

ADEQUAÇÃO METODOLÓGICA DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E ENVELHECIMENTO ACELERADO EM SEMENTES DE ANADENANTHERA COLUBRINA (VELL.) BRENAN VAR. CEBIL (GRISEB.)

Douglas Pereira Santa Maria¹, Ana Luisa Moro Taveira¹, Luana de Souza¹, Amanda Janaina Gonsatti Feitosa¹, Jaqueline Malagutti Corsato², Bárbara Júlia dos Santos Jeanfelice^{1*}, Andréa Maria Teixeira Fortes¹

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Centro de Ciências Biológicas e da saúde, Campus de Cascavel, Rua Universitária 1619, CEP: 85819-110, Bairro Universitário, Cascavel, PR. E-mail: :

douglas_psm@outlook.com; analisa.m.t@hotmail.com; luana.desouza98@hotmail.com; amanda00gonzatti@hotmail.com; babijeanfelice0@hotmail.com; andrea.fortes@unioeste.br;

² Centro Universitário de Cascavel – UNIVEL, Av. Tito Muffato, 2317 - Santa Cruz, CEP: 85806-080, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR. E-mail: corsato.jm@gmail.com

*autor correspondente: babijeanfelice0@hotmail.com

RESUMO: Tendo em vista o grande número de plantas nativas que fazem parte da Mata Atlântica, é de grande importância obter informações a respeito da germinação e do potencial fisiológico destas, a fim de introduzi-las em programas de recuperação de áreas degradadas. Como uma forma de avaliação do potencial fisiológico, pode-se citar o vigor de sementes, que permite avaliar a capacidade de uma semente germinar mesmo em condições adversas. Assim, este estudo teve como objetivo adequar a metodologia do envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.). Foram realizadas a adequação de condutividade elétrica considerando 25 e 50 sementes, imersas em 50, 75 e 100 ml de água deionizada por 0, 2, 4, 8, 12, 24 horas. Além disso, foi realizada adequação do teste de envelhecimento acelerado a 40°C por 0, 24, 48, 72 e 96 horas, analisando as variáveis de porcentagem de germinação, tempo médio de germinação, índice de velocidade de germinação, condutividade elétrica e peroxidação de lipídios, após os períodos de envelhecimento. Foi observado que o teste ideal para avaliar a condutividade elétrica é de 25 sementes, imersas em 75 ml por 24 horas. Os resultados obtidos com o envelhecimento acelerado indicaram que a condução do teste em temperatura constante de 40°C por 48 horas, promoveu alterações na germinação, condutividade elétrica e no conteúdo de malonaldeído, sendo este recomendado para posterior diferenciação de lotes de sementes da espécie estudada.

PALAVRAS-CHAVE: recuperação de áreas degradadas, espécies nativas, vigor, produção de mudas.

METHODOLOGICAL ADEQUACY OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST AND ACCELERATED AGING IN SEEDS OF ANADENANTHERA COLUBRINA (VELL.) BRENAN VAR. CEBIL (GRISEB.)

ABSTRACT: Considering the large number of native plant that are part of the Atlantic Forest, it is of great importance to gather information about their germination and physiological potential, in order to introduce them into programs for the recovery of degraded areas. As a way of evaluating the physiological potential, one can mention the vigor of seeds, which allows evaluating the capacity of a seed to germinate even under adverse conditions. Thus, this study aimed to adapt the methodology of accelerated aging and electrical conductivity for seeds of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.). Electrical conductivity adjustment

was performed considering 25 and 50 seeds, immersed in 50, 75 and 100 ml of deionized water for 0, 2, 4, 8, 12, 24 hours. In addition, the accelerated aging test at 40°C for 0, 24, 48, 72 and 96 hours was adapted, analysing the variables of germination percentage, average germination time, germination speed index, electrical conductivity and lipid peroxidation, after each aging periods. It was observed that the ideal test to assess electrical conductivity is 25 seeds, immersed in 75 ml for 24 hours. The results obtained with accelerated aging indicate that conducting the test at a constant temperature of 40°C for 48 hours promotes changes in germination, electrical conductivity and malonaldehyde content, which is the recommended for further differentiation of seed lots from the studied species.

KEY WORDS: recovery of degraded areas, native species, vigor, seedling production.

INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos países que apresenta maior biodiversidade do planeta, já que abriga duas grandes florestas tropicas, Amazônica e Atlântica, onde ocorrem cerca de 10% dos organismos vivos conhecidos (Mittermeier et al., 1992). Almeida (2016) destaca que é de grande importância valorizar e preservar a biodiversidade da Mata Atlântica já que muitas espécies ali presentes não têm seu valor ecológico e/ou econômico conhecidos, uma vez que estas características são muito importantes para o manejo e recuperação de áreas que sofreram perturbação, ou até mesmo de cunho socioeconômico, por exemplo, na utilização de plantas medicinais.

As sementes de espécies nativas podem ser utilizadas em vários modelos de restauração de área degradadas como para produção de mudas que serão implantadas diretamente nos locais, ou também pela técnica da “muvuca” que consiste em um plantio direto de sementes de diferentes espécies nativas com hábito arbustivo a arbóreo. Essas ações tem o intuito de garantir a biodiversidade da floresta utilizando plantas nativas diferentes, além de preparar o solo para colonização de outros indivíduos, com o mínimo de intervenção possível (Pereira e Rodrigues, 2011; Almeida, 2016).

Devido a isso, houve um significativo aumento na demanda por sementes de espécies nativas arbóreas que apresentam elevado vigor sendo que este pode ser definido, segundo Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983), como a soma dos atributos que determinam se um lote de sementes irá germinar e produzir plântulas normais, mesmo quando estas estão expostas a um ambiente com condições adversas. Essa soma de variáveis que possibilitará diferenciar lotes com taxas de germinação semelhantes, favorecendo a obtenção de plântulas em uma ampla variedade de condições ambientais (Medeiros et al., 2017).

