminal development, and report the best treatment to overcoming dormancy of colubrina (*Colubrina glandulosa* Perkins). Eight replicates of 100 seeds were weighed and the length, width, and thickness of each seed were measured for the physical characterization. External and internal aspects were considered for the morphological description of the seeds. Seven pre-germination treatments were used to overcoming dormancy: intact seeds (T<sub>1</sub>); immersion in sulfuric acid for 60 min (T<sub>2</sub>); immersion in sulfuric acid for 90 min (T<sub>3</sub>); manual scarification in the region opposite the hilum (T<sub>4</sub>); immersion in distilled water at 80 °C, followed by standing in the same water outside the heat for 24 hours at room temperature (T<sub>5</sub>); immersion in distilled water for 24 hours (T<sub>6</sub>) and immersion in distilled water for 48 hours (T<sub>7</sub>). The germinative process was recorded for 19 days in the post-seminal study. The variables analyzed were germination, first count, speed, average germination time, germination uncertainty and synchrony, length and dry mass of aerial part and primary root. This was a completely randomized designed study, with four replicates of 25 seeds in each treatment. The seeds were morphologically highly variable. The testal and the embryo were the invaginated type. Germination was epigeal and the phanerocotyledonal type. Manual scarification induced maximum germinability in the mean time, resulting in a unimodal distribution of the relative frequency and high synchronization of germination, which allowed for the maximum number of highly vigorous seedlings, being the treatment for overcoming dormancy in *C. glandulosa*.

**Keywords:** colubrina. morphological description. physical characterization. post-seminal study. pre-germination treatments.

## 1. INTRODUÇÃO

*Colubrina glandulosa* Perkins (Rhamnaceae), conhecida popularmente como colubrina, espécie nativa, ocorre desde a costa leste do Brasil até o Paraguai e Peru. Apresenta rápido crescimento, com potencial madeireiro e ecológico, sendo amplamente utilizada na restauração de áreas degradadas. É recomendada para paisagismo e arborização de praças públicas (LORENZI, 2016). Suas sementes apresentam acentuada dormência física, causada pela impermeabilidade do tegumento à água (CARVALHO, 2005). Solicitam-se, porém, novos trabalhos indicando métodos eficientes para superá-la, tendo em vista que, sem tal procedimento, a germinação será baixa, lenta e desuniforme.

Embora seja uma espécie de múltiplos usos e de grande potencialidade em programas de reflorestamento misto, os procedimentos para condução do teste de germinação ainda não estão padronizados pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) ou pelas Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013), publicações que normatizam a metodologia do teste de germinação, com recomendações de tratamentos pré-germinativos, uso de substratos, quantidade de água no substrato e a temperatura a ser utilizada.

Por outro lado, os aspectos da morfologia de sementes e plântulas, em colubrina, são escassos na literatura. Informações sobre as características morfológicas e etapas do desenvolvimento pós-seminal auxiliam na interpretação e padronização de testes de germinação. Segundo Baskin e Baskin (2014), isto é essencial para identificação botânica de espécies, e em estudos de mecanismos de dispersão, sucessão e regeneração natural, bem como para fins filogenéticos e ecológicos.

Diferentes trabalhos para superação de dormência em sementes de colubrina, encontraram resultados conflitantes, tais como o de Cavalheiro, Pimenta e Torezan (2007), que observaram aumento no tempo médio de germinação, e o de Garcia, Moraes e Sousa (2009), os quais obtiveram redução na porcentagem de germinação das sementes, o que reforça a necessidade de novos testes, especialmente em sementes oriundas de regiões mais quentes como as prevalentes no Nordeste brasileiro. Vale ressaltar que nenhum dos trabalhos encontrados associou a dinâmica do processo de germinação ao conhecimento morfológico.

Diante do que foi exposto e para uma recomendação mais segura e eficiente da germinação, avançando em relação aos trabalhos já efetuados, o presente trabalho objetivou caracterizar as sementes do ponto de vista físico e morfológico, estudar o

desenvolvimento pós-seminal e indicar o melhor tratamento para superação da dormência das sementes.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propagação de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Rio Largo, AL, Brasil.

### **2.1 Material vegetal**

Para obtenção das sementes, foi feita a colheita de frutos maduros, de outubro a dezembro de 2015, provenientes de 10 árvores pertencentes a fragmentos florestais localizados no município de Bom Conselho, PE, situado a 09° 10' 11'' S, 36° 40' 47'' W e a 654 metros de altitude. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo BSh, semi-árido quente, de acordo com Empeaire (1984).

Os frutos foram colhidos com uma tesoura aérea com cabo extensor, no final do período de maturação, quando muda de cor, passando do verde para o castanho-escuro, e a seguir, mantidos à sombra (abrigo protegido do sol e da chuva) por cinco dias, para completar o processo de secagem e facilitar a deiscência dos frutos.

### **2.2 Teor de água**

Para a determinação do teor de água das sementes, foi utilizado o método de estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas, conforme prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Essa determinação foi realizada, após a colheita das sementes e por ocasião da instalação dos ensaios, utilizando-se duas amostras de 1 g de sementes.

### **2.3 Caracterização física**

Para a caracterização física foram utilizadas oito repetições de 100 sementes. As sementes foram pesadas para verificação do peso de 1.000 sementes e do número de sementes por quilograma (BRASIL, 2009), e medidos o comprimento, largura e espessura de cada semente, de modo a se obter as dimensões das sementes.

Para cada variável foram calculados a média, a moda, a mediana, a variância, o desvio padrão, a amplitude de variação e o coeficiente de variação (BANZATTO; KRONKA, 2006). Foi feita a distribuição das frequências das medidas tomadas em cada

semente, sendo agrupadas em classes para melhor apresentação no histograma de frequência (LABOURIAU; VALADARES, 1976; LABOURIAU, 1983). Para indicar o grau de desvio ou afastamento da simetria de uma distribuição, foi calculado o Coeficiente de Assimetria de Pearson, em que  $A_S = (\text{Média} - \text{Moda}) / \text{Desvio padrão}$ , adotando-se a seguinte escala:  $A_S \leq -1$  para assimétrica negativa forte;  $-1 < A_S < 0$  para assimétrica negativa fraca;  $A_S = 0$  para simétrica;  $0 < A_S < 1$  para assimétrica positiva fraca; e  $A_S \geq 1$  para assimétrica positiva forte.

## **2.4 Descrição morfológica**

A caracterização morfológica das sementes foi realizada utilizando-se 25 sementes. Para amolecimento do tegumento, as sementes foram despontadas na região oposta ao hilo, e em seguida, imersas em água destilada por 5 horas. Posteriormente, foram cortadas, longitudinal e transversalmente, com bisturi, sendo as partes da semente observadas em microscópio estereoscópio e diagramadas com câmara clara (CORNER, 1976). Para tanto, analisaram-se o formato, coloração e localização do hilo e da micrópila, além do tecido de reserva, tipo e localização do embrião.

## **2.5 Estudo pós-seminal**

No estudo pós-seminal foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, registrando-se diariamente a germinação e os estádios de desenvolvimento das plântulas, durante o período de dezenove dias (OLIVEIRA, 1993). Sementes despontadas foram colocadas para germinar sobre duas folhas de papel toalha, umedecidas com água destilada no volume correspondente a 2,5 vezes o peso do papel seco, dentro de caixas de plástico transparentes, as quais foram mantidas em germinador à temperatura de 30 °C, sob luz contínua. Periodicamente, as plântulas foram retiradas do substrato e analisadas, tendo as suas partes medidas com régua graduada, e desenhadas com auxílio de câmara clara, acoplada ao estereomicroscópio.

## **2.6 Tratamentos pré-germinativos**

Para padronização do teste de germinação, primeiramente, foi realizada a assepsia das sementes através de imersão em álcool 70% por 1 minuto, seguida de lavagem em

água corrente (RIOS et al., 2016). Os tratamentos utilizados para a superação da dormência foram: sementes intactas (testemunha) (T<sub>1</sub>); imersão em ácido sulfúrico concentrado (98%) por 60 minutos, sendo em seguida lavadas em água corrente (T<sub>2</sub>); imersão em ácido sulfúrico concentrado (98%) por 90 minutos, sendo em seguida lavadas em água corrente (T<sub>3</sub>); despolimento do tegumento com tesoura na região oposta ao hilo (T<sub>4</sub>); imersão em água destilada a 80 °C, seguida de repouso na mesma água, sem aquecimento, por 24 horas, à temperatura ambiente (T<sub>5</sub>); imersão em água destilada por 24 horas (T<sub>6</sub>) e imersão em água destilada por 48 horas (T<sub>7</sub>).

Transcorrida essa etapa, as sementes foram colocadas para germinar sobre duas folhas de papel toalha previamente umedecidas com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009), em caixas de plástico transparentes (11,0 x 11,0 x 3,5 cm). O experimento foi conduzido em câmara de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.), regulada à temperatura de 30 °C e luz contínua (condições consideradas mais adequadas em experimentos prévios).

Consideraram-se germinadas as sementes que originaram plântulas normais, com todas as suas estruturas essenciais, mostrando, dessa maneira, potencial para continuar seu desenvolvimento e produzir plantas normais, quando desenvolvidas sob condições favoráveis (BRASIL, 2009). As contagens diárias de sementes germinadas foram efetuadas no mesmo horário, por dezenove dias, fazendo-se o reumedecimento do substrato quando necessário. As variáveis analisadas foram:

**Germinabilidade:**  $g_i = (\sum_{k=1}^i n_i / N) \times 100$ , sendo  $n_i$  o número de sementes germinadas no tempo  $i$  e  $N$  o número total de sementes colocadas para germinar (LABOURIAU, 1983; CARVALHO; SANTANA; RANAL, 2005).

**Primeira contagem de germinação:** Foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem de plântulas normais obtidas no terceiro dia após a instalação do teste.

**Índice de velocidade de germinação:**  $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$ , sendo  $G_1, G_2, G_n$  o número de sementes germinadas na primeira, segunda, até a última contagem; e  $N_1, N_2$  e  $N_n$  o número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem (MAGUIRE, 1962).

**Tempo médio de germinação:**  $t = \sum_{k=1}^i (n_i t_i) / \sum_{k=1}^i n_i$ , sendo  $t_i$ : tempo do início do experimento até o  $i$  enésima observação (dias ou horas);  $n_i$ : número de sementes germinadas no tempo  $i$  (número correspondente o  $i$  enésima observação);  $k$ : último dia da germinação (CZABATOR, 1962).

**Velocidade média de germinação:**  $v = 1/t$ , sendo  $t$  o tempo médio de germinação (RANAL; SANTANA, 2006).

**Frequência relativa de germinação:**  $F_i = n_i/\sum_{k=1}^k n_i$ , sendo  $n_i$  o número de sementes germinadas por dia e  $\sum n_i$  o número total de sementes germinadas (LABOURIAU; VALADARES, 1976).

**Índice de incerteza:**  $U = -\sum_{k=1}^k F_i \log_2 F_i \approx F_i = n_i/\sum_{k=1}^k n_i$ , sendo  $F_i$ : frequência relativa da germinação;  $n_i$ : número de sementes germinadas no tempo  $i$  (número correspondente o  $i$  enésima observação);  $k$ : último dia da germinação (LABOURIAU; VALADARES, 1976; LABOURIAU, 1983).

**Índice de sincronia:**  $Z = \sum C_{n1,2}/N \approx C_{n1,2} = n_i(n_i-1)/2$ ;  $N = \sum n_i(\sum n_i-1)/2$ , sendo  $C_{n1,2}$  a combinação das sementes germinadas no  $i$  enésima tempo e  $n_i$  o número de sementes germinadas no tempo  $i$  (PRIMACK, 1980).

**Comprimento da parte aérea e raiz primária:** No final do teste de germinação, foi medido o comprimento da raiz primária (da base do colo à extremidade da raiz primária) e da parte aérea (do colo ao ápice da plântula) de plântulas normais da unidade experimental, com auxílio de régua graduada.

**Massa seca da parte aérea e raiz primária:** Após as medições, as raízes primárias e as partes aéreas das plântulas normais da unidade experimental foram acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft, e postas para secar em estufa com circulação de ar forçada, regulada a 80 °C, até atingir peso constante (24 horas), sendo posteriormente a massa seca determinada em balança analítica de precisão (0,0001 g).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio do *software* SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011). Houve necessidade de transformação dos valores de porcentagem em arco seno  $\sqrt{\%}$ , mas na tabela são apresentados os resultados originais.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização física das sementes

O peso de 1.000 sementes, cujo teor de água era de 15,9%, foi, em média, 14,52 g, correspondendo a 68.870 sementes por quilograma, com coeficiente de variação de 1,37% (Tabela 1), estando dentro do limite exigido pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), que é de no máximo 4%. Tais resultados diferiram dos encontrados por Garcia, Moraes e Sousa (2009), que foi de 58.245 sementes em um quilograma, indicando que as sementes em estudo são mais leves do que aquelas utilizadas por estes autores, provavelmente, em virtude da interferência do clima dessas regiões e da procedência das sementes das diferentes matrizes. A variação exibida pode estar associada à variabilidade genética entre matrizes da mesma espécie, bem como, a idade, o estado nutricional e as condições ambientais em que cada árvore matriz está submetida, uma vez que estas se encontram em localidades diferentes, o que, por conseguinte, irão refletir em uma ampla variedade de fenótipos (MÜLLER et al., 2017). Como o teor de água inicial das sementes utilizadas por Garcia, Moraes e Sousa (2009) foi de 25,6%, isto pode também explicar as diferenças observadas.

**Tabela 1.** Estatística descritiva das pesagens das sementes (100 sementes por repetição) para o cálculo do peso de mil sementes de *C. glandulosa*.

Medidas estatísticas	Peso de mil sementes
Média (g)	1,452000
Variância (S <sup>2</sup> )	0,000398
Desvio padrão (S)	0,019950
CV (%)	1,37

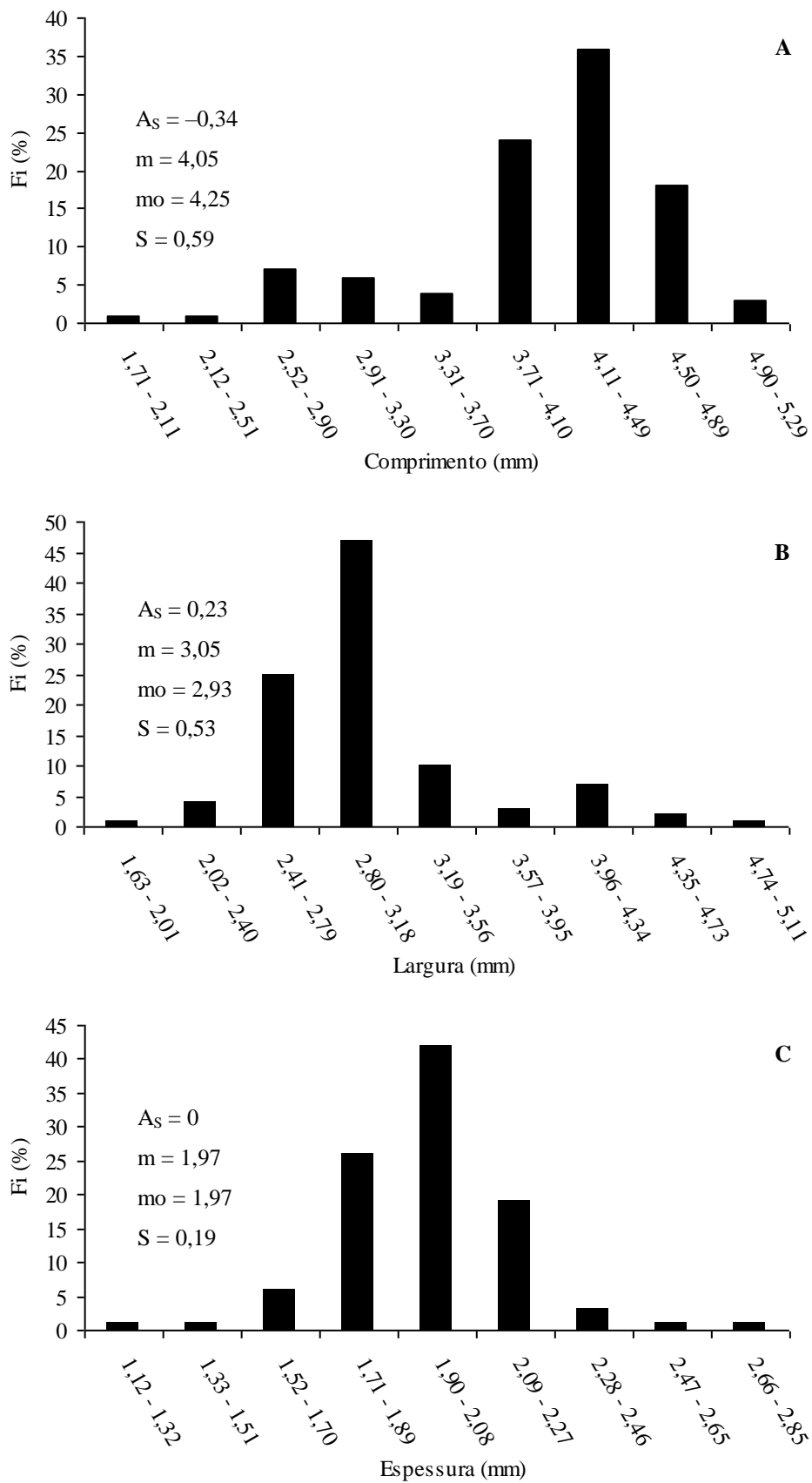
As sementes de colubrina apresentaram tamanho irregular com comprimento máximo de 5,09 mm e mínimo de 1,91 mm; largura máxima de 4,92 mm e mínima de 1,82 mm; e espessura máxima de 2,75 mm e mínima de 1,22 mm. As dimensões de comprimento e largura apresentaram maior variância e desvio padrão em relação à espessura das sementes, indicando alta variação para as características estudadas (Tabela 2).



