UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ÁRVORES MATRIZES DE *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose

Patrícia Cândido da Cruz Silva
Engenheira Agrônoma

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ÁRVORES MATRIZES DE *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose

Discente: Patrícia Cândido da Cruz Silva

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)

2020

S586q

Silva, Patrícia Cândido da Cruz
Qualidade fisiológica de sementes de árvores matrizes de Handroanthus serratifolius (Vahl) S. O. Grose / Patrícia Cândido da Cruz Silva. -- Jaboticabal, 2020
92 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula

1. Análise multivariada. 2. Divergência e variabilidade genética. 3. Germinação. 4. Vigor. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ÁRVORES MATRIZES DE *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. GROSE

AUTORA: PATRÍCIA CÂNDIDO DA CRUZ SILVA
ORIENTADOR: RINALDO CESAR DE PAULA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Produção Vegetal/Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pós-doutorando GIVANILDO ZILDO DA SILVA (VIDEOCONFERÊNCIA)
Universidade Federal de Goiás / Jataí/GO

Prof. Dr. EDUARDO CUSTODIO GASPARINO (VIDEOCONFERÊNCIA)
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Profa. Dra. EDILMA PEREIRA GONÇALVES (VIDEOCONFERÊNCIA)
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE / Garanhuns/PE

Prof. Dr. ROBERVAL DAYTON VIEIRA
Departamento de Produção Vegetal (Fitotecnia) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 26 de junho de 2020

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

PATRÍCIA CÂNDIDO DA CRUZ SILVA - nascida em 17 de Janeiro de 1988, na cidade de Areia, Paraíba, filha de Pedro Raimundo Ribeiro da Silva e Maria das Neves Cândido da Cruz Silva. Possui graduação em Engenharia Agronômica (2015), pela Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Câmpus II, Areia-PB. Durante a graduação, participou de vários projetos e programas acadêmicos (Programa Institucional de Voluntários de Iniciação Científica Voluntária/PIVIC, Programa de Bolsas de Extensão/PROBEX, Programa de Extensão Universitária/PROEXT, Programa de Bolsas de Iniciação Científica/PIBIC e Programa de Monitoria) atuando como bolsista e/ou voluntária, como também acompanhou e desenvolveu trabalhos na área de Produção e Tecnologia de Sementes. Em Março de 2015, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, no Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Laboratório de Análises de Sementes, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Câmpus II, Areia-PB, sob orientação da Profa. Dra. Edna Ursulino Alves, como bolsista CNPq. Em Março de 2017, ingressou no curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo-SP, sob orientação do Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula, como bolsista CAPES. No período de 7 a 21 de Maio de 2018 foi estudante visitante de Doutorado, na Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Instituto de Fisiologia Vegetal, La Plata, Argentina, sob a supervisão da Profa. Dra. Marcela Simontacchi, na área de Fisiologia Vegetal.

“Nada te perturbe,
nada te amedronte.
Tudo passa,
a paciência tudo alcança.
A quem tem Deus nada falta.
Só Deus basta!”

Santa Teresa D’Ávila

“Esperei com paciência no SENHOR, e ele se inclinou para mim, e ouviu o meu clamor.
Tirou-me de um lago horrível, de um charco de lodo, pôs os meus pés sobre uma rocha, firmou os meus passos.
E pôs um novo cântico na minha boca, um hino ao nosso Deus; muitos o verão, e temerão, e confiarão no Senhor.
Bem-aventurado o homem que põe no Senhor a sua confiança, e que não respeita os soberbos nem os que se desviam para a mentira.
Muitas são, Senhor meu Deus, as maravilhas que tens operado para conosco, e os teus pensamentos não se podem contar diante de ti; eu quisera anunciá-los, e deles falar, mas são mais do que se podem contar”.

Salmos 40:1-5

“Ser nordestino é,
ter coragem para lutar mesmo quando na seca está.
Ser nordestino é,
ter garras para lutar mesmo se o desânimo chegar.
Ser nordestino é,
chorar mas logo em seguida as suas lágrimas enxugar.
Ser nordestino é,
sorrir e acreditar que um dia melhor há chegar.
Ser nordestino é,
ser doutor sem saber ler graças à vida que o forçou a aprender”.

Quezia Caldas

SONHOS

“Disseram para Amora que o sonho dela era louco e que nunca venceria. Tentaram empurrar Amora para o fundo do poço. Mas, Amora era teimosa demais, insistente demais, corajosa demais. Amora aprendeu ouvir seu coração e deixou de escutar pessoas negativas. Amora venceu na vida, por ser guiada pelos seus sonhos e não pelo que o mundo dizia”.