Sendo assim, existem vários testes que tem como objetivo a avaliação do vigor de sementes, sendo que os que são utilizados com maior frequência são os de condutividade elétrica (CE) e envelhecimento acelerado (EA) (com água destilada ou solução saturada de sal), por apresentarem rápida execução, baixo custo e com altos níveis de reprodutibilidade dos resultados (Marcos-filho, 2015a).

O teste de condutividade elétrica (CE) baseia-se em avaliar o grau estrutural da membrana das células, por meio da quantidade de íons liberados que são liberados pela semente na água utilizada na embebição, já que sementes menos vigorosas apresentam menor velocidade para reestruturação das membranas, resultando na liberação de maior quantidade de metabólitos para o exterior (Bazzanella et al., 2019; Catão e Caixeta, 2019).

Já o teste de envelhecimento acelerado (EA), submete as sementes a condições adversas de temperatura (40° a 45°C) e umidade relativa do ar (próxima a 100%), sendo que estas condições (temperatura e umidade) apresentam maior influência na intensidade e velocidade do processo de deterioração e reduzindo o potencial fisiológico das sementes, por meio de reações oxidativas que provocam a peroxidação de lipídios, danos as membranas e perda de reservas essenciais para a germinação, levando a perda de viabilidade das sementes (Delouche e Baskin, 1973; Marcos-Filho, 2015b; Moraes et al., 2016).

O Angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb)) espécie escolhida como objeto deste estudo, é uma leguminosa pertencente à família Mimosoideae, que apresenta grande abrangência geográfica no Brasil (Carvalho, 2003). Faz parte do gênero *Anadenanthera* que é composto pelas espécies *Anadenanthera colubrina* e *Anadenanthera peregrina*, onde *A. colubrina* tem como espécie sinônimo *A. macrocarpa* (Silva, 2010).

Esta espécie é encontrada em principalmente no Cerrado, mas também ocorre em outros biomas como a Mata Atlântica, em florestas estacionais decíduais e semidecíduais (Cardoso e Schiavini, 2002; Nascimento et al., 2004; Dorneles et al., 2013). É considerada pioneira ou secundária inicial, sendo recomendada para ser utilizada no reflorestamento por possuir crescimento moderado a rápido (Oliveira et al., 2012), característica esta que também favorece sua utilização comercial na obtenção de madeira e carvão (Lorenzi, 2002).

Além disso, estudos relacionados ao vigor de sementes de *A. colubrina* que buscam adequar metodologias de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica ainda são escassos, tendo em vista a ampla distribuição geográfica da espécie, e levando em consideração que diferentes lotes de uma mesma espécie provenientes de diferentes regiões do país, podem

apresentar características e desempenhos distintos, torna necessária a obtenção de mais informações a respeito da qualidade fisiológica de sementes dessa espécie nativa.

A partir disso, o presente estudo teve como objetivo adequar a metodologia do envelhecimento celerado e do teste de condutividade elétrica em sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb), de forma que auxilie em posteriores pesquisas que buscam diferenciar lotes dessa espécie florestal nativa.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb) foram doadas pelo Viveiro Florestal do Refúgio Biológico Bela Vista da ITAIPU, e os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), campus de Cascavel (PR), entre os meses de julho de 2020 e julho de 2021.

Foi realizada a massa de mil sementes de acordo com a metodologia descrita na Regra de Análise de Sementes (Brasil, 2009) onde, foram separadas oito (8) repetições de cem (100) sementes de *A. colubrina* que foram pesadas individualmente e o resultado expresso em gramas (g). Além disso, oito (8) repetições de cem (100) sementes foram submetidas a morfometria, através de medições, utilizando um paquímetro manual, de comprimento (mm), largura (mm) e espessura (mm), e foi confeccionada uma tabela considerando a estatística descritiva para os dados obtidos.

O grau de umidade foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Brasil (2009), utilizando o método de estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas, com quatro (4) repetições de 25 sementes de *A. colubrina*.

A adequação do teste de condutividade elétrica (C.E.) em sementes de *A. colubrina*, foi realizada como teste piloto para o restante do experimento, sendo que foi considerado um esquema fatorial triplo $2 \times 3 \times 6$ (número de sementes x volume de água x tempo de embebição). Foram utilizadas 25 e 50 sementes, com peso conhecido, onde estas foram adicionadas a copos plásticos biodegradáveis contendo 50, 75 e 100 ml de água deionizada, totalizando assim seis (6) tratamentos, com seis (6) repetições cada. A leitura foi feita utilizando um condutivímetro de bancada da marca TECNAL, modelo Tec-4MP previamente calibrado, após seis períodos: 0, 2, 4, 8, 12 e 24 horas. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}/\text{g}^{-1}$ (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

Para a adequação do teste de envelhecimento acelerado as sementes de *A. colubrina* foram acondicionadas em cima de telas metálicas, sendo estas acopladas a caixas do tipo gerbox, contendo 50 ml de água destilada. As caixas foram tampadas e mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D, a uma temperatura constante de 40 °C e umidade relativa de aproximadamente 100%, por cinco tempos, sendo eles: 0, 24, 48, 72, e 96 horas (Marcos-Filho, 1999).

O teste de germinação foi realizado após os períodos de envelhecimento acelerado (0, 24, 48, 72 e 96 horas), consistindo em quatro (4) repetições de 50 sementes que foram acondicionadas em rolos de papel “germitest”, mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D. a temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas (Brasil, 2013). A primeira contagem foi feita no primeiro dia após a instalação do teste. Os parâmetros avaliados após o teste de germinação foram: Porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG) (Nakagawa, 1994), Índice de velocidade de germinação (IVG), frequência relativa da germinação (Ranal & Santana, 2006).

Após cada tempo de envelhecimento acelerado (E.A.), as sementes foram retiradas para análise de teor de umidade, utilizando o método de estufa a 105±3 °C por 24 horas (Brasil, 2009), ao teste de germinação padrão e de condutividade elétrica (C.E.) com seis (6) repetições de 25 sementes, imersas em 75 ml de água deionizada por 24 horas.