**Tabela 2.** Estatística descritiva do comprimento, largura e espessura de sementes de *C. glandulosa*.

<b>Medidas estatísticas</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Largura (mm)</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Média	4,05	3,05	1,97
Moda	4,25	2,93	1,97
Mediana	4,16	2,94	1,97
Variância	0,35	0,28	0,04
Desvio padrão	0,59	0,53	0,19
Amplitude	3,18	3,10	1,53
CV (%)	14,54	17,31	9,89

Pelos histogramas de frequência, e segundo o coeficiente de assimetria de Pearson, constatou-se que, no lote estudado, houve comportamento assimétrico negativo forte para o comprimento, estando o deslocamento da curva à direita do pico principal, com valor modal localizado à direita dos valores mediano e médio ( $mo > md > m$ ); indicando predominância de sementes com comprimento maior do que a média, predominando entre 4,11 a 4,49 mm (Figura 1A e Tabela 2). Para a largura, verificou-se uma distribuição assimétrica positiva fraca, com deslocamento da curva para a esquerda do gráfico, com o valor modal localizando-se à esquerda dos valores mediano e médio ( $mo < md < m$ ); indicando haver sementes com largura abaixo do valor médio, com predominância entre 2,80 a 3,18 mm (Figura 1B e Tabela 2). Para a espessura das mesmas, a resposta foi simétrica, coincidindo os valores da moda, mediana e média ( $mo = md = m$ ); com pequena variação nessa dimensão, predominando entre 1,90 a 2,08 mm (Figura 1C e Tabela 2).

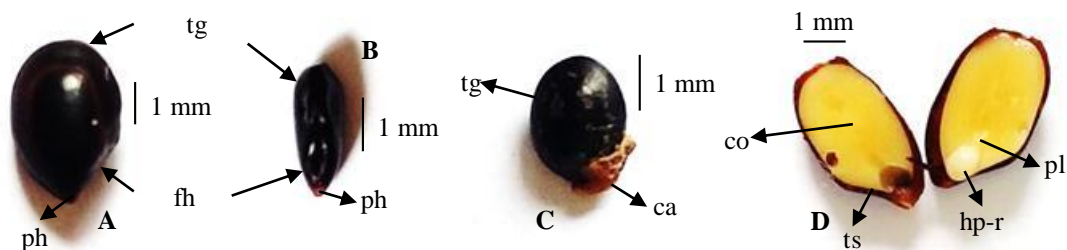


**Figura 1.** Distribuição da frequência relativa (Fi) do comprimento (A), largura (B) e espessura (C) de sementes de *C. glandulosa*.

### 3.2 Morfologia externa e interna da semente

As sementes são liberadas pela abertura natural do fruto, de formato elipsóide, bitegmentadas, com testa brilhante e lisa, de coloração que varia de marrom-escuro ao preto, sendo recobertas externamente por fina camada cuticular cerosa e truncadas na ponta hilar. Supostamente a fenda hilar seja uma junção entre o hilo e a micrópila, não sendo possível separar essas duas estruturas visivelmente (Figura 2A e B). Verificou-se a presença de uma pequena carúncula, excrescência carnosa localizada próxima à região micropilar, sendo remanescente, curva, estreita, persistente e de coloração amarelo-clara (Figura 2C).

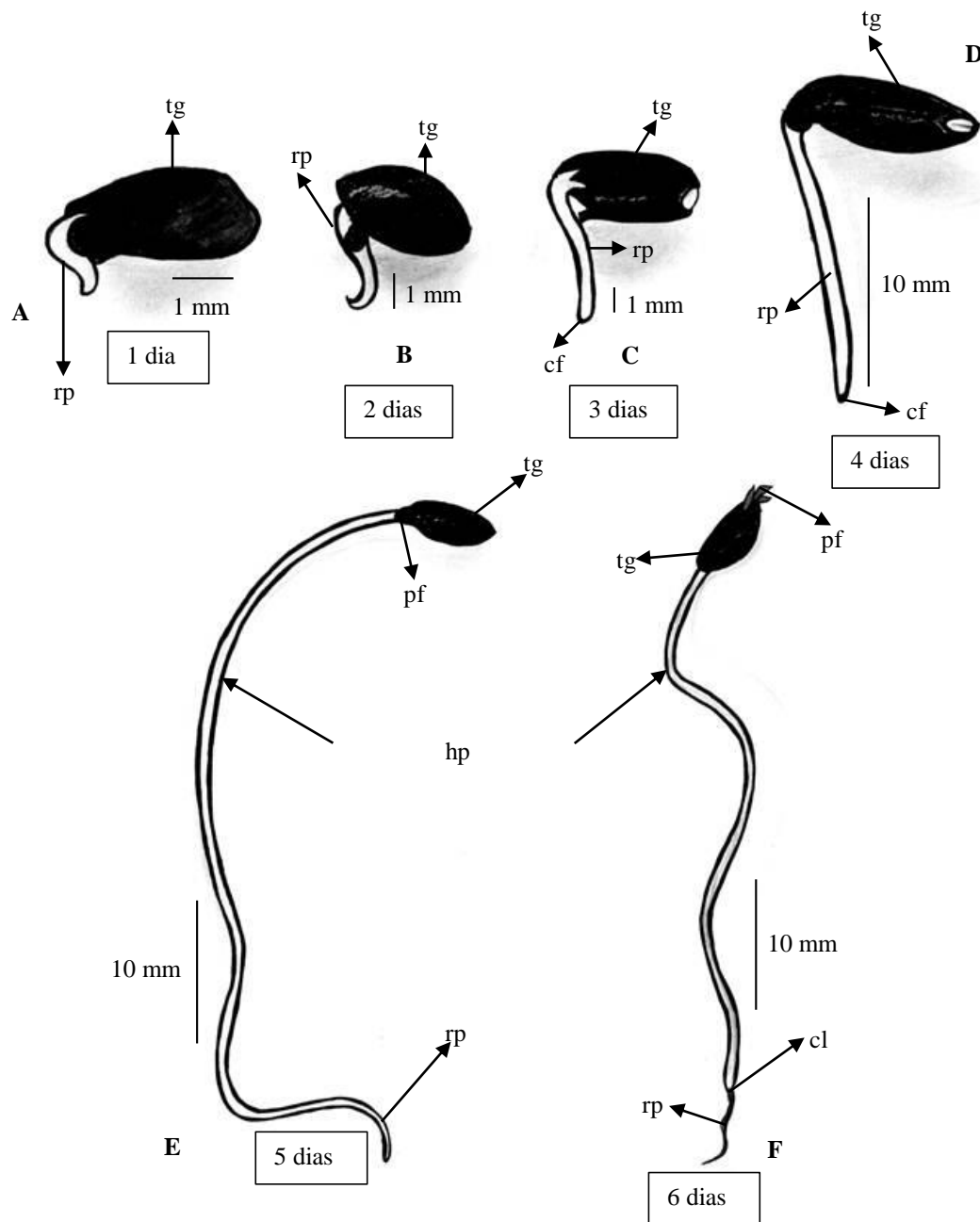
O embrião apresentou cotilédones bem desenvolvidos, planos, foliáceos e de coloração amarelada, e um pequeno eixo hipocótilo-radícula, formando um cilindro espesso, voltado para região hilar, posição axial, de pequeno tamanho, ocupando menos que 1/3 do comprimento total da semente (Figura 2D). A plúmula, situada acima do eixo hipocótilo-radícula, mostra-se bem diferenciada, apresentando subdivisões em muitos folíolos. Quanto à forma, o embrião é do tipo invaginado, havendo uma delimitação que se manifesta pela base emarginada dos cotilédones ou pela invaginação do eixo nos cotilédones (Figura 2D).



**Figura 2.** Caracterização morfológica das sementes de *C. glandulosa*. **A – C:** aspectos externos. **D:** aspectos internos. ca – carúncula; co – cotilédone; fh – fenda hilar; hp-r – hipocótilo-radícula; ph – ponta hilar; pl – plúmula; tg – tegumento; ts – testa.

### 3.3 Estádios do desenvolvimento pós-seminal

O desenvolvimento das plântulas apresentou 10 estádios, com base no estudo pós-seminal. As primeiras manifestações visíveis da germinação ocorreram após cinco horas do início do processo de embebição/absorção de água, sendo diferenciadas pelo intumescimento da semente. No primeiro dia ocorreu a protusão da raiz primária através da ponta hilar (Figura 3A).



**Figura 3.** Germinação de *C. glandulosa* até os seis dias. **A – B:** protusão da raiz primária. **C – D:** alongamento da raiz primária, evidenciando a coifa. **E:** distinção entre o hipocótilo e a raiz primária. **F:** dilatação na base do hipocótilo, denominada de colo. cf – coifa; cl – colo; hp – hipocótilo; pf – primórdio foliar; rp – raiz primária; tg – tegumento.

Aos dois dias, a raiz primária apresentou, em média, 4 mm de comprimento (Figura 3B). Essa exibiu um gravitropismo positivo, forma cilíndrica e coloração creme. Aos três e quatro dias, a raiz primária alongou-se, evidenciando a coifa (Figura 3C e D).

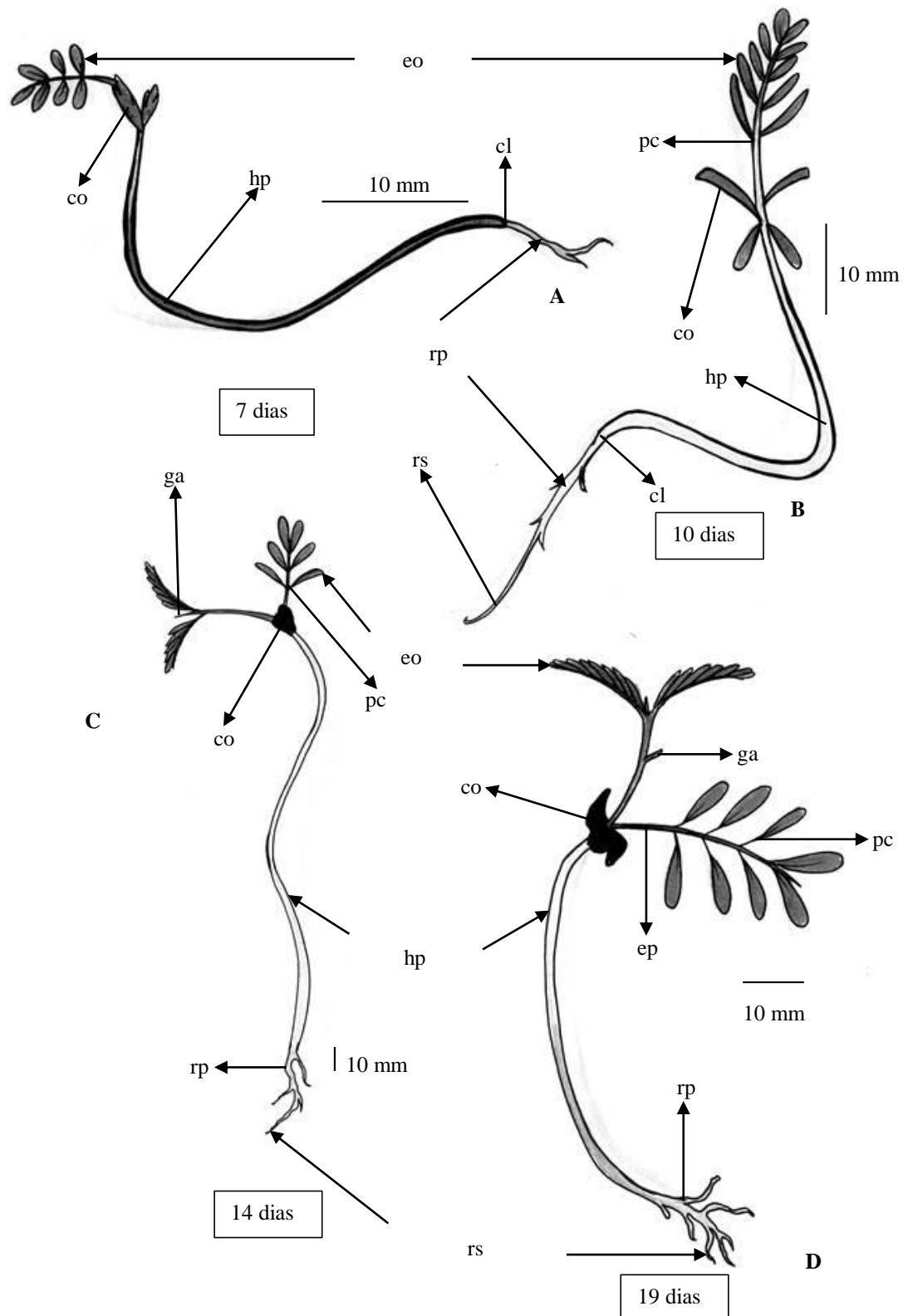
Com o alongamento da raiz primária, a contar do quinto dia, já foi possível distingui-la do hipocótilo (Figura 3E), que apresentou formato cilíndrico e coloração verde-clara em toda a sua extensão.

Aos seis dias, a distinção entre o hipocótilo e a raiz primária foi percebida pela existência de uma dilatação na base do hipocótilo, denominada de colo (Figura 3F), de coloração esbranquiçada e presença de pelos na região de transição entre essas duas estruturas. Esta região é morfológicamente constante nas espécies florestais tropicais, podendo, de acordo com Oliveira (1993), ser mais um elemento de identificação nas plântulas. Identificou-se aos cinco e seis dias, a emissão dos primórdios foliares (Figura 3E e F), com a posterior liberação do tegumento da semente (Figura 4A).

Do sétimo dia em diante, momento que se pode considerar germinada pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), já foi possível comprovar que as folhas ou eófilos são compostas paripinadas (Figura 4). O hipocótilo, longo e cilíndrico, medindo, em média, 56 mm de comprimento, se apresenta engrossado na base. Os cotilédones, nessas fases, apresentaram-se completamente desprendidos do tegumento, expandindo-se: são opostos, sésseis e muito delicados, de consistência coriácea, glabros, oblongos e com ápice e base arredondados, além de coloração verde-escura, inicialmente; estando inseridos nos nós cotiledonares por meio de curtos pecíolos (Figura 4A e B). Este comportamento caracteriza a germinação do tipo epígea e a plântula fanerocotiledonar (DUCKE, 1965).

Carvalho (2005) descreveu a planta adulta de colubrina apresentando folhas simples, sendo assim, é possível indicar a presença do fenômeno de heterofilia na espécie, pelo qual, em períodos diferentes do seu desenvolvimento ocorrem folhas com mais de uma forma.

No décimo dia, observou-se alongamento dos pecíolos e dos cotilédones, assim como a presença das primeiras raízes secundárias (Figura 4B). Com quatorze dias, constatou-se o surgimento de novas gemas axilares, as raízes secundárias mais desenvolvidas, e sinais de senescência dos cotilédones. A raiz primária, neste período, atinge um comprimento médio de 23 mm (Figura 4C).



**Figura 4.** Germinação de *C. glandulosa* até os 19 dias. **A – B:** plântulas fanerocotiledonares com folhas compostas. **C:** surgimento de novas gemas axilares, raízes secundárias mais desenvolvidas e sinais de senescência dos cotilédones. **D:** eófilos de primeira ordem completamente formados. cl – colo; co – cotilédone; eo – eófilo; ep – epicótilo; ga – gema axilar; hp – hipocótilo; pc – pecíolo; rp – raiz primária; rs – raiz secundária.

Com dezenove dias da sementeira, verificou-se que os cotilédones começaram a cair. O hipocótilo e a raiz primária atingiram, nesse estágio, em média, 99 e 34 mm, respectivamente, com o epicótilo, já bastante desenvolvido, apresentando, em média, 35 mm de comprimento. A partir desta fase, podem-se visualizar os eófilos de primeira ordem totalmente formados, contendo, em média, oito folíolos (Figura 4D).

### **3.4 Superação da dormência das sementes**

Por ocasião da instalação do experimento, as sementes de colubrina se encontravam com teor de água de 10,2%. O desempenho das sementes, em função dos diferentes tratamentos para superação da dormência, pode ser observado nas Tabelas 3-5. Nestas, estão descritos os valores de germinação, primeira contagem, velocidade, tempo médio, incerteza e sincronia de germinação, comprimento e massa seca de plântulas. Houve diferença estatística para as variáveis analisadas ( $p < 0,05$ ).

Sementes intactas apresentaram 32% de germinação (Tabela 3), indicando que parte das sementes da população é liberada da planta-mãe livre de dormência. Resultado similar foi encontrado por Garcia, Moraes e Sousa (2009), com 31% de germinação. Esses resultados foram superiores aos de Cavalheiro, Pimenta e Torezan (2007), com 7% de germinação, e de Brancalion, Mondo e Novembre (2011), que foi de 0 a 10%, dependendo da origem do lote. A literatura relata que entre diferentes populações pode haver variação na quantidade de sementes dormentes e não dormentes, dependendo das condições ambientais de umidade e nutrição do solo, da densidade de folhas recobrimo as plantas ou do grau de distúrbio do ambiente daquela população (BASKIN; BASKIN; YOSHINAGA, 2007; HOYLE et al., 2008; PINTO, 2013). Conforme Marcos-Filho (2015), as sementes são liberadas da planta-mãe com diferentes graus de dormência, fenômeno conhecido como heteroblastia ou polimorfismo. Embora apresentando certa porcentagem de sementes não dormentes, a germinação foi baixa o suficiente para que as sementes fossem consideradas dormentes.

Constatou-se que o tratamento desponte na região oposta ao hilo induziu a máxima porcentagem de germinação das sementes (Tabela 3). Este resultado corrobora a existência de forte dormência tegumentar relacionada à sua impermeabilidade à água, e a eficiência do desponte na superação da mesma. Ressalta-se que não foram encontradas pesquisas, empregando o desponte, para esta espécie.