Uma Nordestina Citou

Aos meus queridos e amados pais **Pedro Raimundo Ribeiro da Silva e Maria das Neves Cândido da Cruz Silva.** À minha querida, companheira e amada irmã **Natália Cândido da Cruz Silva.** Às minhas amadas e queridas sobrinhas **Maria Natália dos Santos e Yohana Cândido da Silva.** E às minhas avós **Maria do Carmo Ribeiro da Silva (*in memorian*) e Agripina Cândido da Cruz (*in memorian*).**

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus e a Mãe Maria**, por sempre iluminarem e guiarem minha vida, caminho, sonhos e objetivos, e por serem o meu raio de luz, fortaleza, refúgio e amparo nos momentos difíceis, tristes e de tribulações, mas também, de bênçãos, vitórias, conquistas e alegrias e por me proporcionarem a realização deste sonho e que mesmo muitas vezes não entender os desígnios deles, fazem o melhor por mim e pela minha vida SEMPRE!

Aos meus queridos e amados pais, **Pedro Raimundo Ribeiro da Silva e Maria das Neves Cândido da Cruz Silva,** por serem depois de Deus e a Mãe Maria o maior tesouro da minha vida, maior presente que Deus me concedeu, obrigada pelo apoio e força nos momentos que mais precisei. E quando a saudade falou mais forte e a vontade de desistir e voltar para casa, disseram: fique aí, lute e traga na bagagem o sonho e objetivo que você foi em busca, Deus está contigo e vai te ajudar, acreditamos em você, você vai conseguir! Estamos aqui em oração. Obrigada por serem os melhores pais do mundo e por sempre fazerem o possível e impossível por mim. Amo muito vocês!

À minha querida e amada irmã, **Natália Cândido da Cruz Silva,** pelo apoio, companheirismo e também, pela força e ânimo nos momentos de tristeza, tribulações, saudade e que quando quis desistir e ir embora, ela falou: Você consegue irmã, lute pelo seu sonho, estamos aqui, torcendo e orando por você. Obrigada por ser a melhor irmã do mundo! Amo você!

Às minhas queridas sobrinhas, **Maria Natália dos Santos e Yohana Cândido da Silva,** por serem a minha alegria e força nos momentos de tristeza e dificuldades, por tornarem minha vida mais alegre e colorida, apesar da distância e saudade. Amo vocês!

Às minhas avós, **Maria do Carmo Ribeiro da Silva (*in memoriam*) e Agripina Cândido da Cruz (*in memoriam*),** pelas orações e por sempre torcerem por mim, e acreditarem que posso ir além, na busca dos meus sonhos, que a fé e confiança em Deus é a base para a busca dos nossos sonhos.

Ao **José de Oliveira Cruz,** pela paciência, apoio e por poder dividir os meus dias e torná-los mais felizes e especiais!

Ao meu cunhado, **Manoel da Silva,** pelo apoio, torcida e orações para poder concretizar esse sonho.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula**, por não ser só orientador, ser pai, ser amigo e nunca dizer não quando precisa-se de ajuda, pelo profissionalismo que trata seus orientados, por não distinguir diferença entre os mesmos e tratar a todos da mesma forma. Obrigada por todos os seus ensinamentos, paciência e por sempre estar disposto a ajudar no que for preciso.

À banca examinadora **Profa. Dra. Edilma Pereira Gonçalves, Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino, Dr. Givanildo Zildo da Silva e Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira,** pelas sugestões e contribuições para melhoria deste trabalho. Meu muito obrigada!

À **Unesp/FCAV**, pela oportunidade de realizar o doutorado, pelo conhecimento a mim repassado, por ter contribuído pelo meu crescimento profissional e pela infraestrutura para realização deste trabalho e ao **Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal),** pela qualidade de curso e profissionais excelentes.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço pelo apoio para realização deste trabalho.

Aos **meus tios, tias, primos, primas (maternos e paternos)** pelo apoio e torcida para realização deste sonho, em especial, aos meus tios **José Alves Pereira e Antônio Raimundo Ribeiro da Silva,** pelo apoio e auxílio nas viagens de ida e volta da Paraíba a Jaboticabal, que Deus abençoe vocês!

Aos **integrantes do Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal,** ausentes e ainda presentes no mesmo: **Bruna Zanatto, Tamara Valdovinos, Lígia Rosário, Márcio José, William Medeiros, Marcos Virtuoso, João Vitor, João Pedro e Robson Luís** pelo convívio, ajuda, companheirismo e momentos de descontração.