Além disso, foi realizada a análise da peroxidação lipídica utilizando a metodologia, adaptada, de Heath e Packer (1968), a partir da quantidade de malondialdeído (MDA) que é um subproduto da degradação lipídica. Consistiu em cinco (5) repetições de cinco (5) sementes de *A. colubrina*, que foram retiradas após cada um dos tempos de envelhecimento acelerado (0, 24, 48, 72 e 96 horas) e submetidas a maceração, utilizando almofariz e pistilo, até gerar um pó. Este foi submetido a uma segunda maceração com auxílio de uma solução de extração, confeccionada a partir de 100 ml de água destilada, 0,25g de ácido tiobarbitúrico e 10g de ácido tricloroacético.

O material resultante passou por banho-maria a 90 °C por 1 hora e depois levado para centrífuga a 12000 rotações por minuto (RMP) por 15 minutos. O sobrenadante foi submetido a leitura em espectrofotômetro UV/VIS Spectro 800S a 560 e 600 nm. Os resultados foram expressos em nmol g⁻¹ MF.

Para todos os testes foi utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo os dados obtidos submetidos a teste de normalidade (Shapiro & Wilk, 1965) e

homocedasticidade (Levene, 1960). Foi realizado a análise de variância (ANOVA), e os dados que apresentaram diferença estatística significativa, foram submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade no programa RStudio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apontaram que o lote de sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb) apresentou massa de mil sementes igual a 152,94g, correspondendo a 6454 sementes por quilograma (kg). Um estudo realizado por Paim et al. (2016) obteve massa de mil sementes de 69,1g com um lote obtido em Porto Alegre (RS) de *A. colubrina*, sendo diferente da massa obtida no presente estudo (152, 94g), tendo o lote de sementes estudado, mais que o dobro do peso. Sabe-se que quanto maior a massa de mil sementes, maiores serão as sementes e esta característica pode ser utilizada para ser ter uma base do vigor destas, uma vez que sementes mais pesadas e maiores normalmente apresentam embriões mais desenvolvidos e maior quantidade de reservas, sendo potencialmente mais vigorosas (Bispo et al., 2017; Moraes et al., 2018).

A análise morfométrica do lote de sementes de *A. colubrina* apontou que o comprimento médio foi de 15,10 mm, a largura apresentou valor médio de 11,80 mm e a espessura obteve-se uma média de 1,48mm (Tabela 1). Além disso, o lote de sementes apresenta-se como um lote homogêneo, onde foi obtida baixa variância e desvio padrão nas amostras. O trabalho de Oliveira et al. (2012) realizou caracterização morfométrica em sementes e plântulas de *Anadenanthera macrocarpa*, espécie sinônimo de *A. colubrina*, a partir de um lote obtido no município de Rio Largo (Alagoas), e obteve medidas semelhantes ao do lote estudado, onde o comprimento médio foi de 13,0mm, largura 11,5mm e espessura de 1,1mm, também obtendo baixos valores de desvio padrão. Além disso, o estudo obteve massa de mil sementes igual a 149g, valores semelhantes aos obtidos no presente estudo (152,94g).

Tabela 1 - Valores (média, desvio-padrão, variância, mínimo e máximo) referentes à caracterização morfométrica das sementes de *Anadenanthera colubrina*

Parâmetros	Média	Desvio Padrão	Variância	Mínimo(mm)	Máximo(mm)
Comprimento (mm)	15,10	1,94	3,78	9,6	20
Largura (mm)	11,80	1,42	2,03	7,1	18,7
Espessura (mm)	1,48	0,31	0,10	0,2	3,1

Isso indica que há pouca variação quando comparado dois lotes de sementes dessa espécie nativa, quanto a variável morfometria, mesmo estes sendo de regiões distintas do país, o que torna difícil a diferenciação de lotes a partir desta variável. Pois, vale acrescentar que as alterações nas condições ambientais pouco interferem nas características morfológicas, sendo que essas características podem ser utilizadas como uma forma de identificação de espécies pelas sementes (Gunn, 1981).

Quanto ao teor inicial, foi observado que essas sementes apresentavam 12,54% de umidade em condições de armazenamento, não necessitando adequar o teor de umidade antes de realizar o experimento de adequação da condutividade elétrica. O teor de umidade que foi obtido com o lote de sementes de *A. colubrina*, segundo Marcos-Filho (2015a), indica que a água presente nas sementes pode ser considerada do tipo II, não congelável, que apresenta dificuldade de ser retirada das sementes uma vez que ela se encontra ligada as moléculas, ligação esta que fornece proteção contra a inativação de enzimas, por exemplo, permitindo que estas possam atuar diminuindo a velocidade de deterioração.

A partir dos resultados demonstrados na Tabela 2 e Tabela 4, observa-se que os valores de condutividade obtidos com volume de 100 mL de água deionizada, foram inferiores quando comparados aos demais volumes (50 e 75 mL). Já a utilização de 50 mL de água deionizada proporcionou os maiores valores de condutividade independente do tempo ou número de sementes, enquanto o volume de 75 mL proporcionou valores mais intermediários (Tabela 2 e Tabela 4).