A ruptura física do tegumento das sementes a partir do tratamento de desponte contribuiu com o aumento da permeabilidade à água e aos gases, beneficiando, dessa forma, o processo de germinação. A maior porcentagem de germinação em tratamentos submetidos ao desponte também foi verificada em sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (FARIAS et al., 2013), *Macroptilium martii* (Benth.) Maréchal & Baudet (ARAÚJO et al., 2014) e de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth., por Freitas (2016), que observou que os tratamentos de desponte e lixa proporcionaram as maiores porcentagens de germinação, independentemente do ano de colheita.

**Tabela 3.** Germinação (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *C. glandulosa*, submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência.

Tratamentos	G (%)	PC (%)	IVG	TMG (dias)
Testemunha	32 e	0 d	1,200 e	7,0 d
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /60min	77 b	37 b	5,124 b	4,1 b
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /90min	53 c	0 d	2,268 c	6,3 c
Desponte	100 a	65 a	7,366 a	3,5 a
H <sub>2</sub> O 80 °C/24h	44 d	4 cd	1,767 d	7,2 d
H <sub>2</sub> O/24h	43 d	5 c	1,539 d	8,0 e
H <sub>2</sub> O/48h	38 de	0 d	1,064 e	9,3 f
Valor de “F”	340,11**	797,76**	1328,06**	1302,32**
CV (%)	4,80	11,35	4,54	1,76

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

\*\*Significativo no nível de 1% de probabilidade.

O desponte foi, portanto, definido para ser adotado nos experimentos subsequentes, por ter proporcionado máxima germinabilidade em menor tempo médio (maior velocidade de germinação) (Tabelas 3 e 4), sem prejudicar o desenvolvimento das plântulas. A velocidade de germinação está associada à velocidade da entrada de água na semente, e, conseqüentemente, a ativação dos processos metabólicos. Neste caso, o desponte promove desgaste do tegumento da semente, fazendo com que os processos de embebição e germinação sejam mais rápidos. Por isso, poderá ser recomendado para a condução de testes padrão de germinação para as sementes de colubrina. Resultados semelhantes foram encontrados por Benedito et al. (2017), os quais observaram aumento



significativo da velocidade de emergência com o desponte do tegumento em sementes de *Mimosa tenuiflora* Willd.

O tratamento de imersão em ácido sulfúrico concentrado por 60 minutos também possibilitou rápida germinação, porém, estatisticamente inferior ao desponte (Tabelas 3 e 4). Da mesma forma, houve aumento diretamente proporcional da velocidade e porcentagem de germinação, quando Brancalion, Mondo e Novembre (2011), trabalhando com sementes recém-coletadas de colubrina, utilizaram a escarificação química com ácido sulfúrico por 60 minutos. Garcia, Moraes e Sousa (2009) observaram que os melhores tratamentos para superar a dormência de sementes de colubrina foram os de escarificação química com ácido sulfúrico e de escarificação mecânica, sendo que os tratamentos com ácido sulfúrico foram os melhores no processo de aceleração da germinação das sementes. Ainda, Cavalheiro, Pimenta e Torezan (2007) constataram que a escarificação química com ácido sulfúrico resultou em elevação do percentual de germinação, entretanto, o tempo médio de germinação não foi alterado. Em trabalhos realizados por Pinto (2013), o tratamento com ácido sulfúrico proporcionou 72% de germinação, e foi responsável pelo aparecimento de rachaduras ao redor da fenda hilar e porosidade do tegumento em toda a extensão da semente, aumentando as taxas de embebição/absorção de água pelas sementes. Esta observação explica os resultados obtidos neste trabalho.

Os tratamentos de imersão em água quente (80 °C), até atingir a temperatura ambiente, por 24 horas, e de imersão em água destilada, à temperatura ambiente, por 24 e 48 horas, atrasaram o processo germinativo. Por outro lado, não houve redução em relação à testemunha (Tabelas 3 e 4); possivelmente, a camada de cera da testa foi parcialmente removida, expondo as células com parede lignificada, o que permitiu à semente absorver água e a conclusão da germinação. Garcia, Moraes e Sousa (2009) relataram que os tratamentos de imersão em água quente (100 °C), com permanência das sementes em água, à temperatura ambiente, por 8 e 16 horas, reduzem a porcentagem de germinação de sementes de colubrina, sendo ineficazes para superar a dormência de sementes dessa espécie, por ocasionarem possível dano ao embrião.

Nesses tratamentos, o crescimento da raiz primária foi pouco estimulado (Tabela 5), e ao final do teste, verificou-se a presença de sementes mortas, evidenciando sinais de deterioração (consistência amolecida e odor desagradável). Além disso, ocorreu um acentuado ataque de fungos nas sementes nesses tratamentos. Seguramente, carecem de

mais estudos acerca do binômio tempo-temperatura ideal, já que, não se mostraram efetivos na superação da dormência, reduzindo o desenvolvimento das plântulas.

A embebição caracteriza o início do processo germinativo, sendo necessário que a semente atinja um nível adequado de hidratação, a qual permita a reativação dos processos metabólicos, e com isso, seja desencadeado o processo de retomada do desenvolvimento do embrião (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; BEWLEY et al., 2013).

**Tabela 4.** Velocidade média de germinação (VMG), índice de incerteza (U) e índice de sincronia (Z) de sementes de *C. glandulosa*, submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência.

Tratamentos	VMG (dias <sup>-1</sup> )	U (bits)	Z
Testemunha	0,14 d	2,5000 f	0,0714 d
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /60min	0,24 b	1,9831 d	0,2728 b
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /90min	0,16 c	2,0909 e	0,1979 c
Desponte	0,28 a	1,3779 a	0,4566 a
H <sub>2</sub> O 80 °C/24h	0,14 d	1,9934 d	0,2242 c
H <sub>2</sub> O/24h	0,12 e	1,7261 b	0,2705 b
H <sub>2</sub> O/48h	0,11 f	1,8687 c	0,2083 c
Valor de “F”	1566,00**	421,68**	182,31**
CV (%)	1,92	1,73	7,06

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

\*\*Significativo no nível de 1% de probabilidade.

Pelos valores de incerteza (entropia informacional), observou-se que o desponte ocasionou frequências com poucos picos ou provável distribuição unimodal da frequência relativa, isto é, a germinação mais concentrada no tempo. Tal resultado demonstra que quanto maior o nível de organização do processo, maior será a velocidade de germinação (Tabela 4). Dependendo do tratamento, a assimetria da distribuição revela que a heterogeneidade ocorre devida a uma maioria de sementes que demoram a germinar ou a uma minoria de sementes que germinam rapidamente (ou devida a ambos os casos). Na testemunha, já não ocorre mais a presença de uma moda principal e a germinação de poucas sementes aparece espalhada ao longo do tempo, com tendência à distribuição polimodal da frequência relativa. Isto, associado à dispersão autocórica das sementes desta espécie, explica o fato de plantas de colubrina serem encontradas em várias regiões

da América do Sul, uma vez que a espécie está guarnecida de dispersão temporal da germinação das sementes.

Sementes despontadas apresentaram comportamento mais homogêneo em torno do tempo médio e alta sincronização da germinação. Este resultado corrobora a rápida germinação da maioria das sementes já nos primeiros dias. Por sua vez, sementes intactas exibiram germinação desuniforme, com baixo sincronismo (Tabela 4). A incerteza e a sincronia do processo de germinação são raramente relatadas para estudos de quebra de dormência.

Deste modo, a presença da dormência física, aliada à numerosa produção de sementes pequenas, conforme comentado anteriormente, do ponto de vista ecológico, pode aumentar a probabilidade de que parte das plântulas encontrem condições favoráveis em ambiente mutável, conferindo vantagem seletiva para a espécie (POPINIGIS, 1977; LABOURIAU, 1983; SILVERTOWN; DOUST, 1993; FERREIRA; BORGHETTI, 2004; MARCOS-FILHO, 2015). Possivelmente, esta espécie apresenta distribuição da germinação no tempo, obtida pela indução de dormência nas sementes, que por sua vez, pode variar em intensidade, sendo esse um dos principais mecanismos de preservação de espécies em bancos de sementes (CARMONA, 1995; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; BERGER; RANAL; SANTANA, 2014). Sob condições naturais, estas sementes fariam parte do banco de sementes do solo.

O maior crescimento de plântulas foi observado no tratamento desponte (Tabela 5). Em ensaios posteriores, nos quais plântulas no sétimo estágio de desenvolvimento e submetidas ao desponte tiveram seus cotilédones retirados, verificou-se que até os dezenove dias, todas as etapas descritas no estudo pós-seminal foram atingidas normalmente (Figura 4). Tal informação justifica que neste tratamento, a reserva da semente foi destinada rapidamente ao crescimento da plântula, uma vez que o processo germinativo após a semeadura também foi mais uniforme. Constatou-se que o maior crescimento de plântulas também favoreceu o acúmulo de massa seca (Tabela 5), resultando em plântulas de maior vigor.

**Tabela 5.** Comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSP) de plântulas de *C. glandulosa*, submetidas a diferentes tratamentos para superação de dormência.

<b>Tratamentos</b>	<b>CR (mm)</b>	<b>CPA (mm)</b>	<b>MSR (mg)</b>	<b>MSP (mg)</b>
Testemunha	2 e	71 c	1 f	25 d
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /60min	23 b	92 b	17 b	83 b
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /90min	14 c	54 e	7 c	36 c
Desponte	29 a	104 a	21 a	91 a
H <sub>2</sub> O 80 °C/24h	14 c	61 d	6 cd	30 d
H <sub>2</sub> O/24h	12 c	59 d	4 de	28 d
H <sub>2</sub> O/48h	7 d	54 e	2 ef	26 d
Valor de “F”	158,32**	417,88**	256,23**	523,72**
CV (%)	10,09	2,74	11,14	5,41

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

\*\*Significativo no nível de 1% de probabilidade.

#### **4. CONCLUSÕES**

As sementes apresentam ampla variabilidade nos aspectos físicos.

A semente é testal e o embrião assume o tipo invaginado.

A germinação das sementes é epígea e as plântulas são fanerocotiledonares.

O desponte na região oposta ao hilo é o método indicado para superação da dormência de sementes de colubrina.

## 5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. M. S.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O.; CARVALHO, S. M. C. Caracterização morfológica e germinação de sementes de *Macroptilium martii* Benth. (Fabaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 124-131, 2014.
- ARAÚJO NETO, J. C.; CAMARA, C. A.; FERREIRA, V. M.; LESSA, B. F. T.; OLIVEIRA, Y. M. Caracterização morfológica, germinação e conservação de sementes de *Caesalpinia pulcherrima* (L.) SW. (Fabaceae: Caesalpinioidea). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2287-2300, 2014.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014. 1586 p.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; YOSHINAGA, A. Imbibition and germination of seeds of *Colubrina oppositifolia* (Rhamnaceae), a Federal-Endangered Tree species endemic to Hawaii. **Natural Areas Journal**, Washington, v. 27, n. 1, p. 25-30, 2007.
- BENEDITO, C. P.; RIBEIRO, M. C. C.; TORRES, S. B.; GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, K. J. B. Overcome dormancy, temperatures and substrates on germination of *Mimosa tenuiflora* Willd seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 125-134, 2017.
- BERGER, A. P. A.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. Variabilidade na dormência relativa dos diásporos de *Lithraea molleoides* (Vell.) Eng. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 1-13, 2014.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013. 392 p.
- BRANCALION, P. H. S.; MONDO, V. H. V.; NOVENBRE, A. D. L. C. Escarificação química para a superação da dormência de sementes de saguaraji-vermelho (*Colubrina glandulosa* Perk. - Rhamnaceae). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 119-124, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária/Coordenação Geral de Apoio Laboratorial. Brasília, DF: MAPA/SDA/CGAL, 2013. 97 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

- CARMONA, R. Banco de sementes e estabelecimento de plantas daninhas em agroecossistemas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 13, n. 1, p. 3-9, 1995.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 409 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 10 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 106).
- CARVALHO, M. P.; SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Emergência de plântulas de *Anacardium humile* A. St.-Hil. (Anacardiaceae) avaliada por meio de amostras pequenas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 627-633, 2005.
- CAVALHEIRO, A. L.; PIMENTA, G. A.; TOREZAN, J. M. D. Effect of some physical and chemical treatments on germination of *Colubrina glandulosa* seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 35, n. 3, p. 744-748, 2007.
- CORNER, E. J. H. **The seeds of dicotyledons**. vols. 1 and 2. Cambridge: University Press, 1976. 311 p.
- CZABATOR, F. J. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. **Forest Science**, Washington, v. 8, n. 4, p. 386-396, 1962.
- DUCKE, J. A. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Columbus, v. 52, n. 3, p. 314-350, 1965.
- EMPERAIRE, L. A região da Serra da Capivara (Sudeste do Piauí) e sua vegetação. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, v. 13, n. 60, p. 5-21, 1984.
- FARIAS, R. M.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, W.; DOMBROSKI, J. L. D. Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 2, p. 160-165, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.
- FREITAS, N. W. N. **Tecnologia de sementes de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.)**. 2016. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Área de Concentração em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.
- GARCIA, L. C.; MORAES, R. P.; SOUSA, S. G. A. **Superação de dormência em sementes de colubrina (*Colubrina glandulosa* Perk.)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 4 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado técnico, 80).

HOYLE, G. L.; STEADMAN, K. J.; DAWS, M. I.; ADKINS, S. W. Pre- and post-harvest influences on seed dormancy status of an Australian Goodeniaceae species, *Goodenia fascicularis*. **Annals of Botany**, Oxford, v. 102, n. 1, p. 93-101, 2008.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Secretaria Geral da OEA, Washington – Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Washington, 1983. 174 p.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2016. 384 p.

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

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

MÜLLER, E. M.; GIBBERT, P.; BINOTTO, T.; KAISER, D. K.; BORTOLINI, M. F. Maturação e dormência em sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. de diferentes árvores matrizes. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 71, n. 3, p. 222-229, 2017.

OLIVEIRA, E. C. Morfologia de plântulas florestais. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Ed.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. cap. 5, p. 175-214.

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)**. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos, Algas e Plantas: Área de Concentração em Fisiologia e Ecologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Florianópolis, SC, 2013.

POPINIGIS, F. **Fisiologia das sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 298 p.

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 68, n. 3, p. 849-862, 1980.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 1 p. 1-11, 2006.

RIOS, P. A. F.; ARAÚJO NETO, J. C.; FERREIRA, V. M.; NEVES, M. I. R. S. Seed morphometry and germination of *Aechmea costantinii* (Mez) L. B. Sm. (Bromeliaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 85-93, 2016.



SILVERTOWN, J. W.; DOUST, J. L. **Introduction to plant population biology.**  
London: Blackwell Scientific Publications, 1993. 210 p.

## **CAPÍTULO II**

**ASPECTOS TÉRMICO-BIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE  
*Colubrina glandulosa* Perkins SOB DIFERENTES TEMPERATURAS:  
IMPLICAÇÕES PARA SUA UTILIZAÇÃO EM PROGRAMAS DE  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

## RESUMO

O estudo foi realizado com o objetivo de determinar as temperaturas cardeais para a germinação de sementes de colubrina, verificar a variação isotérmica da velocidade com base no modelo do estado de transição e calcular a variação de  $\Delta H^\ddagger$  em função da temperatura. As sementes foram incubadas nas temperaturas constantes de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C e alternada de 20-30 °C, com fotoperíodo de oito horas. As variáveis analisadas foram: G, PC, IVG, TMG, VMG, Fi, U, Z, CR, CPA, MSR, MSP. A equação de Arrhenius foi linearizada por transformação logarítmica, produzindo o gráfico de  $-\text{RlnV} \times 1/T$  a partir de valores experimentais de velocidade. A variação líquida de entalpia ( $\Delta H^\ddagger$ ) em relação à temperatura foi representada pela expressão:  $\Delta H^\ddagger = [RT(\theta - T) \cdot (T_m + T_M)] / [(T - T_m) \cdot (T_M - T)]$ . A temperatura ótima encontrou-se na faixa de 25 °C < T < 30 °C, que possibilitou alta germinabilidade em menor TMG. A regressão de logaritmo da velocidade da reação sobre a recíproca da temperatura se ajustou melhor ao modelo quadrático. Os polígonos de Fi foram unimodais nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C e 20-30 °C, e polimodais nas temperaturas de 10 e 15 °C. A distribuição de  $\Delta H^\ddagger$ , com assíntotas próximas à  $T_m$  e  $T_M$ , indicou que os processos que ocorreram na faixa supra-ótima foram de natureza diferente daqueles que ocorreram na região infra-ótima. Observou-se  $|\Delta H^\ddagger| < 12$  Kcal/mol no intervalo ótimo e  $|\Delta H^\ddagger| > 30$  Kcal/mol para as de temperaturas de 10, 15 e 35 °C, sendo  $\Delta H^\ddagger$  positivo até 30 °C, com inversão do sinal a 35 °C, ponto no qual a curva cruzou o eixo da abscissa. Os limites de temperatura mínima e máxima são 10 e 35 °C, respectivamente. A temperatura ótima para germinação de sementes é de 30 °C. A velocidade depende curvilinearmente da temperatura. O processo de germinação é endergônico e só ocorre a menos que uma energia  $\geq -38,35$  Kcal/mol e  $\leq 32,42$  Kcal/mol seja alcançada.