Aos **funcionários do Horto Florestal** da Unesp/FCAV, **Adevair e Sr. Roberto** pela ajuda na coleta e secagem de sementes.

A **todos os professores** que contribuíram para meu crescimento profissional na Unesp/FCAV, em especial ao **Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula, Profa. Dra. Leila Trevisan e Prof. Dr. Antônio Ferraudo,** pelo incentivo, entusiasmo e transmissão de conhecimentos.

Ao **Programa ESCALA Estudantil de Pós-Graduação da Associação de Universidades do Grupo Montevidéu (AUGM)** pela mobilidade ao intercâmbio. À **Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**, **Instituto de Fisiologia Vegetal** pela oportunidade e apoio durante o intercâmbio, como também pela realização de um sonho, poder adquirir conhecimento fora do Brasil. À **Profa. Dra. Marcela Simontacchi** e a técnica do Laboratório de Fisiologia Vegetal **Diana Lauff** que ajudaram, contribuíram e transmitiram com paciência um pouco das técnicas e dos trabalhos conduzidos na área de Fisiologia Vegetal.

Aos **amigos da Argentina e do Brasil** que estavam realizando intercâmbio no Instituto de Fisiologia Vegetal, como também, pelo Programa ESCALA: **Charlotte Steelheart, Agustina Buet, Hozano de Souza e Caio Saraiva** pelas conversas e transmissão de conhecimentos.

Ao **Francisco Elder e Tatiane Sanches** pela recepção e acolhida durante o processo de seleção e pelos momentos aqui vividos.

Ao **Givanildo Zildo,** que tornou-se um amigo/irmão pela acolhida e ajuda no início do doutorado e que até hoje, sempre está disposto a ajudar no que puder. Que Deus te abençoe e muito obrigada!

À **Mayara Germana**, pelos 2 anos de convivência, conversas e momentos vividos.

Às **amigas** que o doutorado me presenteou **Bruna Zanatto e Tamara Valdovinos**, pela ajuda, conversas, companheirismo e risadas. Deus abençoe vocês!

A **todos do TLC (Treinamento de Liderança Cristã), GUO Maria Cheia de Graça e o Grupo Mãe Rainha Unesp** pelos momentos lindos de orações vividos em Cristo Jesus, por amenizarem um pouco a saudade da minha família e por me aproximarem de Deus nos momentos aqui vividos, sejam tristes ou felizes. Levo vocês no coração e rezarei sempre por vocês. Que Deus, a Mãe Rainha e a Mãe Guadalupe os abençoem!

Aos **amigos e colegas da Unesp/FCAV,** Paloma Libório, Edicleide, Mariele, Vinícius Filla, Vinícius Marchioro, André, Luiz, Mateus, Angelina, Maria Elisa, Lívia, Caroline, Carol e aos que não foram citados.

Aos tios que ganhei em Jaboticabal, **Tia Márcia, Tio Alcimar, Tia Cármem e Tia Lucília,** por terem me ajudado de alguma forma, seja no sorriso, abraço, oração. Levo vocês no coração. Deus abençoe vocês!

À **Thayane Leonel e Antônio Michael** amigos/irmãos, que a reta final do doutorado me presenteou, pela ajuda, companheirismo, brincadeiras e convívio. Deus abençoe vocês!

Aos membros da banca de qualificação **Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira e Profa. Dra. Cibele Chalita Martins** pelas sugestões e contribuições para melhoria deste trabalho. Meu muito obrigada!

À **todas as pessoas** que passaram pela minha vida no decorrer do doutorado, seja na Unesp, igreja, ponto de ônibus, supermercado e que deixaram algum propósito na minha vida, seja teste, lição ou presente, mas, que contribuíram para o meu amadurecimento e crescimento como pessoa.

E **a todos** que não foram citados, mas que contribuíram de alguma forma para a execução e realização deste trabalho e na minha vida profissional e pessoal.

Muito obrigada!!!