Tabela 2 - Resultados obtidos com a adequação da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) para sementes de *Anadenanthera colubrina*, considerando os fatores Volume (mL) e Número de sementes

Volume	25 sementes	50 sementes
50 mL	185,47 Aa	177,4 Aa
75 mL	138,6 Ab	105,84 Bb
100 mL	106,54 Ac	105,84 Ab

Valores acompanhados de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Além disso, independentemente do número de sementes ou do volume utilizado (Tabela 3 e Tabela 4), os maiores valores de condutividade elétrica foram obtidos após 24 horas de embebição, sendo este o tempo escolhido. Quanto ao número de sementes, foi observado que os valores obtidos com 25 sementes foram superiores e diferentes estatisticamente a 50

sementes, considerando o volume de 75 mL de água deionizada (Tabela 2) e o tempo de imersão de 24 horas (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultados obtidos com a adequação da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) para sementes de *Anadenanthera colubrina*, considerando os fatores Tempo (horas) e Número de sementes

Tempo	25 sementes	50 sementes
2h	64,15 Ae	70,11 Ae
4h	98,41 Ad	99,78 Ad
6h	121,24 Ac	120,31 Acd
8h	135,25 Ac	131,65 Ac
12h	167,78 Ab	162,39 Ab
24h	299,44 Aa	259,46 Ba

Valores acompanhados de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No estudo de Dalanhol et al. (2014), utilizando sementes da espécie *Bowdichia virgilioides*, espécie recomendada para recuperação de áreas degradadas e considerada pioneira, o volume de 100 mL promoveu os menores valores de condutividade. Além disso, os autores observaram que a imersão por 24 horas promovia maiores valores de condutividade, corroborando o que foi obtido no presente estudo. Assim, é possível concluir que a utilização de volumes inferiores a 100 mL, como 75 ou 50 mL, proporciona uma avaliação mais precisa do vigor de sementes.

Tabela 4 - Resultados obtidos com a adequação da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) para sementes de *Anadenanthera colubrina*, considerando os fatores Tempo (horas) e Volume de água (mL)

Tempo	50 mL	75 mL	100 mL
2h	85,61 Ae	71,83 Ae	43,99 Be
4h	125,09 Ad	101,73 Bd	70,48 Ccd
6h	152,82 Ac	122,86 Bcd	86,65 Cc
8h	166,13 Ac	137,01 Bc	97,22 Cbc
12h	207,65 Ab	165,68 Bb	121,94 Cb
24h	351,33 Aa	270,12 Ba	216,9 Ca

Valores acompanhados de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora os maiores valores de condutividade elétrica terem sido obtidos com 50 mL de água deionizada, optou-se pela utilização de 75 mL. Esta escolha se baseou em alguns fatores: ao entrar em contato com a água o tegumento das sementes se desfazia em pequenos pedaços,

tornando necessário a utilização de uma peneira para retirar as sementes de dentro dos copos e obter uma leitura mais precisa. Além disso, deve-se tomar cuidado ao passar a água e as sementes pela peneira, pois podem ocorrer respingos para fora dos copos, e isto, somado a absorção de água que as sementes fazem naturalmente, reduz a quantidade de água disponível para a leitura, uma vez que a ponta da célula do condutivímetro deve estar submersa para realizar a leitura corretamente.

O teor de umidade obtido após os períodos de envelhecimento acelerado apresentou variação com o passar do tempo de condução do experimento. Inicialmente (0 horas), as sementes de *A. colubrina* apresentaram o teor de umidade de 11,51% e após 24 horas obteve-se um teor de 29,56%. Além disso, nos últimos dois tempos (72 e 96 horas) verificou-se que houve uma estabilização do teor de umidade (Figura 1).

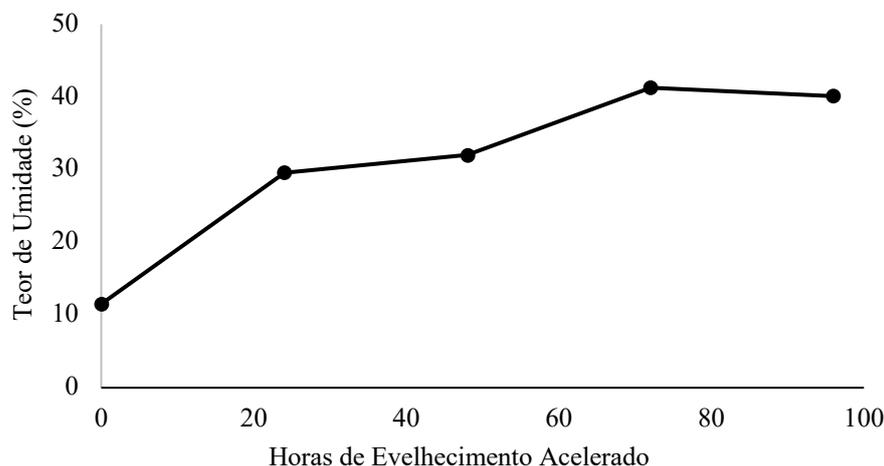


Figura 1 - Teor de Umidade (%) de sementes de *Anadenanthera colubrina* após os períodos de envelhecimento acelerado (0, 24, 48, 72 e 96 horas) em temperatura constante de 40°C.

Este resultado pode ser considerado um comportamento comum, uma vez que as sementes foram expostas a um ambiente com elevada temperatura e umidade relativa do ar, o que favorece a entrada de água à medida que está sendo prolongada a exposição, condição que continuará até atingir o equilíbrio higroscópico (Radke et al., 2016).

As sementes da espécie *Enterolobium schomburgkii* (Fabaceae) também apresentaram este comportamento em um estudo realizado por Carvalho et al. (2020), onde verificou-se que após 24 horas de envelhecimento acelerado houve um aumento significativo do teor de umidade em todos os lotes avaliados, sendo que este aumento foi reduzindo até estabilizar entre 72 e 96 horas de exposição ao teste, resultado semelhante ao que foi obtido no presente estudo.

Para os dados obtidos com a germinação de sementes de *A. colubrina* após os períodos de envelhecimento acelerado (Figura 2), observa-se primeiramente para a variável porcentagem de germinação (PG), que não houve diferença estatística significativa ($p>0,05$) entre a testemunha (0 horas) e os tratamentos de 24, 72 e 96 horas. Porém o tratamento que expôs as sementes a 48 horas de envelhecimento acelerado proporcionou o menor valor de PG e diferente estatisticamente do que foi obtido com a testemunha.