**Palavras-chave:** colubrina. equação de Arrhenius. modelo do estado de transição. variação líquida de entalpia.

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine the cardinal temperatures for germinating colubrina seeds, verify isothermal velocity variations based on the transition state model, and calculate the  $\Delta H^\ddagger$  variation as a function of temperature. The seeds were incubated at constant temperatures of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C and alternated at 20-30 °C, with a photoperiod of 8 hours light. The variables analyzed were: G, PC, IVG, TMG, VMG, Fi, U, Z, CR, CPA, MSR, and MSP. The Arrhenius equation was linearized by logarithmic transformation, producing the graph of  $-\text{RlnV} \times 1/T$  from the experimental values of velocity. The net variation in enthalpy ( $\Delta H^\ddagger$ ) in relation to temperature was represented by the expression:  $\Delta H^\ddagger = [\text{RT}(\theta - T) \cdot (T_m + T_M)] / [(T - T_m) \cdot (T_M - T)]$ . The optimum temperature was in the range of 25 °C < T < 30 °C, which allowed high germinability at lower TMG. The logarithm regression of the reaction rate on the reciprocal of the temperature fit best to the quadratic model. The Fi polygons were unimodal at temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C and 20-30 °C, and polymodal at temperatures of 10 and 15 °C. The distribution of  $\Delta H^\ddagger$ , with asymptotes close to  $T_m$  and  $T_M$ , indicated that the processes that occurred in the supra-optimal range were of a different nature from those that occurred in the infra-optimal region. We observed  $|\Delta H^\ddagger| < 12$  Kcal/mol in the optimal range and  $|\Delta H^\ddagger| > 30$  Kcal/mol for temperatures of 10, 15 and 35 °C, where  $\Delta H^\ddagger$  was positive up to 30 °C, with inversion of the signal at 35 °C, at which point the curve crossed the axis of the abscissa. The minimum and maximum temperature limits were 10 and 35 °C, respectively. The optimal temperature for seed germination was 30 °C. Germination speed was related to temperature in a curvilinear manner. The germination process was endergonic and only occurred when energy was  $\geq -38.35$  Kcal/mol and  $\leq 32.42$  Kcal/mol.

**Keywords:** Arrhenius equation. colubrina. net variation in enthalpy. transition state model.

## 1. INTRODUÇÃO

*Colubrina glandulosa* Perkins, conhecida popularmente por colubrina, é uma espécie arbórea rara, heliófita e seletiva higrófito, pertencente à família Rhamnaceae, nativa e com distribuição na América do Sul, abrangendo desde a Zona Costeira do Brasil até Bolívia, Paraguai e Peru. Sua madeira é própria para construção civil e naval, obras externas e hidráulicas. Produz carvão e lenha de boa qualidade. Apresenta também valor ornamental, sendo indicada para arborização urbana. Suas flores são melíferas, fornecedoras de néctar e pólen. Devido ao seu rápido crescimento, é recomendada para recuperação de ecossistemas degradados (LORENZI, 2016). Possui valor fitoterápico, pois as folhas e cascas podem ser utilizadas como febrífugo ou antiescorbútico. Com relação ao grupo ecológico, Carvalho (2005) classificou essa espécie como secundária inicial.

Em face da antiga exploração madeireira e situação relictual em que se encontram as populações, as sementes de colubrina deverão receber atenção especial no sentido de sua conservação, não podendo faltar na composição de florestas heterogêneas de preservação permanente. Nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e nas Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013) que, ainda, encontra-se em fase de atualização, há carência de informações específicas sobre a ecofisiologia da germinação de sementes dessa espécie, que ainda não tem os critérios estabelecidos para a padronização dos métodos de análise, tendo em vista a produção de mudas.

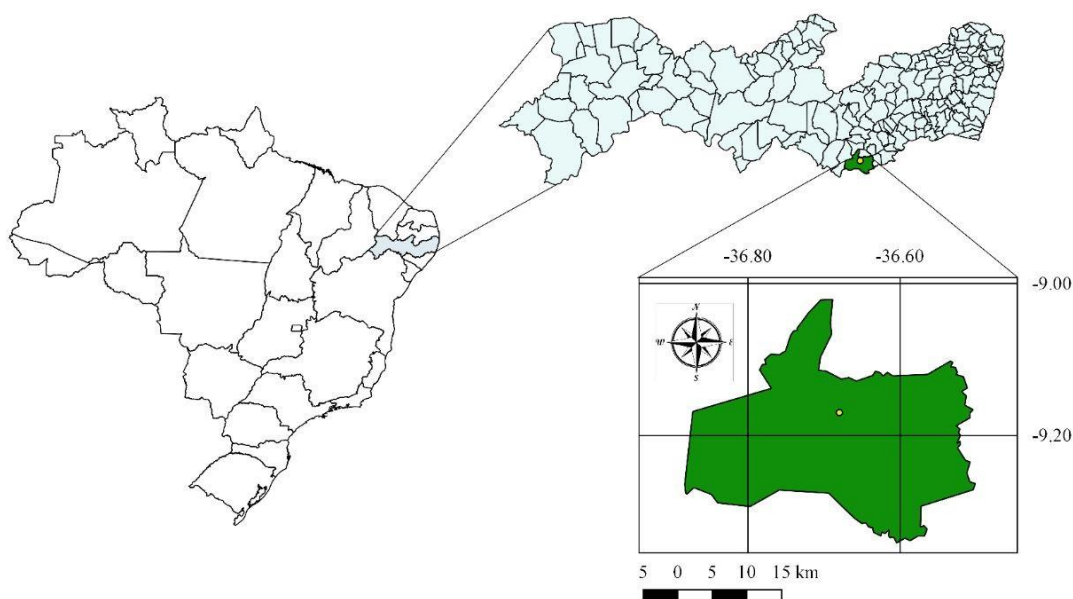
A temperatura é um dos principais fatores ambientais que governa a germinação das sementes, pois influencia fortemente tanto a velocidade de embebição de água pela semente como as reações bioquímicas que determinam todo o processo (OLIVEIRA et al., 2016). Consequentemente, as variações da temperatura afetam a velocidade, percentagem e uniformidade de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Cada espécie possui um intervalo de temperatura onde a germinação irá ocorrer: temperatura ou faixa de temperaturas, considerada ótima, em que a eficiência do processo é total, e limites extremos de máximo e mínimo tolerados pelas sementes, acima ou abaixo do qual, respectivamente, a germinabilidade não é mensurável (BASTOS et al., 2017). Portanto, é de se esperar que as espécies com diferentes distribuições geográficas e ecológicas produzam sementes com variações quanto ao requerimento térmico para a germinação.

Com base no exposto, e tendo em vista que a espécie encontra-se na lista das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar os aspectos ecológicos e aplicados da temperatura na germinação de sementes de colubrina, verificar as variações da velocidade de germinação ao longo de todo o intervalo térmico com base no modelo do estado de transição e estimar a variação líquida da entalpia de ativação da germinação em função da temperatura.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes, no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, Brasil.

Para obtenção das sementes, foi feita a colheita de frutos maduros, de outubro a dezembro de 2015, de 10 árvores pertencentes a fragmentos florestais localizados no município de Bom Conselho, PE, situado a  $09^{\circ} 10' 11''$  S,  $36^{\circ} 40' 47''$  W e a 654 metros de altitude. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo BSh, semi-árido quente (EMPERAIRE, 1984). A localização geográfica dessa região foi mostrada na Figura 1.



**Figura 1.** Localização geográfica da região de coleta das sementes.

Os frutos foram colhidos com uma tesoura aérea com cabo extensor, no final do período de maturação, e a seguir, mantidos à sombra (abrigo protegido do sol e da chuva) por alguns dias, para completar o processo de secagem e facilitar a deiscência dos frutos (MELO JUNIOR et al., 2018).

A incubação isotérmica foi efetuada em câmara de germinação do tipo B.O.D., nas temperaturas constantes de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C e alternada de 20-30 °C,

com fotoperíodo de oito horas, simulado por quatro lâmpadas fluorescentes de 20 W tipo luz do dia. A precisão do controle de temperatura estava dentro da faixa de  $\pm 0,5$  °C. Para instalação do teste de germinação, primeiramente, foi realizada a assepsia das sementes através de imersão em álcool 70% por 1 minuto, seguida de lavagem em água corrente (RIOS et al., 2016). Posteriormente, foi utilizado o tratamento desponte com tesoura na região oposta ao hilo, sendo as sementes colocadas para germinar sobre duas folhas de papel toalha umedecidas com volume de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009), contidas em caixas de plástico transparente (11,0 x 11,0 x 3,5 cm).

As sementes foram consideradas germinadas quando produziram plântulas classificadas como normais (BRASIL, 2009). As sementes germinadas foram contadas diariamente, durante 19 dias, a partir da instalação do ensaio. A adição subsequente de água, quando necessário, foi realizada para garantir que o substrato se mantivesse suficientemente úmido no decorrer de todo o experimento. Nas temperaturas constantes de 5, 10 e 15 °C, o teste foi prolongado por mais sete dias, transferindo-se as sementes para a temperatura ideal. As variáveis analisadas foram:

- (a) Germinabilidade:  $g_i = (\sum_{ki=1} ni/N) \times 100$  (LABOURIAU, 1983; CARVALHO; SANTANA; RANAL, 2005), sendo  $ni$  o número de sementes germinadas no tempo  $i$  e  $N$  o número total de sementes colocadas para germinar.
- (b) Primeira contagem de germinação: Foi realizada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se a percentagem de plântulas normais obtidas no terceiro dia após a instalação do teste.
- (c) Índice de velocidade de germinação:  $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$  (MAGUIRE, 1962), sendo  $G_1, G_2, G_n$  o número de sementes germinadas na primeira, segunda, até a última contagem; e  $N_1, N_2$  e  $N_n$  o número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.
- (d) Tempo médio de germinação:  $t = \sum_{ki=1} (niti)/\sum_{ki=1} ni$  (CZABATOR, 1962), sendo  $t_i$ : tempo do início do experimento até o  $i$  enésima observação (dias ou horas);  $ni$ : número de sementes germinadas no tempo  $i$  (número correspondente o  $i$  enésima observação);  $k$ : último dia da germinação.
- (e) Velocidade média de germinação:  $v = 1/t$  (RANAL; SANTANA, 2006), sendo  $t$  o tempo médio de germinação.



- (f) Frequência relativa de germinação:  $F_i = n_i / \sum_{k=1}^i n_k$  (LABOURIAU; VALADARES, 1976), sendo  $n_i$  o número de sementes germinadas por dia e  $\sum$  o número total de sementes germinadas.
- (g) Índice de incerteza:  $U = -\sum_{k=1}^i F_i \log_2 F_i \approx F_i = n_i / \sum_{k=1}^i n_k$  (LABOURIAU; VALADARES, 1976; LABOURIAU, 1983), sendo  $F_i$ : frequência relativa da germinação;  $n_i$ : número de sementes germinadas no tempo  $i$  (número correspondente o  $i$  enésima observação);  $k$ : último dia da germinação.
- (h) Índice de sincronia:  $Z = \sum C_{n1,2} / N \approx C_{n1,2} = n_i(n_i-1)/2$ ;  $N = \sum n_i(\sum n_i-1)/2$  (PRIMACK, 1980), sendo  $C_{n1,2}$  a combinação das sementes germinadas no  $i$  enésimo tempo e  $n_i$  o número de sementes germinadas no tempo  $i$ .
- (i) Comprimento da parte aérea e raiz primária: No final do teste de germinação, foi medido o comprimento da raiz primária (da base do colo à extremidade da raiz primária) e da parte aérea (do colo ao ápice da plântula) das plântulas normais da unidade experimental, com auxílio de régua graduada.
- (j) Massa seca da parte aérea e raiz primária: Após as medições, as raízes e a parte aérea das plântulas normais da unidade experimental foram acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft, e postas para secar em estufa com circulação de ar forçada, regulada a 80 °C, até atingir peso constante, com 24 horas, sendo depois a massa seca determinada em balança analítica de precisão (0,0001 g).

Com base no modelo do complexo ativado, o gráfico com as coordenadas  $y = -R \ln V$  ( $V$  = valores experimentais de velocidade) e  $x = A(1/T) \times 10^5$ , com  $R = 1,987$  Kcal.mol<sup>-1</sup> e  $T$  em Kelvin, foi construído para explicar as variações da velocidade de germinação ao longo de todo o intervalo térmico (LABOURIAU, 1972; LABOURIAU; LABOURIAU, 1997).

A partir da equação de Arrhenius  $\partial(-R \ln V) / \partial(1/T) = \Delta H^\ddagger + RT$ , a variação líquida de energia (entalpia) de ativação da germinação foi calculada tanto na faixa infra (V1) como na supra-ótima (V2), usando como parâmetros as temperaturas mínima ( $T_m$ ) e máxima ( $T_M$ ) de germinação (LABOURIAU; OSBORN, 1984; LABOURIAU; LABOURIAU, 1997). Assim, na faixa V1,  $\Delta H^\ddagger_1 = R \cdot T_m \cdot [T / (T - T_m)]$ , e na faixa V2,  $\Delta H^\ddagger_2 = -R \cdot T_M \cdot [T / (T_M - T)]$ , sendo que a variação líquida de entalpia ( $\Delta H^\ddagger$ ) em função da temperatura foi representada pela expressão (LABOURIAU, 1972; LABOURIAU, 1978):  $\Delta H^\ddagger = [RT(\theta - T) \cdot (T_m + T_M)] / [(T - T_m) \cdot (T_M - T)]$ , onde  $\theta$  (média harmônica das temperaturas mínima e máxima) =  $[(2T_m \cdot T_M) / (T_m + T_M)]$ , e  $T$  é a temperatura

experimental, seguindo a interpretação fisiológica dos sinais opostos de  $\Delta H^\ddagger$  nas faixas infra e supra-ótimas de germinação.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os efeitos quantitativos foi realizada análise de regressão polinomial testando os modelos linear e quadrático, sendo selecionado o significativo de maior  $R^2$ . O programa estatístico utilizado foi o Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

O modelo estocástico é descrito como  $Y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}$  ( $i = 1, \dots, k$  e  $j = 1, \dots, r$ ) sendo  $i$  o índice referente ao tratamento e  $j$  à unidade experimental.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de colubrina germinaram no intervalo  $10\text{ °C} \leq T \leq 35\text{ °C}$ , estando o ponto cardeal mínimo, em  $5\text{ °C} < T < 10\text{ °C}$ , e o máximo, em  $35\text{ °C} < T < 40\text{ °C}$ , ou seja, não houve germinação a 5 ou 40 °C, resultado da adaptação fisiológica das sementes às condições ambientais dos locais de ocorrência ou de cultivo da espécie. A temperatura ótima encontrou-se na faixa de  $25\text{ °C} < T < 30\text{ °C}$ , que possibilitou alta germinabilidade em menor tempo médio de germinação (TMG) (Tabela 1). Mesmo assim, apresentam certa plasticidade no tocante ao caráter adaptativo, visto que sua ocorrência abrange vários estados brasileiros, em regiões de transição entre os biomas Cerrado ou Mata Atlântica para a Caatinga.

A alternância de temperatura (20-30 °C) não aumentou a porcentagem de germinação (G) em relação à temperatura constante de 20 °C (Tabela 1). Oliveira et al. (2017) comentaram que a eficiência da germinação pode ser quantificada usando a temperatura ideal e os limites de temperatura máximos e mínimos. Outras arbóreas específicas do bioma Caatinga apresentaram requerimento térmico semelhante: *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm. ( $20\text{ °C} \leq T \leq 40\text{ °C}$ ) (ALMEIDA et al., 2017), *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth. ( $25\text{ °C} \leq T \leq 35\text{ °C}$ ) (NOGUEIRA et al., 2017), *Mimosa tenuiflora* Willd. ( $20\text{ °C} \leq T \leq 40\text{ °C}$ ) (BENEDITO et al., 2017) e *Senegalia bahiensis* (Benth.) Seigler & Ebinger ( $25\text{ °C} \leq T \leq 30\text{ °C}$ ) (LIMA et al. 2017).

A elevação da temperatura experimental aumentou a G, primeira contagem (PC) e índice de velocidade de germinação (IVG), dentro de certo limite, uma vez que temperaturas acima de 30 °C ocasionaram redução acentuada no total de germinação, até que o ponto da temperatura máxima foi atingido (35 °C) (Tabela 1), além do qual nenhuma semente mais germinou, sendo um fator potencialmente deletério, por causar estresse no processo germinativo, devido à termoinibição, causando ainda, dormência térmica ou mesmo perda da viabilidade. Por outro lado, a 10 °C, um pequeno número de sementes germinou (12%) durante 19 dias de incubação (Tabela 1), contribuindo para a proliferação de microrganismos prejudiciais ao estabelecimento das plântulas. Temperaturas baixas podem ter resultado na imobilização gradual das reservas da semente, diminuindo gradativamente a porcentagem de germinação (SILVA et al., 2017).

**Tabela 1.** Germinação (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *C. glandulosa*, sob diferentes temperaturas.

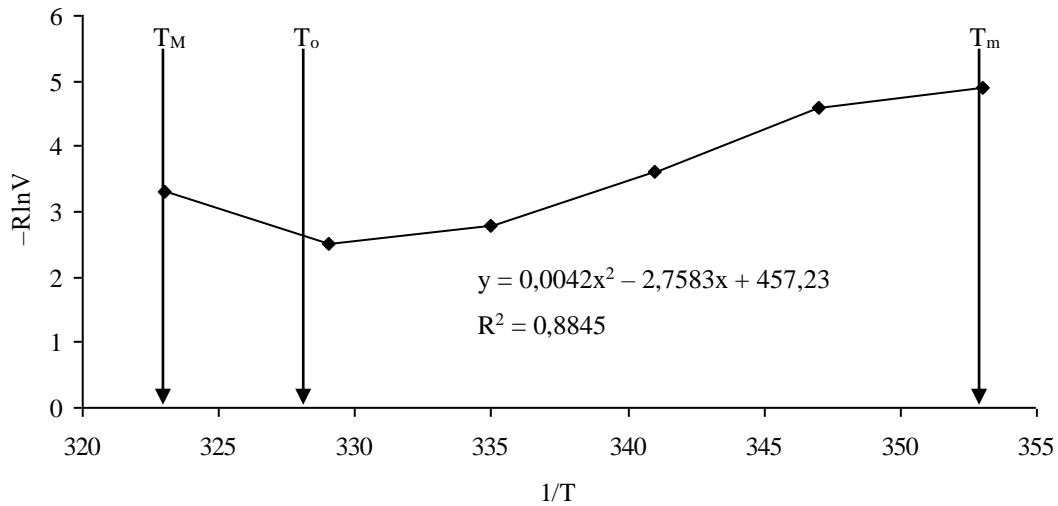
<b>Temperaturas</b> (°C)	<b>G (%)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>IVG</b>	<b>TMG (dias)</b>
10	12 e	0 f	0,331 g	12,0 f
15	32 d	2 ef	0,919 f	10,0 e
20	59 c	6 d	2,618 d	6,2 d
25	73 b	29 b	4,707 b	4,2 b
30	97 a	58 a	7,033 a	3,6 a
35	28 d	4 de	1,443 e	5,3 c
20-30	61 c	11 c	3,469 c	4,7 b
Valor de “F”	495,74**	569,54**	933,61**	1160,59**
CV (%)	6,67	13,36	6,94	4,59

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

\*\*Significativo no nível de 1% de probabilidade.