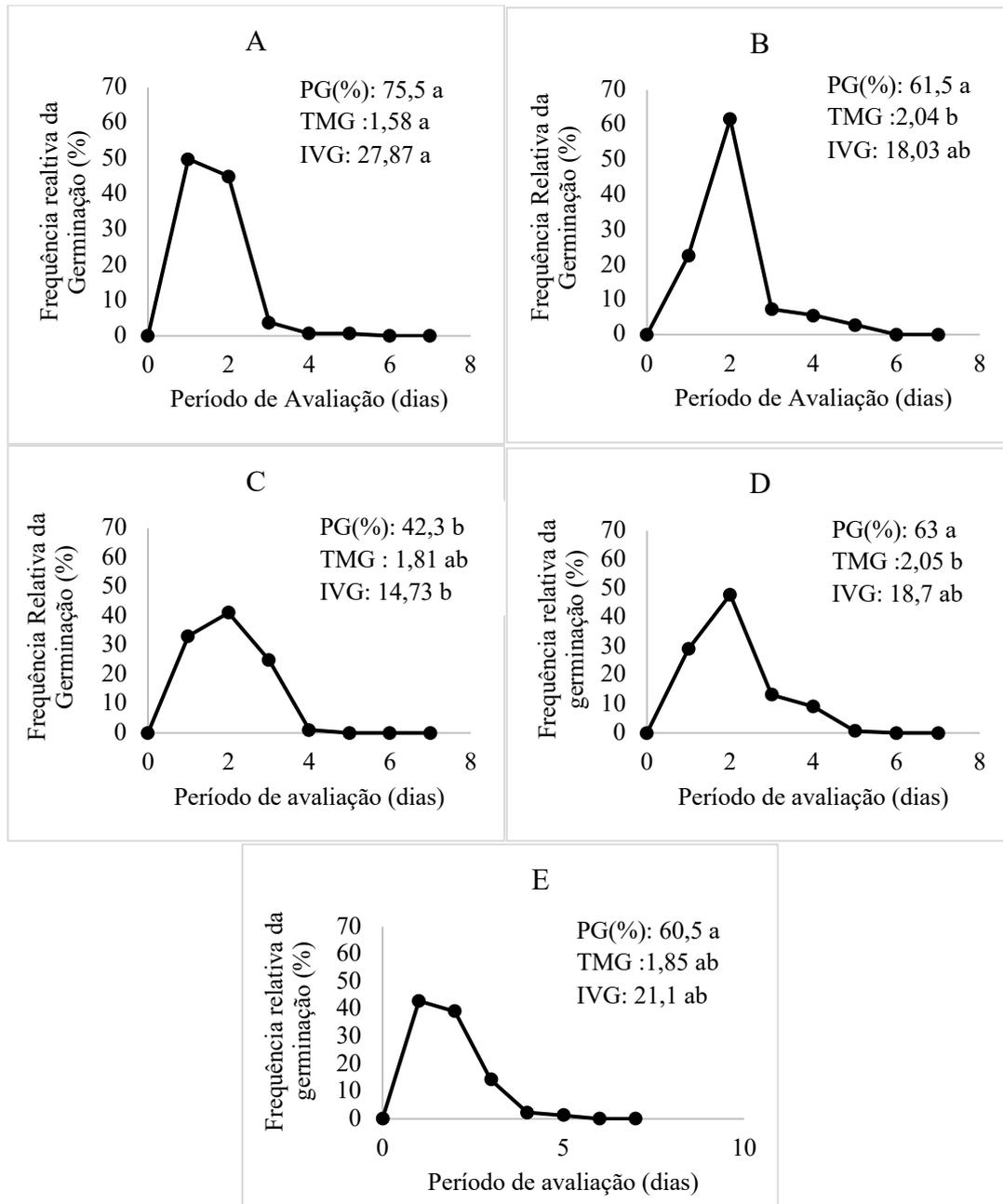


Figura 2 - Frequência relativa da germinação (%), porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG) e índice de velocidade de germinação (IVG), após 0 horas (A), 24 horas (B), 48 horas (C), 72 horas (D) e 96 horas (E) de envelhecimento acelerado, em sementes de *Anadenanthera colubrina*.

Um estudo realizado por Garcia et al. (2004), onde foi utilizado um lote sementes de *Anadenathera colubrina* (Vell.) proveniente de Três Barras (PR), submetidas a 0, 24, 48, 72 e 96 horas de envelhecimento acelerado e foi verificado que à medida que aumenta a exposição ao teste ocorre decréscimo nas taxas de germinação, o que não foi observado no presente estudo, onde nos últimos tratamentos (72 e 96 horas) ocorreu aumento nas taxas de germinação. Estas diferenças podem estar relacionadas com o tempo entre o presente estudo e o trabalho citado, uma vez que podem ter ocorrido alterações genéticas e fisiológicas decorrentes da exposição a condições ambientais diversas (Piña-Rodriguez, et al. 2015).

Isto ocorre em função das diferenças entre lotes de sementes, que variam de características morfológicas ou fenotípicas como o tamanho e o peso, podendo também ocorrer variação em aspectos fisiológicos como em processos que interferem na maturação do embrião das sementes. Além disso essas características estão atreladas ao desenvolvimento das sementes em diferentes matrizes da espécie, que ocorrem em regiões diferentes em condições ambientais distintas (Bento et al., 2010; Aquino et al., 2018;), uma vez que *A. colubrina* apresenta distribuição ampla em várias regiões do território brasileiro (Lorenzi, 1992; Carvalho, 2003; Morim, 2020).

Vale acrescenta que a redução da porcentagem de germinação é o último efeito resultante da deterioração das sementes, sendo que uma das primeiras variáveis que indicam que as sementes começaram a perder sua viabilidade, devido ao aumento da deterioração, é a queda na velocidade de germinação, ou seja, atrasando este processo e interferindo diretamente em variáveis como TMG e IVG, resultados observados no presente estudo. Além disso, após redução dos valores de velocidade de germinação, a próxima consequência prática observada é a perda da capacidade de armazenamento (Delouche e Baskin, 1973; Panobianco e Marcos-Filho, 2001).

Em relação ao tempo médio de germinação (TMG), observa-se uma tendência a aumentar os valores à medida que aumenta o tempo de exposição aos períodos de envelhecimento acelerado, onde o pico foi em 72 horas que foi igual estatisticamente ao obtido com o tratamento de 24 horas, porém ambos diferindo estatisticamente do que foi obtido com a testemunha (0 horas), embora não apresentando diferença ao serem comparados aos demais tratamentos (48 e 96 horas). Estes resultados corroboram o que foi observado nos gráficos de

frequência, onde há um deslocamento da curva para a direita (Figura 2. B - E), indicando um atraso no processo de germinação.

Isto provavelmente ocorre, pois, ao submeter sementes as condições do teste de envelhecimento acelerado, estas estão sujeitas a alterações fisiológicas causadas pela temperatura e umidade relativa do ar elevadas, uma vez que foi observado rápida entrada de água nas sementes (Figura 1) o que, possivelmente, pode ter provocado danos as membranas celulares, necessitando que estas sejam reparadas e reorganizadas, levando a um atraso no processo de germinação (Dias e Marcos-Filho, 1995; Braccini et al. 1999; Bertolin et al. 2011).

Para a variável índice de velocidade de germinação (IVG) o envelhecimento acelerado conduzido por 48 horas proporcionou valores menores e diferentes estatisticamente se comparado com a testemunha (0 horas) (Figura 2). Para os demais tratamentos (24, 72 e 96 horas) não diferiram estatisticamente da testemunha (0 horas) nem do tratamento utilizando 48 horas de envelhecimento acelerado. Vale apontar que os baixos valores de IVG obtidos com o tratamento de 48 horas podem ter ocorrido em função da baixa PG obtida no mesmo tratamento.

As sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.), apresentaram comportamento semelhante às sementes de *A. colubrina*, quanto a variável IVG, em um estudo realizado por Pinho et al. (2010), onde foram submetidas ao teste de envelhecimento acelerado em 40°, 50° e 60°C por 24, 48, 72 e 96 horas de exposição. Os autores observaram que ao aumentar o período de exposição ocorreu redução nos valores do índice de velocidade de germinação, demonstrando que variáveis relacionadas a velocidade de germinação apresentam maior sensibilidade para avaliação do vigor de sementes (Guareschi et al., 2015; Araújo et al., 2017).

A partir dos resultados obtidos com o teste de condutividade elétrica conduzido após os períodos de envelhecimento acelerado, foi observado que a partir de 24 horas já é possível verificar diferença estatística significativa ($p < 0,05$), quando comparado os demais tratamentos com a testemunha (Tabela 5). Os tratamentos com 24, 48 e 72 horas, não diferiram estatisticamente entre si. A condução do teste de envelhecimento por 96 horas promoveu resultados de condutividade elétrica que foram iguais estatisticamente aos tratamentos de 48 e 72 horas, embora diferindo do tratamento de 24 horas e da testemunha (0 horas).

Um estudo realizado por Bazzanella et al. (2019) obteve resultados semelhantes ao do presente estudo, com sementes de *Citharexylum myrianthum* (Cham.), uma espécie florestal nativa, onde foi verificada a redução dos valores de condutividade elétrica à medida que o

tempo de exposição ao envelhecimento acelerado (0, 24, 48 e 72 horas) se estendia, sendo que os menores valores foram encontrados nos tratamentos de 48 horas e 72 horas.

Tabela 5 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$) e valores de malonaldeído (MDA) (nmol g^{-1} MF) das sementes de *Anadenanthera colubrina* após os períodos de envelhecimento acelerado (0, 24, 48, 72 e 96 horas)

Horas (h)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	MDA (nmol g^{-1} MF)
0	310,17 a	26,09686 ab
24	251,34 b	27,27986 ab
48	239,94 bc	30,50992 a
72	209,35 bc	15,44678 b
96	193,22 c	16,47321 b
CV (%)	11,55	30,02

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey à 5%.

A redução nos valores de condutividade elétrica observados no presente estudo ocorrem, possivelmente, em função do sistema de reparação de membranas que atua durante as fases da germinação, uma vez que ao reparar e reorganizar as membranas celulares, ocorre redução da quantidade de íons que serão liberados para a água utilizada na embebição, reduzindo os valores de condutividade obtidos ao longo do tempo, sendo este o comportamento observado em sementes consideradas vigorosas (Vieira e Krzyzanowski, 1999; Rosa et al., 2000; Binotti et al., 2008; Silva et al., 2019).

Além disso, o tempo para que ocorra a reparação de membranas é menor em sementes que apresentam teores de umidade inicial elevados e, sementes com baixos teores de umidade, como o que foi obtido com *A. colubrina*, possuem mais tempo para que as membranas celulares possam ser reparadas, justificando a redução dos valores de condutividade obtidos ao longo da exposição ao envelhecimento acelerado (Barbosa et al., 2012; Ferreira et al., 2017)

Os resultados obtidos com a avaliação da peroxidação de lipídeos (Tabela 5) apontam que o conteúdo de malonaldeído (MDA) obtido com o tratamento de 48 horas de envelhecimento não diferiu estatisticamente da testemunha e do tratamento de 24 horas, porém foi superior e diferente estatisticamente aos tratamentos de 72 e 96 horas, onde foram observados menores valores de MDA, se comparados ao tratamento de 48 horas.

O teste de envelhecimento acelerado tem como objetivo aumentar a velocidade de deterioração das sementes, processo que ocorre naturalmente em condições de armazenamento, e que reduz progressivamente a viabilidade das sementes (Delouche, 1965). Como um dos

principais eventos relacionados a deterioração, tem-se a peroxidação de lipídeos, que afeta diretamente o sistema de membranas celulares, inclusive mitocondriais, além de formar produtos tóxicos, como as espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxila (OH^\cdot) e Oxigênio singlete (1O_2) (Jaleel et al., 2007; Schwember e Bradford 2010; Carneiro et al., 2011).