A curva de Arrhenius foi mostrada na Figura 2. A típica relação unimodal entre o logaritmo da velocidade da reação e a recíproca da temperatura se ajustou melhor ao modelo de regressão quadrática, onde a parte decrescente da curva representa a faixa térmica supra-ótima, e a parte crescente da curva corresponde às temperaturas infra-ótimas. Com base no modelo do complexo ativado e dependência isotérmica da germinação, a temperatura ótima teórica para a velocidade foi 31,4 °C.

Deve-se enfatizar que a barreira energética de ativação engloba tanto transições térmicas como de organização. O modelo assume que uma enzima pode existir em dois estados, sendo um ativo e outro inativo. Segundo Machado et al. (2016), produtos são formados com a enzima em seu estado ativo ou não desnaturado, que, por sua vez, está em equilíbrio com a forma desnaturada ou inativa. Com a continuação do aumento da temperatura, o equilíbrio se deslocaria para o estado inativo enzimático.



**Figura 2.** Curva de Arrhenius da velocidade de germinação isotérmica de sementes de *C. glandulosa*.  $T_m$  = temperatura mínima;  $T_M$  = temperatura máxima;  $T_o$  = temperatura ótima teórica.

As sementes apresentaram capacidade germinativa em limites bem definidos de temperatura. Esta é uma característica importante: temperaturas acima da ótima para o total de germinação aceleram a velocidade do processo, mas desorganizando-o, de sorte que o número de sementes que conseguem completá-lo vai caindo rapidamente. No entanto, temperaturas abaixo da ótima para total de germinação tendem a reduzir a velocidade do processo, expondo a plântula por um maior período de tempo a fatores adversos do ambiente, podendo levar a uma redução no total de germinação.

Albuquerque et al. (1998), trabalhando com sementes de colubrina, obtiveram germinação baixa e lenta nas temperaturas constantes de 25 e 30 °C e alternada de 20-30 °C. Diante desses resultados, a imersão das sementes em ácido sulfúrico por 25 minutos pode não ter sido eficiente para superação da dormência.

Com relação ao efeito sobre a uniformidade de germinação, pelos resultados de incerteza (U) (entropia informacional) (Tabela 2), constatou-se que sementes submetidas a temperaturas, no intervalo ótimo, apresentariam frequências com poucos picos ou suposta distribuição unimodal da frequência relativa, isto é, tendem a concentrar a germinação no período de tempo mais curto possível. Acima e abaixo desta faixa, a U aumentou significativamente e a germinação envolve uma perda de ordem. Por sua vez, já não ocorreria mais a presença de uma moda principal e a germinação de poucas sementes apareceria espalhada ao longo do tempo, com tendência à distribuição

polimodal e à dispersão da frequência relativa, indicando uma compensação das condições desfavoráveis de temperatura por maior distribuição da germinação no tempo.

Nos ecossistemas fechados de florestas tropicais, quando as sementes enterradas saem do banco e são trazidas à superfície na abertura de clareiras, elas são expostas a melhores condições ambientais de luz e temperatura, que podem promover a germinação das mesmas. A habilidade desta espécie em permanecer dormente no banco é uma importante estratégia biológica para a dinâmica de suas populações, permitindo que acompanhem a abertura de clareiras na floresta ou mudanças drásticas em comunidades. Nas florestas tropicais, a formação de banco de sementes geralmente ocorre em espécies de sucessão inicial ou de clareiras.

Temperaturas próximas da ótima proporcionaram os maiores índices de sincronização da germinação (Z), confirmando que esta faixa de temperatura representa um sinal ambiental (comunicação de energia térmica entre o ambiente externo e a semente), que leva a maior nível de organização do processo, refletindo também em maiores valores de G e velocidade média de germinação (VMG). Ao passo que sob temperaturas mais baixas, a germinação foi mais aleatória e menos sincronizada (Tabelas 1 e 2). De acordo com Medeiros et al. (2017), esta estratégia propicia maior eficiência no estabelecimento das plântulas, já que as sementes têm oportunidade de produzir plântulas que poderão encontrar condições ideais para o seu desenvolvimento.

**Tabela 2.** Velocidade média de germinação (VMG), índice de incerteza (U) e índice de sincronia (Z) de sementes de *C. glandulosa*, sob diferentes temperaturas.

Temperaturas (°C)	VMG (dias <sup>-1</sup> )	U (bits)	Z
10	0,08 g	2,5216 f	0,0476 f
15	0,10 f	2,4089 f	0,1500 e
20	0,16 e	2,2258 e	0,1728 de
25	0,24 b	1,4688 b	0,3333 b
30	0,28 a	0,9183 a	0,4090 a
35	0,18 d	2,0844 d	0,2282 cd
20-30	0,21 c	1,6436 c	0,2787 bc
Valor de “F”	3345,40**	1363,86**	145,83**
CV (%)	2,49	3,58	13,43

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

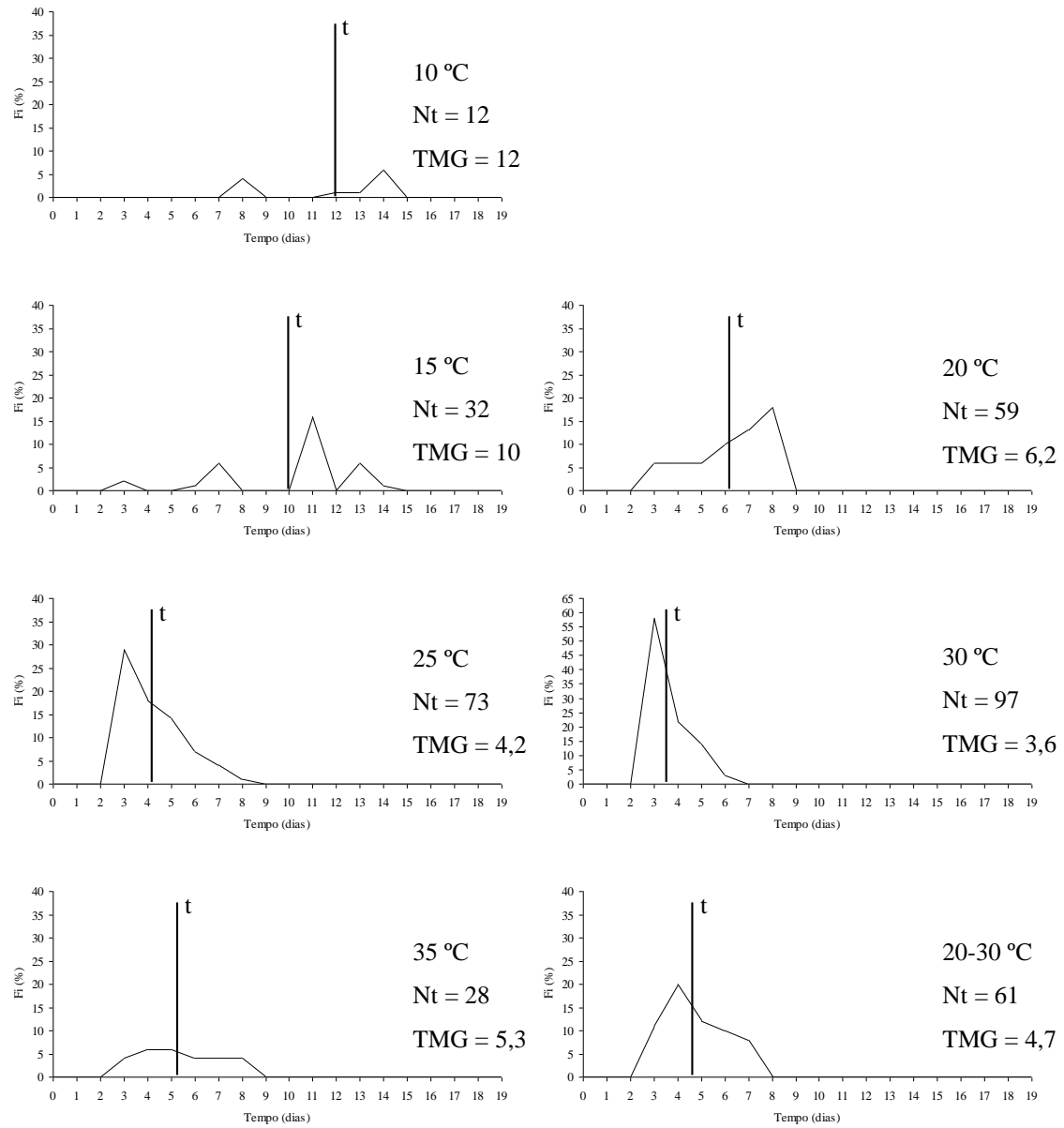
\*\*Significativo no nível de 1% de probabilidade.

Com a dependência-T (dependência de temperatura) da velocidade de germinação, a distribuição das frequências de germinação isotérmica pode variar com a temperatura, sendo que a análise destas distribuições sugere hipóteses sobre como o sinal térmico é percebido pela semente (ZPEVAK; PEREZ; BUCKERIDGE, 2012).

Os polígonos de frequência foram mostrados na Figura 3. Dependendo da temperatura, a assimetria da distribuição foi devida a uma maioria de sementes que germinaram rapidamente ou a uma minoria de sementes que demoraram a germinar (ou devida a ambos os casos). Nas temperaturas constantes de 20, 25, 30 e 35 °C, e alternada de 20-30 °C, os gráficos foram unimodais, e nas temperaturas constantes de 10 e 15 °C, polimodais. Observou-se um desvio do tempo de germinação em relação ao tempo modal, para a direita ( $t > tm_0$ ), de 25 a 35 °C e 20-30 °C, comprovando aceleração do processo germinativo, e para a esquerda ( $t < tm_0$ ), de 10 a 20 °C, evidenciando atraso neste processo. A implicação ecológica é: áreas tropicais e subtropicais, especialmente no verão, podem ser uma vantagem para o estabelecimento desta espécie. Sanhueza et al. (2017) relataram que temperaturas ambientais mais quentes, como as que se preveem devido ao aquecimento global, aumentarão a reprodução por germinação.

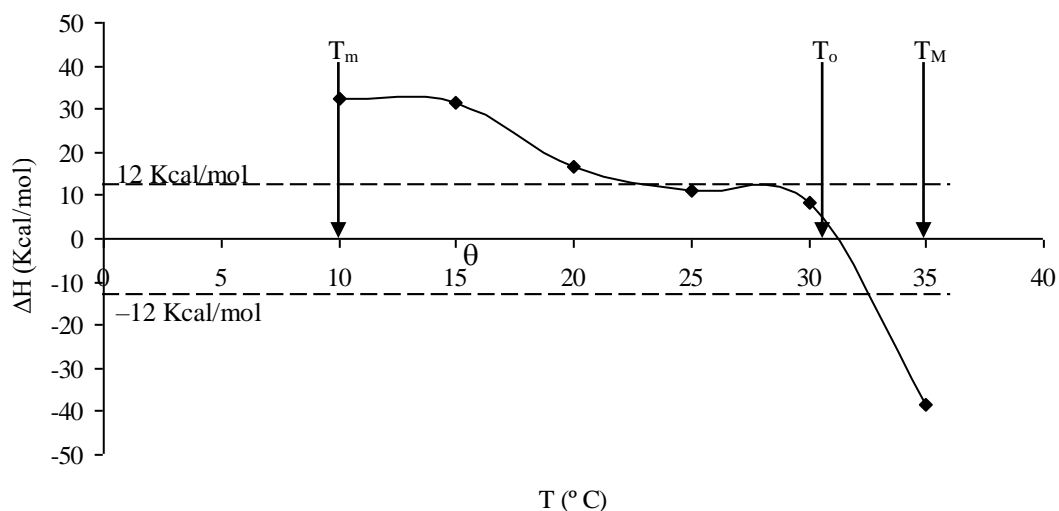
As temperaturas mínima e máxima foram 10 °C e 35 °C, respectivamente, e a média harmônica entre ambas, 15,6 °C. Aplicando as leis da termodinâmica, o gráfico da variação de  $\Delta H^\ddagger$  dependente da temperatura, cuja curva possui duas assíntotas próximas à  $T_m$  e  $T_M$  (Figura 4), mostrou que a energia (entalpia) de ativação da germinação é negativa à medida que a temperatura tende para  $T_M$ , sendo os processos que ocorrem na faixa supra-ótima de natureza diferente daqueles que ocorrem na região infra-ótima. Verificou-se  $|\Delta H^\ddagger| < 12 \text{ Kcal.mol}^{-1}$  no intervalo de temperatura ótima, e  $|\Delta H^\ddagger| > 30 \text{ Kcal.mol}^{-1}$  para 15 e 35 °C, onde processos de termodesnaturação devem afetar a percepção e a capacidade de transdução do sinal térmico na semente. Quanto menos energia for consumida por unidade de tempo na ativação do crescimento, mais eficiente será essa ativação.

O valor médio de  $\Delta H^\ddagger$ , calculado para cada intervalo de temperatura experimental, foi positivo até 30 °C ( $\Delta H^\ddagger > 0$ ), com uma inversão do sinal a 35 °C ( $\Delta H^\ddagger < 0$ ) (Tabela 3), indicando que a temperatura exerce um efeito nas taxas de reação e altera o estado físico dos componentes celulares. O conceito de barreira energética deixa de ter sentido em temperaturas supra-ótimas. A limitação da velocidade de germinação em  $T_m$  e  $T_M$  seria devido a uma demanda de energia acima da capacidade de suprimento energético pelas reações metabólicas exergônicas.



**Figura 3.** Frequências relativas da germinação em função do tempo de incubação isotérmica das sementes de *C. glandulosa*. Nt = número total de sementes germinadas; t = tempo de germinação; TMG = tempo médio de germinação.





**Figura 4.** Variação líquida da entalpia de ativação da germinação de sementes de *C. glandulosa*.  $T_m$  = temperatura mínima;  $T_M$  = temperatura máxima;  $T_o$  = temperatura ótima teórica.

**Tabela 3.** Dependência de temperatura da variação líquida da entalpia de ativação ( $\Delta H^\ddagger$ ) em sementes de *C. glandulosa*.

Temperaturas		$\Delta T$	$\Delta H^\ddagger$ (Kcal/mol)
$^{\circ}\text{C}$	K		
5	278,15	0-5	
10	283,15	5-10	32,42
15	288,15	10-15	31,30
20	293,15	15-20	16,49
25	298,15	20-25	11,18
30	303,15	25-30	8,53
35	308,15	30-35	-38,35
40	313,15	35-40	

Na faixa ótima de temperatura, o processo de germinação pode ser limitado por fenômenos de difusão, durante a embebição, sendo a porcentagem de germinação afetada apenas pelas variações térmicas, com aumento exponencial na turgescência dos tecidos. O desponte na região oposta ao hilo remove pelo menos parte da barreira física imposta pelo tegumento e envoltórios em geral à difusão de material entre semente e o meio externo. Vale ressaltar que processos puramente passivos, como a embebição, são menos sensíveis à variação de temperatura do que processos metabólicos.

Deste modo, a 15 e 35 °C, altos níveis de energia são necessários para desencadear a germinação, os quais indicam partição de processos de mudanças de fase de fosfolipídios de membranas, considerada um importante mecanismo de limitação da velocidade de crescimento, e termo-transconformação protéica, que pode retardar a taxa metabólica até o ponto em que as vias essenciais para o início da germinação deixam de operar (ATAÍDE et al., 2017). Silva et al. (2016) verificaram que em baixas temperaturas, muitas proteínas enzimáticas podem estar excessivamente dobradas, de maneira que seus centros ativos não são alcançados pelos respectivos substratos, o que inviabiliza a reação. Por outro lado, sob temperaturas altas, a limitação pode ocorrer devido à transconformações adversas, levando também à perda da atividade catalítica (MELO et al., 2017).

Outro processo que pode ser afetado pela diminuição da temperatura é a organização da tubulina em microtúbulos, um dos processos parciais sinérgicos atuando na faixa infra-ótima de germinação (BONA; KARSBURG; GALLO, 2016).

Em temperaturas infra-ótimas, a velocidade de germinação ( $v$ ) aumenta com a temperatura e a reação predominante é endotérmica (consome energia), significando que a velocidade global do processo é limitada por processos parciais, cujos efeitos aumentam com a temperatura, e que são sinérgicos, ou seja, voltados ao crescimento do embrião. Já na faixa supra-ótima, a  $v$  diminui com a temperatura e a reação é exotérmica (libera calor), indicando que a velocidade também é limitada por processos favorecidos pela elevação da temperatura, mas, cujos efeitos são antagônicos, isto é, a energia térmica mobilizada é desviada para outros processos, não ligados ao crescimento embrionário propriamente dito.