Além disso, a peroxidação de lipídeos causa a oxidação de ácidos graxos insaturados, culminando na degradação de lipídeos e na produção de um subproduto, o malonaldeído (MDA). Assim é possível determinar, a partir da quantidade de MDA, o dano ocorrido nas membranas a partir da peroxidação de lipídeos (Lima e Abdalla 2001; Ataíde et al., 2012). Isso indica que a exposição ao envelhecimento acelerado por 72 e 96 horas promoveu maior tempo para que houvesse a reparação das membranas celulares, sendo uma possível justificativa para a diferença obtida entre estes tratamentos e o tratamento de 48 horas de envelhecimento.

A frequência relativa da germinação da testemunha, juntamente com o baixo TMG e alto IVG (Figura 2. A) indicou que *A. colubrina* apresenta uma germinação rápida e uniforme, iniciando a partir das primeiras 24 horas, onde a curva apresenta um comportamento unimodal, características desejadas por viveiristas e produtores de mudas (Sales et al., 2015).

Sendo assim, observa-se que as sementes de *A. colubrina*, possivelmente, apresentam mecanismos que permitem-nas tolerar as condições de estresse proporcionadas pelo teste de envelhecimento acelerado, uma vez que houve redução da germinação após 48 horas, seguindo de um aumento nos tratamentos de 72 e 96 horas, sendo que estes últimos obtiveram valores iguais estatisticamente a testemunha. Além disso, pode-se constatar que, provavelmente, apresentam um sistema enzimático de reparação de membranas e de enzimas antioxidantes funcional, atuando na redução dos valores de condutividade elétrica e no conteúdo de MDA, também observados no presente estudo.

CONCLUSÕES

Recomenda-se a utilização do teste de envelhecimento acelerado considerando a temperatura constante de 40°C por 48 horas de exposição, para posterior discriminação de lotes de sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb).

A utilização da metodologia de 25 sementes imersas em 75 ml de água deionizada por 24 horas mostrou-se eficiente na avaliação da condutividade elétrica da espécie estudada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D.S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: EDITUS, 2016. 200p.
- AOSA – ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lasing: AOSA,1983. 93 p.
- AQUINO, G.S.M.; BENEDITO, C.P.; PEREIRA, K.T.O.; SANTOS, P.C.S.; OLIVEIRA, J.C.D. Accelerated aging of *Piptadenia moniliformis* (Benth.) seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.31, n.3, p. 681 – 686, 2018.
- ARAÚJO, F.S.; FÉLIX, F.C.; FERRARI, C.S.; BRUNO, R.L.A.; PACHECO, M.V. Adequação do teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de leucena. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 12, n. 1, p. 92 – 97, 2017.
- ATAÍDE, G.M.; FLORES, A.V.; BORGES, E.E.L. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de *Pterogyne nitens* Tull. durante o envelhecimento artificial. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.1, p.71 – 76, 2012.
- BARBOSA, R.M.; SILVA, C.B.; MEDEIROS, M.A.; CENTURION, M.A.P.C.; VIEIRA, R.D. Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, p.45-51, 2012.
- BAZZANELLA, A.P., MATHIAS, G.L., MITTELSTAEDT, H.R.G., RIBEIRO, M.I., FORTES, A.M.T.; CORSATO, J.M. Suitability of electrical conductivity testing and accelerated aging for evaluating the vigor of *Citharexylum myrianthum* Cham. diaspores. **Floresta**, Curitiba, v.49, n.4, p.701–708, 2019.
- BENTO, S.R.S.O.; SANTOS, A.E.O.; MELO, D.R.M.; TORRES, S.B. Eficiência dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Mulungu (*Erythrina velutina* Willd.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32, n.4, p111–117, 2010.
- BERTOLIN, D.C.; SÁ, M.E.; MOREIRA, E.R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.1, p.104–112, 2011.
- BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.2, p.247–254, 2008.
- BISPO, J.S.; CAMPOS-DA-COSTA, D.C.; VIEIRA-GOMES, S.E.; MOREIRA-DE-OLIVEIRA, G.; RODRIGUES-MATIAS, J.; CONDURU-RIBEIRO, R.; FRANÇA-DANTAS, B. Size and vigor of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan seeds harvested in Caatinga areas. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.39, p.363-373, 2017.

BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, C.L.M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, após o processo de hidratação – desidratação e envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 1053 – 1066, 1999.

BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. 1Ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRASIL. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: MAPA/SDA, 2013. 97p.

CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.25, n.3, p.277-289, 2002.

CARNEIRO, M.M.L.C.; DEUNER, S.; OLIVEIRA, P.V.; TEIXEIRA, B.S.; SOUSA, C.P.; BACARIN, M.A.; MORAES, D.M. Atividade antioxidante e viabilidade de sementes de girassol após estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.33, n.4, p.752 – 761, 2011.

CARVALHO, C.A.; AGUIAR, E.A.; TEIXEIRA, D.L.; DELFINO, J.S.; NASCIMENTO, M.M.; FERREIRA, R.F.; ANDRADE, R.A.; BRITO, R.S. Teste de envelhecimento acelerado para analisar o vigor de sementes de orelhinha de macaco (*Enterolobium shomburgkii* Benth). **Revista Thema**, Pelotas, v.17, n.2, p. 346–353, 2020.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa-SPI, 2003. 1039 p.

CATÃO, H.C.R.M.; CAIXETA, F. Electrical conductivity test in soybean seeds with reduced imbibition period. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.42, n. 2, p.387-393, 2019.

DALANHOL, S.J.; REZENDE, E.H.; ABREU, D.C.A.; NOGUEIRA, A.C. Teste de Condutividade Elétrica em Sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 1, p. 69 – 77, 2014.

DELOUCHE, J.C. An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. **Agronomy Abstracts**, Madison, v.57, 40, 1965.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Wallisellen, v. 1, p. 427-452, 1973.

DIAS, D.C.S.F., MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: II. Lixiviação de potássio. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.1, p.37-41, 1995.

DORNELES, M.C.; RANAL, M.A.; SANTANA, D.G. Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschut, Fabaceae, estabelecida em fragmentos florestais do Cerrado, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.3, p.291–304, 2013.

FERREIRA, L. B. S.; FERNANDES, N. A.; AQUINO, L. C.; SILVA, A. R.; NASCIMENTO, W. M.; LEÃO-ARAUJO, E. F. Temperature and seed moisture content affect electrical conductivity test in pea seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.39, n.4, p.410–416, 2017.

GARCIA, L.C.; NOGUEIRA, A.C.; ABREU, D.C.A. Influência do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan – Mimosaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 85 – 90, 2004.

GUARESCHI, D.G.; LANZARINI, A.C.; LAZAROTTO, M.; MACIEL, C.G.; BARBIERI, G. Envelhecimento acelerado de sementes e qualidade de plântulas de *Bauhinia forficata* Link em diferentes substratos e tamanhos de tubetes. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 1, p. 67 – 71, 2015.

GUNN, C.R. Seed topography in the Fabaceae. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, n. 3, p. 737-757, 1981.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v.125, p.189-98, 1968.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARUM, R.; PANNEERSELVAN, R. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, praline metabolism and indole alkaloid accumulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v.60, p.110-116, 2007.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. 26p.

LEVENE, H. Robust Tests for the equality of variance. In: OLKIN, I. **Contributions to Probability and Statistics**. Califórnia: Stanford University Press, 1960. p.278-292.

LIMA, E.S.; ABDALLA, D.S.P. Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.37, n.3, p.1-11, 2001.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Editora Plantarum Ltda. 1992. 368 p. (Volume 01)

LORENZI, H. (2002). **Árvores brasileiras: manual de identificação de plantas arbóreas do Brasil**. 4Ed. São Paulo: Plantarum, 2002. 290 p.

MARCOS-FILHO, J. (2015a). **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2Ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.72, p.363-374, 2015b.

MARCOS-FILHO, J. Teste de Envelhecimento Acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p.1-24.

MEDEIROS, M.L.S.; PÁDUA, G.V.G.; PEREIRA, M.D. Adaptação do teste de condutividade elétrica para sementes de *Moringa oleifera*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, p. 213-223, 2017.

MITTERMEIER, R.A.; WERNER, T.; AYRES, J.M.; FONSECA, G.A.B. O país da diversidade. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.14, p.20-27, 1992.

MORAES, C.E.; LOPES, J.C.; FARIAS, C.C.M.; MACIEL, K.S. Qualidade fisiológica de sementes de *Tabernaemontana fuchsiaefolia* A. DC em função do teste de envelhecimento acelerado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 213 – 223, 2016.

MORAES, K.N.O.; ALMEIDA, M.C.; PINHEIRO, R.M.; DIAS, M.R.Q. Avaliação biométrica de sementes de *Agonandra brasiliensis* MIERSEX BENTH. & HOOK. F. (Opiliaceae). **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, Rio Branco, v.5, n.1, p.170-176, 2018.

MORIM, M.P. 2020. *Anadenanthera* in Flora do Brasil 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. 8p. Disponível em: '<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82633>'. Acesso em: 17 set. 2021.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N.M. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.

NASCIMENTO, A.R.T.; FELFILI, J.M.; MEIRELLES, E.M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 18, n. 3, p. 659-669, 2004.

OLIVEIRA, S.S.C.; NETO, J.C.A.; CRUZ, S.J.S.; FERREIRA, V.M. Caracterização morfológica de sementes e plântulas e germinação de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 643 – 653, 2012.

PAIM, L. P.; AVRELLA, E. D.; FIOR, C. S. Germinação de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan em diferentes temperaturas. **Revista da Jornada da Pós-Graduação e Pesquisa – Urcamp**, Bagé, v.8, n.1, p.573–582, 2016.

PANOBIANCO, M.; MARCOS-FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.525–531, 2001.

PEREIRA, J.S.; RODRIGUES, S.C. Crescimento de Espécies Arbóreas Utilizadas na Recuperação de Área Degradada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, p. 102- 110, 2011.

PIÑA-RODRIGUES, F. C.; FIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. **Sementes Florestais Tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, 2015. 477 p.

PINHO, D.S.; BORGES, E.E.L.; PONTES, C. A. Avaliação da viabilidade e vigor de sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. Submetidas ao envelhecimento acelerado e ao osmocondicionamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.3, p.425-434, 2010.

RADKE, A.K.; REIS, B.B.; GEWEHR, E.; ALMEIDA, A.S.; TUNES, L.M.; VILLELA, F.A. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 95-99, 2016.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, p.1-11, 2006.

ROSA, S.D.V.F.; PINHO, E.V.R.V.; VIEIRA, M.G.G.C.; VEIGA, R.D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.54-63, 2000.

SALES, M.A.L.; MOREIRA, F.J.C.; RIBEIRO, A.A.; MONTEIRO, R.N.F.; SALES, F.A.L. Potencial das sementes de abóbora submetidas a diferentes períodos de embebição. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v.9, p.289-297, 2015.

SCHWEMBER, A.R.; BRADFORD, K.J. Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.61, n.15, p4423–4436, 2010.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrik**, Oxford, v.52, p.591-611, 1965.

SILVA, J.N.; SILVA, M.A.D.; RODRIGUES, M.H.B.S., ALVES, R.M. Testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para sementes de espécies florestais nativas: Uma breve revisão. **Meio Ambiente (Brasil)**, Recife, v.1, n.2, p.24–30, 2019.

SILVA, R. S. **Filogenia e filogeografia molecular de *Anadenanthera* Speg. Leguminosae (Mimosoideae)**. 2010. 78p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. p.1-26.