Termodesnaturação competitiva deve ocorrer já a partir da temperatura ótima, o que é indicado pelo aparecimento de proteínas de choque térmico (HSP), para atender demandas extras impostas à célula sob estresse (TAIZ et al., 2017).

Temperaturas consideradas como mínima, em função dos efeitos sobre a velocidade de embebição e de mobilização de reservas, provocaram decréscimo do comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSP) (Tabela 4), podendo haver extensão do problema ao restante do ciclo da planta, com efeitos sobre a rapidez do desenvolvimento e a produção por área (MISSIO et al., 2017). Conforme Marcos-Filho (2015), as injúrias por resfriamento, provavelmente, estão relacionadas a danificações ao sistema de membranas, porque os eixos embrionários submetidos a essas condições perdem substâncias orgânicas. A temperatura tem seu principal efeito no estado físico da membrana celular, sobretudo sobre a fluidez dos lipídeos (LOPES; FRANKE, 2011).

Na temperatura máxima, algumas das reações que geralmente culminariam na protusão da raiz primária prosseguiram normalmente, porém o subsequente desenvolvimento da plântula normal não ocorreu (Tabela 4), possivelmente, em consequência de uma menor taxa de síntese protéica ou qualquer outro processo particularmente sensível ao aumento da temperatura. Tal fato pode estar relacionado à perda da estrutura conformacional das enzimas em uma dada temperatura, o que leva também à perda de função ou inativação (ATAÍDE; BORGES; LEITE FILHO, 2016).

Variações de temperatura dentro da faixa ótima foram as mais adequadas para a germinação das sementes e outros aspectos do desenvolvimento inicial da planta (Tabelas 1, 2 e 4), havendo relação entre essas temperaturas e o bioma onde as sementes foram produzidas.

**Tabela 4.** Comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSP) de plântulas de *C. glandulosa*, sob diferentes temperaturas.

Temperaturas (°C)	CR (mm)	CPA (mm)	MSR (mg)	MSP (mg)
10	3 f	36 f	2 f	26 e
15	9 e	56 e	4 e	28 e
20	19 d	59 e	9 d	38 d
25	28 b	97 b	19 b	85 b
30	34 a	109 a	23 a	93 a
35	7 e	76 d	3 ef	27 e
20-30	24 c	86 c	15 c	76 c
Valor de “F”	236,00**	1462,59**	429,52**	920,69**
CV (%)	12,09	3,58	9,80	5,53

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

\*\*Significativo no nível de 1% de probabilidade.

#### 4. CONCLUSÕES

Sementes de colubrina apresentam ampla faixa de tolerância à temperaturas, com limites mínimo e máximo de 10 e 35 °C, respectivamente.

A temperatura ótima para germinação de sementes de colubrina é de 30 °C.

A velocidade depende curvilinearmente da temperatura.

O processo de germinação é predominantemente endergônico e só ocorre a menos que uma energia  $\geq -38,35 \text{ Kcal.mol}^{-1}$  e  $\leq 32,42 \text{ Kcal.mol}^{-1}$  seja atingida.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. C. F.; RODRIGUES, T. J. D.; MINOHARA, L.; TEBALDI, N. D.; SILVA, L. M. M. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguaraji (*Colubrina glandulosa* Perk. – Rhamnaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 108-111, 1998.
- ALMEIDA, J. P. N.; LESSA, B. F. T.; PINHEIRO, C. L.; GOMES, F. M.; MEDEIROS FILHO, S.; SILVA, C. C. Germination and development of *Amburana cearensis* seedlings as influenced by seed weight, light and temperature. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 525-533, 2017.
- ATAÍDE, G. M.; BORGES, E. E. L.; PICOLI, E. A. T.; LEITE FILHO, A. T.; FLORES, A. V. Alterações nas reservas de sementes de *Melanoxylon brauna* Schott. (Fabaceae Caesalpinioideae) durante a germinação em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, Recife, v. 12, n. 3, p. 372-379, 2017.
- ATAÍDE, G. M.; BORGES, E. E. L.; LEITE FILHO, A. T. Alterações fisiológicas e biométricas em sementes de *Melanoxylon brauna* Schott durante a germinação em diferentes temperaturas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 40, n. 1, p. 61-70, 2016.
- BASTOS, L. L. S.; FERRAZ, I. D. K.; LIMA JUNIOR, M. J. V.; PRITCHARD, H. W. Variation in limits to germination temperature and rates across the seed-seedling transition in the palm *Oenocarpus bataua* from the Brazilian Amazon. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 45, n. 1, p. 1-13, 2017.
- BENEDITO, C. P.; RIBEIRO, M. C. C.; TORRES, S. B.; GUIMARÃES, I. P.; OLIVEIRA, K. J. B. Dormancy overcoming, temperatures and substrates on germination of *Mimosa tenuiflora* Willd seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 125-134, 2017.
- BONA, D. A. O.; KARSBURG, I. V.; GALLO, R. Indução e identificação de poliploidia em *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1331-1337, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária/Coordenação Geral de Apoio Laboratorial. Brasília, DF: MAPA/SDA/CGAL, 2013. 97 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 409 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 10 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 106).

- CARVALHO, M. P.; SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. Emergência de plântulas de *Anacardium humile* A. St.-Hil. (Anacardiaceae) avaliada por meio de amostras pequenas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 627-633, 2005.
- CZABATOR, F. J. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. **Forest Science**, Washington, v. 8, n. 4, p. 386-396, 1962.
- EMPERAIRE, L. A região da Serra da Capivara (Sudeste do Piauí) e sua vegetação. **Brasil Florestal**, Brasília, DF, v. 13, n. 60, p. 5-21, 1984.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- LABOURIAU, L. G.; LABOURIAU, I. S. Physiological rate processes form the point of view of absolute reaction rate theory. **Ciência e Cultura: Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, São Paulo, v. 49, n. 3, p. 177-189, 1997.
- LABOURIAU, L. G.; OSBORN, J. H. Temperature dependence on germination of tomato seeds. **Journal of Thermal Biology**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 285-294, 1984.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Secretaria Geral da OEA, Washington – Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Washington, 1983. 174 p.
- LABOURIAU, L. G. Seed germination as a thermobiological problem. **Radiation and Environmental Biophysics**, New York, v. 15, n. 4, p. 345-366, 1978.
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.
- LABOURIAU, L. G. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* II. An analysis of the temperature dependence of the seed germination rate. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 3, p. 477-534, 1972.
- LIMA, T. M.; MENDONÇA, A. V. R.; PAIXÃO, C. C.; FREITAS, T. A. S.; MOREIRA, R. F. C. Influence of temperature and photoperiod on the germination of *Senegalia bahiensis* seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 3, p. 1103-1114, 2017.
- LOPES, R. R.; FRANKE, L. B. Aspectos térmico-biológicos da germinação de sementes de cornichão anual sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 40, n. 10, p. 2091-2096, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2016. 384 p.
- MACHADO, D. F. M.; BORTOLIN, G. S.; PARANHOS, J. T.; SILVA, A. C. F. Temperatura, luz e desinfecção na germinação das sementes de *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 1, p. 144-152, 2016.

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

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

MEDEIROS, R. L. S.; SOUZA, V. C.; SANTOS, J. N. B.; AZEREDO, G. A.; ANJOS, F. Seeds ecophysiology in an altitude marsh in Paraíba state, Brazil, aiming the conservation of the autochthonous biodiversity. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 697-705, 2017.

MELO, P. A. F. R.; CAVALCANTE, M. I. P.; ALVES, E. U.; MARTINS, C. C.; ARAÚJO, L. R. Substrates and temperatures in the germination of *Eriotheca gracilipes* seeds. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 303-309, 2017.

MELO JUNIOR, J. L. A.; MELO, L. D. F. A.; ARAÚJO NETO, J. C.; FERREIRA, V. M. Germination and morphology of seeds and seedlings of *Colubrina glandulosa* Perkins after overcoming dormancy. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 12, n. 4, p. 639-647, 2018.

MISSIO, F. F.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; LONGHI, S. J.; BRAND, M. A.; RIOS, P. D.; ROSA, A. D.; BUZZI JUNIOR, F.; BENTO, M. A.; GONÇALVES, D. A.; LOEBENS, R.; PSCHEIDT, F. Atributos funcionais de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages – SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 215-224, 2017.

NOGUEIRA, N. W.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O.; CASTRO, T. H. S.; SÁ, F. V. S. 'Jurema-de-embira' seed germination under water stress and at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 4, p. 244-248, 2017.

OLIVEIRA, F. N.; OLIVEIRA, J. R.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W. Germination and initial development of *Simira gardneriana* seedling under water stress and at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 5, p. 333-338, 2017.

OLIVEIRA, F. N.; FRANÇA, F. D.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de pereiro-vermelho (*Simira gardneriana* M.R. Barbosa & Peixoto). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 658-666, 2016.

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 68, n. 3, p. 849-862, 1980.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2006.



RIOS, P. A. F.; ARAÚJO NETO, J. C.; FERREIRA, V. M.; NEVES, M. I. R. S. Seed morphometry and germination of *Aechmea costantinii* (Mez) L. B. Sm. (Bromeliaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 85-93, 2016.

SANHUEZA, C.; VALLEJOS, V.; CAVIERES, L. A.; SAEZ, P.; BRAVO, L. A.; CORCUERA, L. J. Growing temperature affects seed germination of the antarctic plant *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl (Caryophyllaceae). **Polar Biology**, Berlin, v. 40, n. 2, p. 449-455, 2017.

SILVA, R. B.; MATOS, V. P.; FARIAS, S. G. G.; SENA, L. H. M.; SILVA, D. Y. B. O. Germinação e vigor de plântulas de *Parkia platycephala* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 142-150, 2017.

SILVA, M. L. M.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; SANTOS-MOURA, S. S.; SANTOS NETO, A. P. Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 999-1007, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

ZPEVAK, F. A.; PEREZ, S. C. J. G. A.; BUCKERIDGE, M. S. Isothermal seed germination of *Adenanthera pavonina*. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 401-408, 2012.

## **CAPÍTULO III**

### **VIABILIDADE DE SEMENTES DE *Colubrina glandulosa* Perkins DURANTE O ARMAZENAMENTO**

## RESUMO

*Colubrina glandulosa* Perkins, conhecida popularmente como colubrina, é uma espécie de importância ecológica e socioeconômica, porém, em risco de extinção. O presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes condições de armazenamento sobre o potencial fisiológico de sementes de colubrina. As sementes foram acondicionadas em saco de papel e frasco de vidro, em ambiente de laboratório e em câmara seca, durante os períodos de 0, 3, 6, 9, 12 e 15 meses. Para cada período e condição de armazenamento foram avaliadas as seguintes variáveis: teor de água, germinação, velocidade, tempo médio e sincronia de germinação, comprimento total e massa seca de plântulas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 6 (duas embalagens e seis períodos de armazenamento), com quatro repetições de 25 sementes. O teor de água das sementes variou de 8,0 a 17,8%, dependendo da embalagem e das condições ambientais do local de armazenamento, sendo as sementes fisiologicamente classificadas como ortodoxas. Em condições de laboratório, verificou-se diminuição no potencial fisiológico das sementes, a partir dos seis meses, em embalagem de papel. Sementes acondicionadas em embalagem porosa ou impermeável, com teor de água de 8,0%, na condição de câmara seca, mantiveram a viabilidade quando armazenadas por 15 meses.

**Palavras-chave:** colubrina. período e condição de armazenamento. potencial fisiológico. teor de água.

## ABSTRACT

*Colubrina glandulosa* Perkins, popularly known as colubrina, is a species of ecological and socioeconomic importance, but in danger of extinction. The present study aimed to evaluate different storage conditions on the physiological potential of the colubrina seeds. The seeds were stored in a paper bag and glass bottle, in a laboratory environment and in a dry chamber, during for 0, 3, 6, 9, 12, and 15 months. For each storage period and condition, the following variables were evaluated: water content, germination, speed, mean time and germination synchrony, total length, and dry mass of seedlings. The experimental design was completely randomized, in a  $2 \times 6$  factorial arrangement (2 packs and 6 storage periods), with four replicates of 25 seeds. The water content of the seeds ranged from 8.0% to 17.8%, depending on the packaging and environmental conditions of the storage site, being the seeds physiologically classified as orthodox. Under the laboratory conditions, seed physiological potential decreased from six months onward in the paper packaging. Seeds conditioned in a porous or impermeable packaging with a water content of 8.0%, in the dry chamber condition, remained viable when stored for 15 months.

**Key words:** colubrina. period and storage condition. physiological potential. water content.

## 1. INTRODUÇÃO

*Colubrina glandulosa* Perkins é conhecida vulgarmente como colubrina, com potencial para uso na fabricação de móveis de luxo, produção de energia, celulose e papel, arborização de praças e parques e recuperação de áreas degradadas com fins conservacionistas. A árvore é caducifólia, no entanto, presume-se que esta espécie apresente diferentes ecótipos, adaptações a diferentes regiões climáticas, pois podem ser encontrados exemplares com folhagem até mesmo durante a estação de repouso fisiológico (LORENZI, 2016). Atinge a idade reprodutiva aos três anos, em plantios realizados em solos férteis, e tem uma longevidade de aproximadamente 40 anos (CARVALHO, 2005). Recentemente, tem sido alvo de atenção em amplo espectro de pesquisas no Sul do Brasil.

A irregularidade na produção de sementes da maioria das espécies florestais, devido a irregularidade de frutificação entre anos e árvores, baixa produção de frutos-sementes por indivíduos e a distribuição espacial das árvores na floresta, impossibilita o suprimento destas capaz de atender as necessidades dos programas de produção de mudas para os mais variados fins (OLIVEIRA et al., 2017). A partir do armazenamento, é possível a conservação do germoplasma de plantas valiosas e em perigo de extinção (LÉON-LOBOS; ELLIS, 2018). Contudo, para que o mesmo dê resultados positivos, as sementes devem ser armazenadas em condições adequadas.

Torna-se, então, necessário o uso de técnicas que permitam manter a viabilidade das sementes pelo maior tempo possível, reduzindo ao mínimo os processos de deterioração e garantindo a manutenção do estoque regulador de sementes para os anos subsequentes de baixa produção. Segundo Wencomo, Ortíz e Cáceres (2017), o armazenamento tem por objetivo conservar as sementes, preservando suas atributos físicos, fisiológicos e sanitários, para posterior semeadura e obtenção de plantas saudáveis após a germinação.

Assim, são necessários embalagem e ambiente apropriados. De acordo com Sahu et al. (2017), o armazenamento é diferenciado, dependendo da espécie e das características de suas sementes. As condições podem variar de acordo com o tempo no qual as sementes ficarão armazenadas (SILVA et al., 2018). Geralmente a redução de fatores, como a luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar do ambiente, fazem com que o metabolismo da semente seja reduzido e que os microorganismos responsáveis por sua deterioração, fiquem fora de ação, aumentando sua viabilidade (SCHNEIDER et

al., 2017). Avaliações do comportamento de sementes frente ao potencial de armazenamento, também são fundamentais para poder inferir sobre o ambiente ecológico em que a espécie evoluiu e se encontra atualmente.

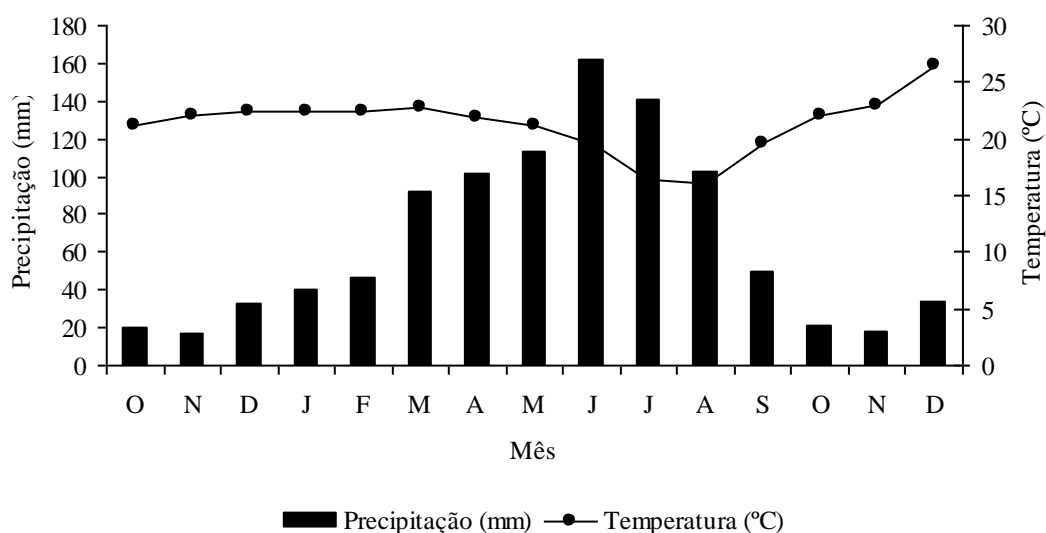
Diante do esboço, objetivou-se avaliar diferentes condições de armazenamento sobre o potencial fisiológico de sementes de colubrina.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Propagação de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, Brasil.

### 2.1 Local de coleta

As sementes foram coletadas de outubro a dezembro de 2015, em fragmentos florestais, na região do município de Bom Conselho, mesorregião do estado de Pernambuco (Agreste), com 09° 10' 11" S, 36° 40' 47" W e altitude de 654 metros. A temperatura média anual foi de 21 °C (Figura 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é classificado como BSh, semi-árido quente com precipitação anual de 918 mm (Figura 1).



**Figura 1.** Médias mensais de temperatura e precipitação ocorridas em Bom Conselho (PE) de outubro de 2014 a dezembro de 2015.

## 2.2 Coleta

Frutos maduros foram colhidos diretamente das árvores. Os indicativos do ponto de maturidade fisiológica usados foram a mudança na coloração (do verde para o castanho-escuro) e o início da deiscência. O número de árvores coletadas consta na Tabela 1.

**Tabela 1.** Grupo ecológico (GE), número de árvores coletadas (AC), período de secagem dos frutos (S), determinação do teor de água e duração do teste de germinação (G) de sementes de *C. glandulosa*.

GE	AC	S (dias)	Teor de água		G (dias)
			Repetições	Peso (g)	
Secundária inicial	10	5	2	1	19

## 2.3 Beneficiamento

Os frutos foram mantidos à sombra, quebrados para extração das sementes, realizado conforme as recomendações de Lorenzi (2016). Os lotes foram formados apenas por sementes maduras e sem danos visuais.

## 2.4 Armazenamento das sementes

As sementes foram contabilizadas e acondicionadas em quatro condições: saco de papel Kraft e frasco de vidro, ambiente de laboratório (não-controlado) e câmara seca (18 °C e 45% UR), durante os tempos de armazenamento de 0 (sem armazenamento), 3, 6, 9, 12 e 15 meses.

Para cada período de avaliação, em cada condição de armazenamento, fez-se a determinação do teor de água das sementes e teste de germinação.

A metodologia utilizada para propor a classificação das sementes quanto à capacidade de armazenamento foi baseada na metodologia proposta por Hong e Ellis (1996), com algumas modificações.



## 2.5 Teor de água

Foi utilizado o método de estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 horas (BRASIL, 2009). Essa determinação foi realizada com duas amostras de 1 g de sementes.

## 2.6 Teste de germinação

Para instalação do teste de germinação, primeiramente, foi realizada a assepsia das sementes pela imersão em álcool 70% por 1 minuto, seguida de lavagem em água corrente (MELO JUNIOR et al., 2018). Posteriormente, as sementes foram despontadas na região oposta ao hilo, e colocadas para germinar sobre duas folhas de papel toalha umedecidas com volume de água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco (BRASIL, 2009), contidas em caixas de plástico transparente (11,0 x 11,0 x 3,5 cm), e mantidas à 30 °C com fotoperíodo de oito horas.

Foram consideradas germinadas sementes que originaram plântulas normais (BRASIL, 2009), contabilizadas diariamente, no mesmo horário, por 19 dias. O substrato foi mantido suficientemente úmido durante todo o teste.

As variáveis analisadas foram: germinação, velocidade, tempo médio de germinação e índice de sincronia, comprimento total e massa seca de plântulas.

- (a) Germinação:  $g_i = (\sum_{k=1}^i n_i / N) \times 100$ , sendo  $n_i$  o número de sementes germinadas no tempo  $i$  e  $N$  o número total de sementes colocadas para germinar.
- (b) Índice de velocidade de germinação:  $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$ , sendo  $G_1, G_2, G_n$  o número de sementes germinadas na primeira, segunda, até a última contagem; e  $N_1, N_2$  e  $N_n$  o número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.
- (c) Tempo médio de germinação:  $t = \sum_{k=1}^i (n_i t_i) / \sum_{k=1}^i n_i$ , sendo  $t_i$ : tempo do início do experimento até o  $i$  enésima observação (dias ou horas);  $n_i$ : número de sementes germinadas no tempo  $i$  (número correspondente o  $i$  enésima observação);  $k$ : último dia da germinação.
- (d) Índice de sincronia:  $Z = \sum C_{n1,2} / N \approx C_{n1,2} = n_i(n_i-1)/2$ ;  $N = \sum n_i(\sum n_i-1)/2$ , sendo  $C_{n1,2}$  a combinação das sementes germinadas no  $i$  enésima tempo e  $n_i$  o número de sementes germinadas no tempo  $i$ .

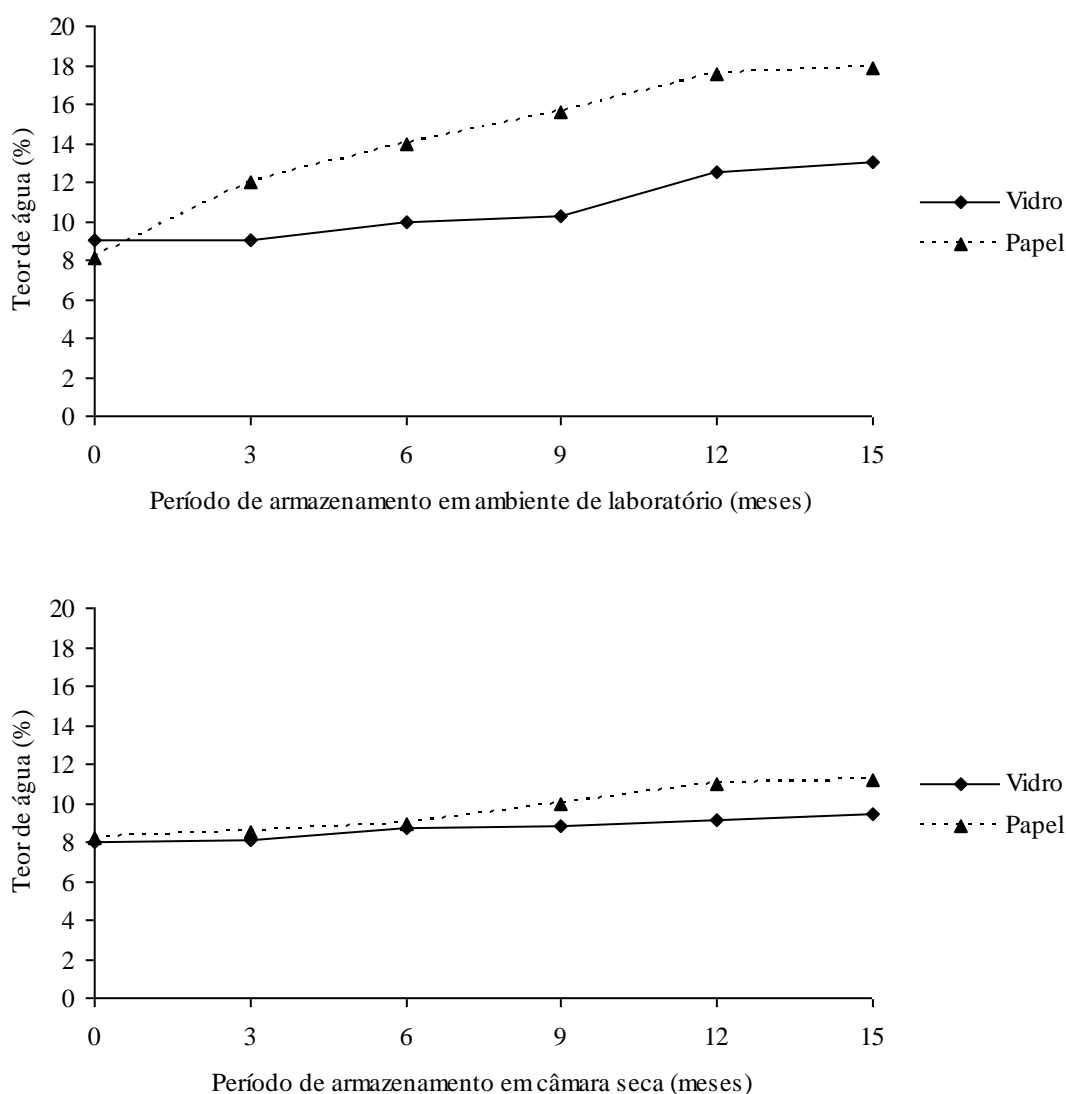
- (e) Comprimento total da plântula: no final do teste de germinação, mediu-se o comprimento (desde o ápice da raiz primária até a gema apical da parte aérea) com o auxílio de uma régua graduada.
- (f) Massa seca de plântulas: após as medições, as plântulas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft, e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar regulada a 80 °C, até que atingisse massa constante (24 horas), sendo sua massa seca pesada em balança analítica de precisão de 0,0001 g.

## **2.7 Procedimento estatístico**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições de 25 sementes, e os dados, submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade. Para os dados com distribuição não normal fez-se a transformação do arco seno  $\sqrt{\%}$ , e juntamente com os dados que atenderam aos referidos pressupostos, usou-se a análise de variância em arranjo fatorial 2 x 6 (duas embalagens x seis períodos de armazenamento) e aplicação de regressão polinomial, adotando-se as equações cujos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram superiores. Todas as análises foram feitas com o auxílio do *software* estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se menor variação no teor de água para as sementes armazenadas em câmara seca, independentemente do tipo de embalagem utilizado, nos quais houve aumento de um e três pontos percentuais para vidro (9,4%) e papel (11,2%), respectivamente, ao longo do período de armazenamento, em detrimento daquelas acondicionadas em embalagem de papel em ambiente de laboratório, as quais permitiram maior troca de vapor de água passando o teor de água de 8,1% para 17,8%, nos 15 meses de armazenamento (Figura 2). Essa variação no teor de água das sementes evidenciou dois padrões bem distintos, estando correlacionados com a condição de armazenamento.



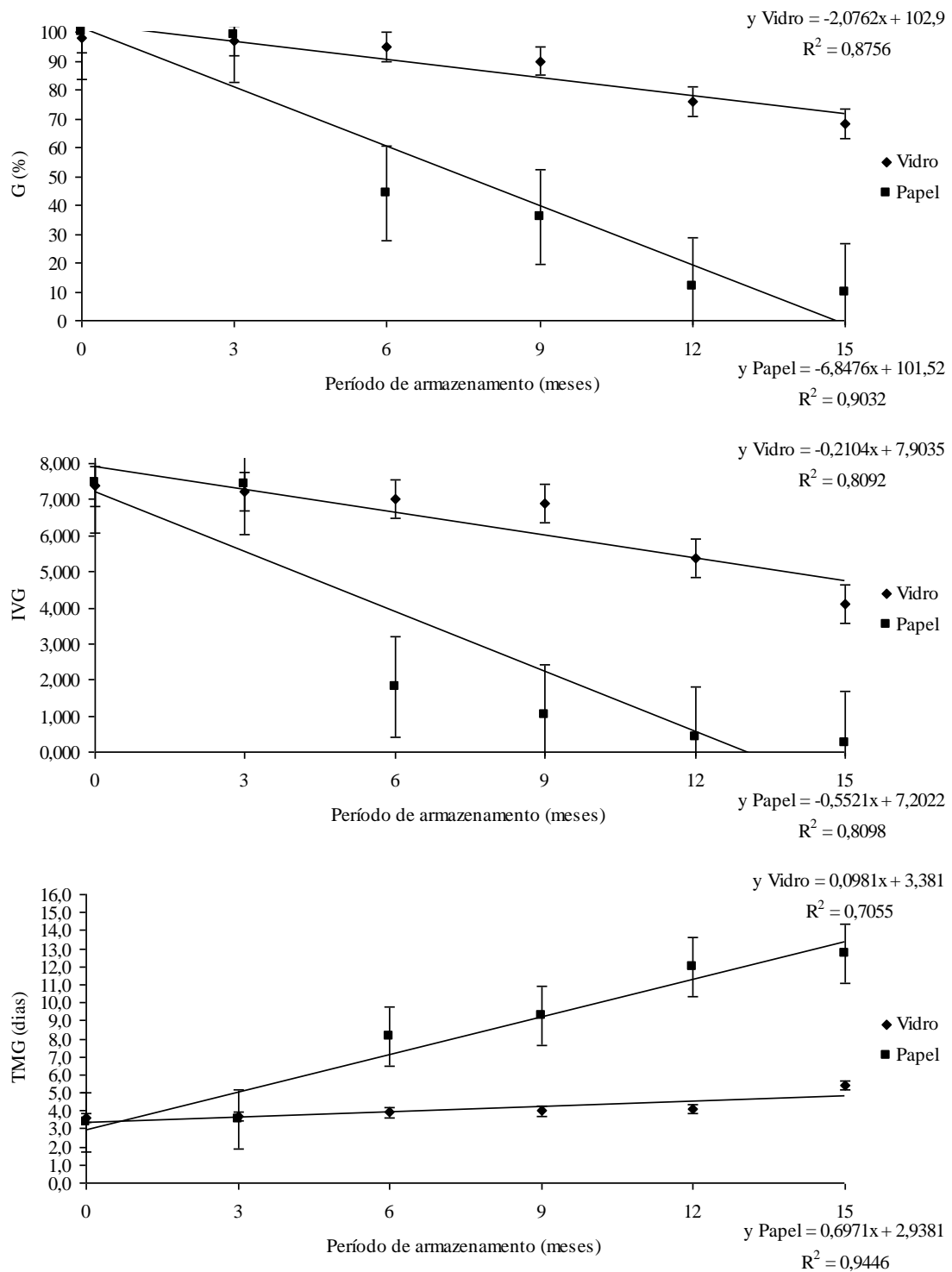
**Figura 2.** Teor de água de sementes de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas por diferentes períodos.

No presente estudo, a diferença no teor de água observada ao longo do armazenamento pode estar relacionado ao fato das embalagens de vidro impedirem ou dificultarem a troca de vapor de água entre as sementes e o meio circundante, contrariamente ao papel que facilita o processo de higroscopia, propriedade intrínseca às sementes.

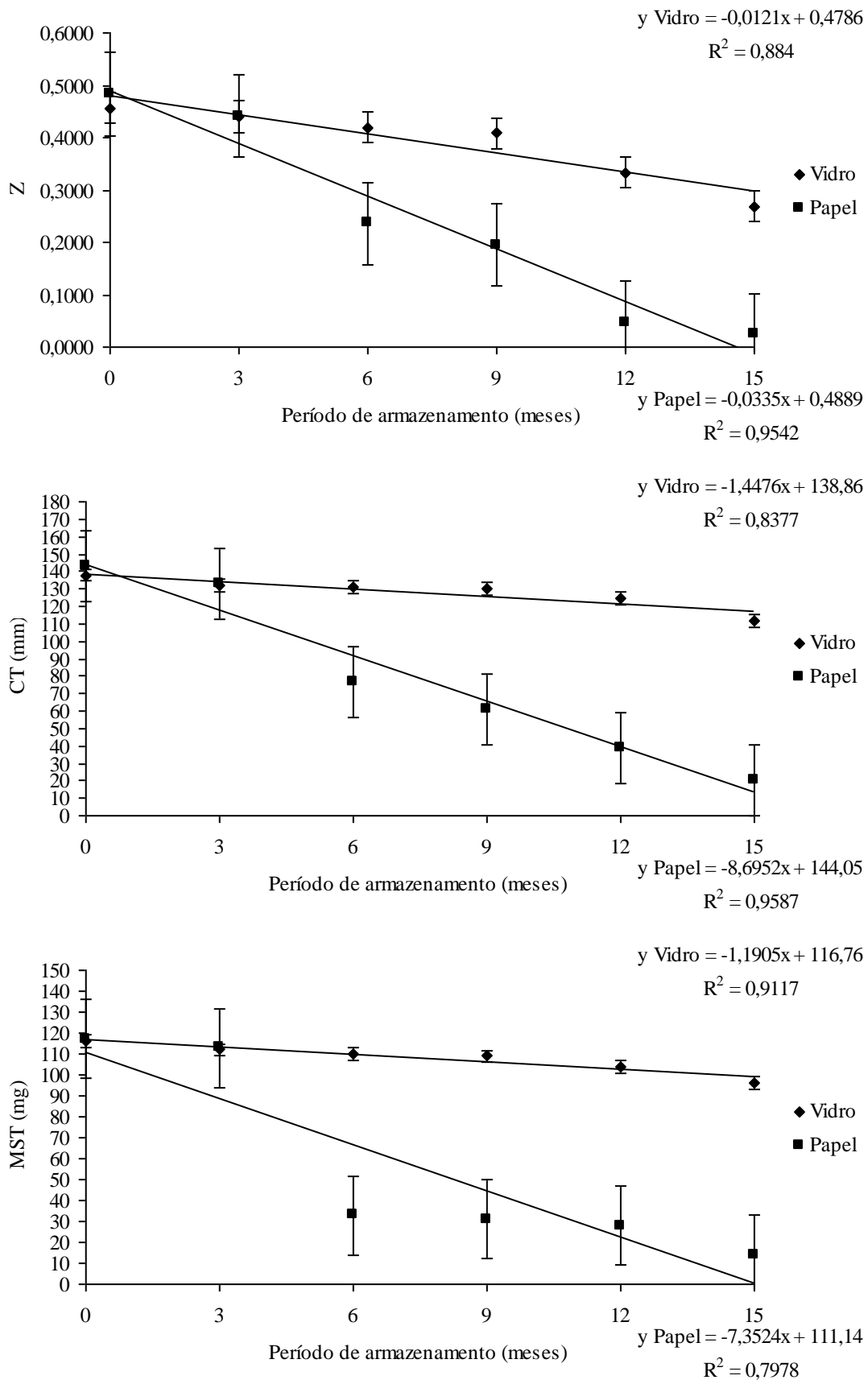
Quando o teor de água das sementes acondicionadas em frascos de vidro e sacos de papel, em câmara seca ou em ambiente de laboratório, manteve-se abaixo dos 13%, as sementes apresentaram maior germinação e vigor durante o tempo de armazenamento de 15 meses. Por outro lado, quando o teor de água era de aproximadamente 14%, observou-se um decréscimo significativo no potencial fisiológico, com início no período de seis meses (Figuras 2-6). No papel (poroso), há penetração de vapor de água no interior das embalagens, provocando a inativação progressiva do metabolismo e culminando com a morte das sementes. Nas impermeáveis (vidro), o vapor do ambiente não penetrou no interior da embalagem.

Considerando o fluxograma de Hong e Ellis (1996) para determinação do comportamento das sementes durante o armazenamento, e considerando os resultados verificados nas Figuras 2-6, é possível classificar as sementes de colubrina como tendo comportamento ortodoxo, pois ocorreu a manutenção da germinação, mesmo com a redução do teor de água para níveis entre 8-9%. A maioria das espécies, de típica adaptação ecológica tropical, apresenta este comportamento, ou seja, suas sementes terão a viabilidade tanto melhor conservada quanto mais secas estiverem. Entretanto, vale destacar que em ambiente de laboratório ocorreu redução no potencial fisiológico das sementes comparado aos meses iniciais, com relação linear negativa entre o teor de água e a viabilidade das sementes armazenadas em saco de papel.

De acordo com Felix et al. (2017), o efeito do teor de água nas sementes dá-se principalmente por intensificar a respiração. Esse efeito mais acentuado do teor de água sobre o potencial de armazenamento de sementes também foi comprovado em trabalhos de pesquisa com sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze (HENNIPMAN et al., 2017), *Mimosa scabrella* Benth. (MENEGATTI et al., 2017), *Calophyllum brasiliense* Cambess. (NERY et al., 2017), *Myrsine parvifolia* A. DC. (RI et al., 2017) e *Vochysia divergens* Pohl. (OLIVEIRA; ALVES; FERNANDES, 2018). As condições de umidade relativa do ar e de temperatura durante o armazenamento, onde as sementes alcançarão o equilíbrio higroscópico específico, determinarão a manutenção do seu potencial fisiológico por maior ou menor tempo.



**Figura 3.** Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas em ambiente de laboratório por diferentes períodos.

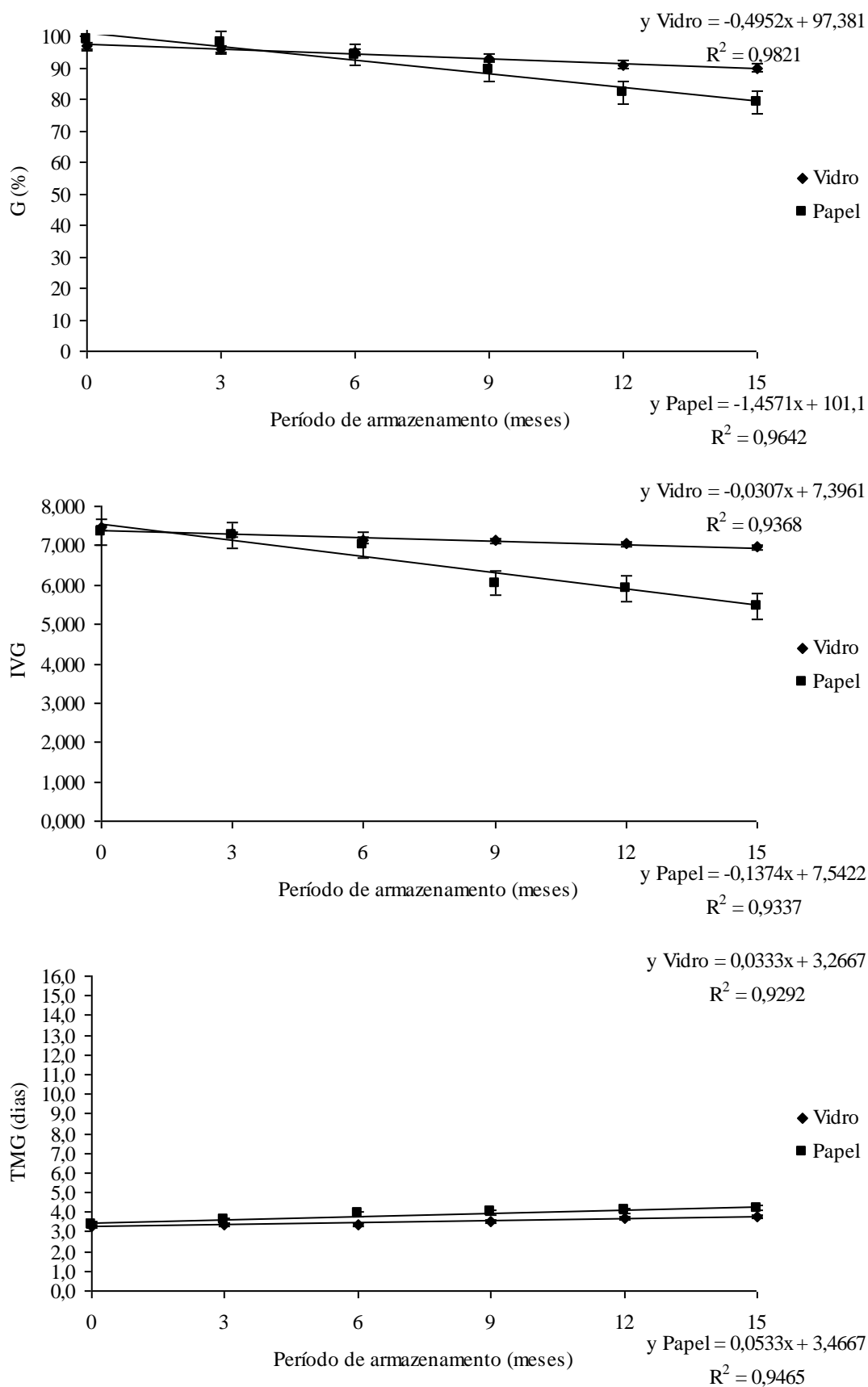


**Figura 4.** Índice de sincronia (Z), comprimento total (CT) e massa seca (MST) de plântulas de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas em ambiente de laboratório por diferentes períodos.

Em laboratório (condições ambientais normais), com a embalagem de papel, no tempo de armazenamento de 15 meses, constatou-se menor potencial fisiológico (Figuras 2-6). Nessas condições, o teor de água de 17,8%, acelerou a deterioração, geralmente determinada pela desorganização do sistema de membranas. Segundo Jose et al. (2018), isso se dá porque mais vapor de água entra na semente, o que pode acarretar o consumo gradativo de reservas do embrião e a libertação de toxinas. Resultados semelhantes foram encontrados em sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (BANDEIRA et al., 2017), *Cedrela fissilis* Vellozo (FLORES et al., 2018) e *Pochota fendleri* (Seem.) W.S. Alverson & M.C. Duarte (SMIDERLE et al., 2018), em que a viabilidade e o vigor foram reduzindo com o avanço do tempo de armazenamento.

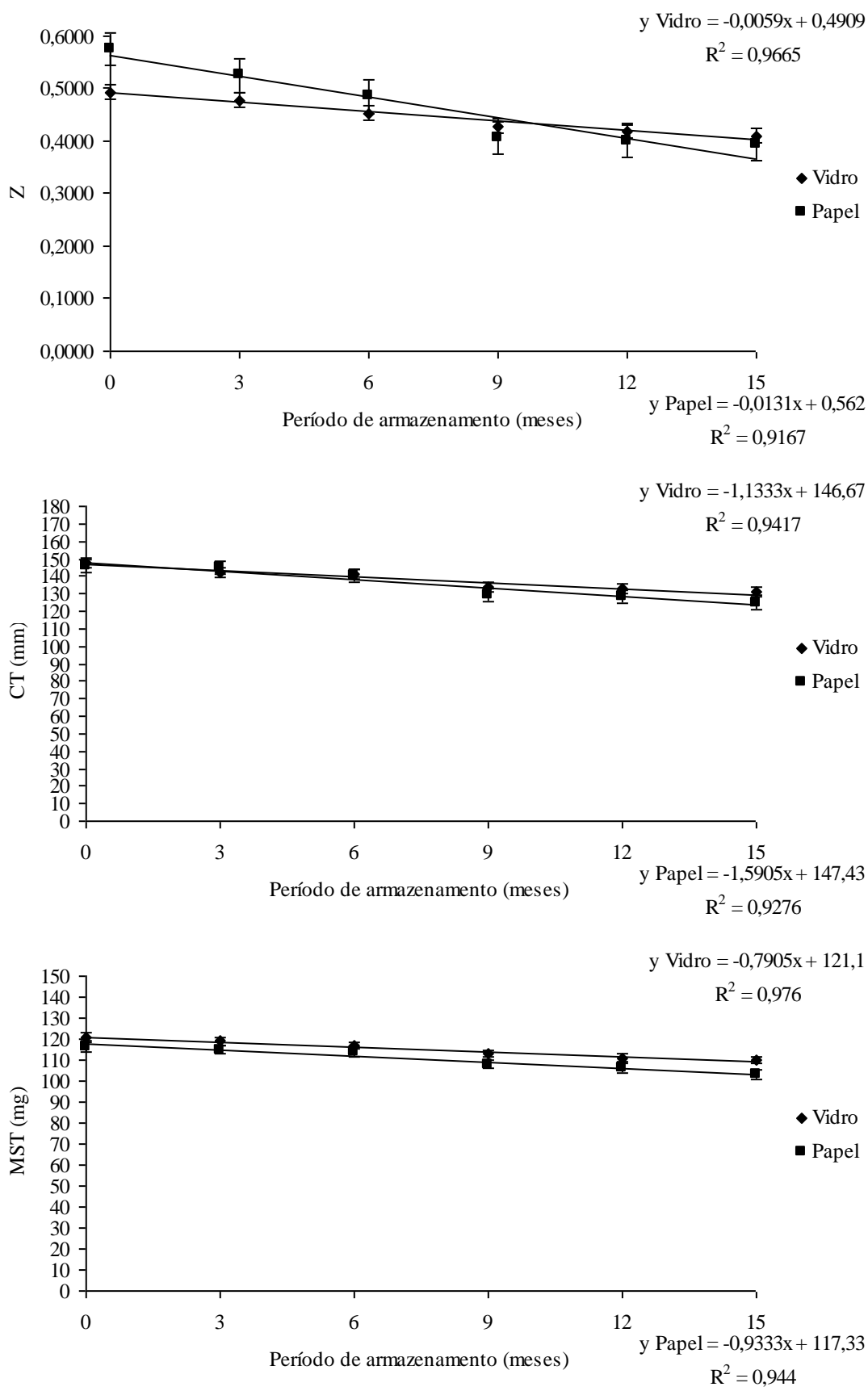
Foi observado nas Figuras 2-6, que para condições de câmara seca (umidades relativas baixas), com um teor de água inicial adequado, pode-se manter a viabilidade das sementes por longo tempo, tanto em embalagem de vidro quanto em saco de papel. Por outro lado, em ambiente normal de laboratório, melhores resultados foram obtidos utilizando-se a embalagem de vidro, fazendo com que os efeitos das altas temperaturas diurnas não fossem tão drásticos. Por isso, a solução para armazenar sementes em um clima tipicamente tropical (caso, no Brasil, da região amazônica), temperaturas e umidades relativas elevadas durante o armazenamento, seria efetuar uma secagem rigorosa, e depois, fazer uso de embalagem impermeável à água.

Pereira et al. (2017) ilustraram bem o efeito que o clima da região exerce sobre a escolha do tipo de embalagem a ser usada, no caso de sementes de comportamento ortodoxo. A semente vai procurar, então, ajustar-se à nova umidade relativa do ar do ambiente, e adquire, conseqüentemente, um teor de água mais alto do que o inicial, que, por sua vez, resulta em nova modificação da umidade relativa do ar da embalagem e novo equilíbrio higroscópico da semente. Paralelamente, estimularia o crescimento de fungos, tanto pelo vapor de água quanto pela energia calórica adicionados ao ambiente interno da embalagem.



**Figura 5.** Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas em câmara seca por diferentes períodos.





**Figura 6.** Índice de sincronia (Z), comprimento total (CT) e massa seca (MST) de plântulas de *C. glandulosa* acondicionadas em embalagem de papel e de vidro e armazenadas em câmara seca por diferentes períodos.

Conforme Pelissari et al. (2018), sementes de muitas espécies de florestas tropicais úmidas, logo que dispersas, apresentam teor de água relativamente alto e intensa atividade metabólica. Essas sementes tenderiam a germinar mais rápido e simultaneamente após a dispersão, caso contrário, perderiam a viabilidade devido ao ambiente do solo ser constantemente úmido e com elevadas temperaturas (BECERRA-VÁZQUEZ et al., 2018). Com isso, o sucesso no estabelecimento dessa espécie, em condições naturais, pode estar mais relacionado com a quantidade e periodicidade (anual) de sementes produzidas, do que com a manutenção das sementes no solo. Foi observado que os frutos menores, de maturação mais tardia, não apresentam sementes.

#### **4. CONCLUSÕES**

Sementes de colubrina, na condição ambiente de laboratório, por um período de 15 meses, não perdem a viabilidade, desde que sejam acondicionadas em embalagens de vidro.

O potencial fisiológico das sementes é mantido, quando armazenadas em câmara seca, em embalagem porosa ou impermeável, com teor de água inicial de 8,0-8,2%.

## 5. REFERÊNCIAS

- BANDEIRA, A. S.; NUNES, R. T. C.; PÚBLIO JÚNIOR, E.; MORAIS, O. M. Avaliação do potencial fisiológico das unidades de propagação de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), com e sem exocarpo e mesocarpo, em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 53-60, 2017.
- BECERRA-VÁZQUEZ, A. G.; SÁNCHEZ-NIETO, S.; COATES, R.; FLORES-ORTIZ, C. M.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed longevity of five tropical species from south-eastern Mexico: changes in seed germination during storage. **Tropical Conservation Science**, Mexico, v. 11, n. 1, p. 1-17, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 10 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 106).
- FELIX, F. C.; PÁDUA, G. V. G.; ARAÚJO, F. S.; FERRARI, C. S.; PACHECO, M. V. Armazenamento de sementes de *Pritchardia pacifica*. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FLORES, A. V.; ATAÍDE, G. M.; CASTRO, V. O.; BORGES, E. E. L.; PEREIRA, R. M. D. Physiological and biochemical alterations on the storage of *Cedrela fissilis* Vellozo seeds. **FLORESTA**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 1-8, 2018.
- HENNIPMAN, H. S.; SANTOS, A. F.; VIEIRA, E. S. N.; AUER, C. G. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de araucária durante armazenamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 643-654, 2017.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55 p. (IPGRI. Technical Bulletin, 1).
- JOSE, S. C. B. R.; SALOMÃO, A. N.; MELO, L. A. M. P.; SANTOS, I. R. I.; LAVIOLA, B. G. Germination and vigor of stored *Jatropha* (*Jatropha curcars* L.) seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 000-000, 2018.
- LÉON-LOBOS, P.; ELLIS, R. H. Comparison of seed desiccation sensitivity amongst *Castanea sativa*, *Quercus ilex* and *Q. cerris*. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 46, n. 2, p. 233-237, 2018.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2016. 384 p.

MELO JUNIOR, J. L. A.; MELO, L. D. F. A.; FERREIRA, V. M.; ARAÚJO NETO, J. C.; SILVA, C. B.; NEVES, M. I. R. S. Thermal-biological aspects of seed germination of *Colubrina glandulosa* Perkins under different temperatures. **Journal of Agricultural Science**, Canada, v. 10, n. 6, p. 390-400, 2018.

MENEGATTI, R.; MANTOVANI, A.; NAVROSKI, M. C.; GUOLLO, K.; VARGAS, O. F.; SOUZA, A. G. Germinação de sementes de *Mimosa scabrella* Benth. submetidas a diferentes condições de temperatura, armazenamento e tratamentos pré-germinativos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 4, n. 2, p. 305-310, 2017.

NERY, F. C.; PRUDENTE, D. O.; ALVARENGA, A. A.; PAIVA, R.; NERY, M. C. Storage of *Calophyllum brasiliense* Cambess. seeds. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 3, p. 431-436, 2017.

OLIVEIRA, A. K. M.; ALVES, F. F.; FERNANDES, V. Germinação de sementes de *Vochysia divergens* após armazenamento em três ambientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 525-531, 2018.

OLIVEIRA, C. D. C.; GONZAGA, L. M.; CARVALHO, J. A.; DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Riqueza de mudas de espécies florestais nativas potencialmente produzidas na Bacia do Rio Grande, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 90, p. 159-170, 2017.

PELLISSARI, F.; JOSE, A. C.; FONTES, M. A. L.; MATOS, A. C. B.; PEREIRA, W. V. S.; FARIA, J. M. R. A probabilistic model for tropical tree seed desiccation tolerance and storage classification. **New Forests**, New Zealand, v. 49, n. 1, p. 143-158, 2018.

PEREIRA, W. V. S.; FARIA, J. M. R.; JOSÉ, A. C.; TONETTI, O. A. O.; LIGTERINK, W.; HILHORST, H. W. M. Is the loss of desiccation tolerance in orthodox seeds affected by provenance? **South African Journal of Botany**, South Africa, v. 112, n. 1, p. 296-302, 2017.

RI, L. D.; CALIL, A. C.; SILVA, L. C.; MÜLLER, D. R. Comportamento da qualidade fisiológica de sementes de Capororoca-do-Banhado (*Myrsine parvifolia* A. DC. – Primulaceae) em diferentes tempos e condições de armazenamento. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 72, n. 3, p. 403-408, 2017.

SAHU, B.; SAHU, A. K.; THOMAS, V.; NAITHANI, S. C. Reactive oxygen species, lipid peroxidation, protein oxidation and antioxidative enzymes in dehydrating Karanj (*Pongamia pinnata*) seeds during storage. **South African Journal of Botany**, South Africa, v. 112, n. 1, p. 383-390, 2017.

SCHNEIDER, C. F.; DRANSKI, J. A. L.; GUSATTO, F. C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Equações de longevidade para sementes de pau-marfim. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 60, n. 1, p. 53-59, 2017.

SILVA, L. J.; DIAS, D. C. F. S.; SEKITA, M. C.; FINGER, F. L. Lipid peroxidation and antioxidant enzymes of *Jatropha curcas* L. seeds stored at different maturity stages. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 40, n. 1, p. 1-10, 2018.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; PEDROSO, C. A.; SILVA, T. J.; SOUZA, A. A. Correlation between mass and vigor of *Pochota fendleri* (Malvaceae) seeds stored in different environments. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 1, p. 93-99, 2018.

WENCOMO, H. B.; ORTÍZ, R.; CÁCERES, J. Quality of seeds from *Leucaena* species stored under ambient conditions. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 12, n. 4, p. 279-285, 2017.