SUMÁRIO

Página

RESUMO..... iii
ABSTRACT..... v
LISTA DE TABELAS..... vii
LISTA DE FIGURAS..... ix
1 INTRODUÇÃO..... 1
2 REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose (Bignoniaceae)..... 3
2.2 Potencial Fisiológico de Sementes..... 5
2.3 Teste de Germinação..... 7
2.4 Teste de Condutividade Elétrica 8
2.5 Teste de Envelhecimento Acelerado..... 10
2.6 Teste de Frio..... 11
2.7 Teste de Deterioração Controlada 12
2.8 Variabilidade entre Árvores Matrizes quanto à Germinação e Qualidade de Sementes 14
3 MATERIAL E MÉTODOS 15
3.1 Obtenção das Sementes e Implantação dos Experimentos 15
3.2 Teor de Água 17
3.3 Experimento 1: Teste de Germinação..... 17
3.3.1 Porcentagem de Germinação com Protusão de Radícula..... 18
3.3.2 Porcentagem de Germinação com Plântulas Normais 18
3.3.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG) 19
3.3.4 Valor Pico da Germinação 19
3.3.5 Índice de Incerteza (II) 19
3.3.6 Comprimento e Massa Seca de Plântulas 19
3.3.7 Análises Estatísticas..... 20
3.4 Experimento 2: Teste de Condutividade Elétrica..... 21
3.5 Experimento 3: Teste de Frio 23
3.6 Experimento 4: Teste de Deterioração Controlada..... 23

3.7 Experimento 5: Teste de Envelhecimento Acelerado..... 24
3.8 Análise Estatística Multivariada..... 26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 27
4.1 Experimento 1: Teste de Germinação 27
4.2 Experimento 2: Teste de Condutividade Elétrica..... 32
4.3 Experimento 3: Teste de Frio 41
4.4 Experimento 4: Teste de Deterioração Controlada..... 47
4.5 Experimento 5: Teste de Envelhecimento Acelerado 54
4.6 Divergência Entre Árvores Matrizes a Partir de Caracteres de Qualidade Fisiológica de Sementes..... 61
5 CONCLUSÕES..... 72
6 REFERÊNCIAS 72

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ÁRVORES MATRIZES DE *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose

RESUMO - O uso de sementes de boa qualidade é imprescindível para o sucesso dos plantios florestais, sendo que a qualidade de sementes envolve aspectos físicos, sanitários, fisiológicos e genéticos. A variabilidade genética existente entre árvores matrizes contribui para as diferenças na qualidade das sementes, especialmente para espécies não domesticadas, como é o caso de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose (ipê-amarelo), pertencente à família Bignoniaceae. Essa espécie apresenta madeira de excelente qualidade para usos diversificados, além de ser recomendada para a arborização, paisagismo e recuperação de áreas degradadas. Diante disto, objetivou-se com esta pesquisa: i) avaliar a variabilidade da qualidade fisiológica de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*; ii) estabelecer condições específicas e/ou verificar a aplicabilidade do uso dos testes de condutividade elétrica, de frio, deterioração controlada e envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de árvores matrizes da espécie; iii) avaliar a divergência entre as árvores matrizes quanto aos caracteres de qualidade fisiológica de sementes e iv) fornecer subsídios para a recomendação da coleta de sementes da espécie a partir dos resultados obtidos. Foram coletados frutos e extraídas sementes de 15 matrizes de *Handroanthus serratifolius* provenientes do município de Jaboticabal, em setembro de 2017. Após a obtenção das sementes foram determinados o teor de água e realizados os seguintes testes: de germinação, condutividade elétrica, de frio, deterioração controlada e envelhecimento acelerado. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em diferentes esquemas, conforme o teste. Os dados obtidos foram submetidos à análise diagnóstica de resíduos, utilizando os testes de normalidade e homocedasticidade, assim como a verificação da presença de valores discrepantes e/ou influentes. Após a análise de variância, procedeu-se à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e, ou análise de regressão, conforme o caso. De posse dos dados de todos os testes, procedeu-se ao estudo da diversidade genética entre as árvores matrizes, utilizando-se os métodos hierárquico de Ward e o não-hierárquico de *K-means*, como também, a análise de dispersão pela técnica de Componentes Principais, a partir da Distância Euclidiana calculada entre pares de árvores matrizes. Utilizou-se, ainda, da análise de componentes principais para verificação da importância relativa de cada variável para a divergência genética. Os resultados obtidos indicam a existência de variabilidade entre as árvores matrizes para todos os caracteres estudados nos diferentes testes. Nesse sentido recomenda-se que: 1) o teste de condutividade elétrica seja conduzido a 20 °C, com 25 sementes embebidas em 75 mL de água desionizada por 48 h; 2) o teste de frio pode ser conduzido a 10 °C por 3 dias, seguido do teste de germinação; 3) o teste de deterioração controlada pode ser conduzido na combinação de 20% de teor de água com posterior incubação por 24 h a 45 °C; 4) o teste de envelhecimento acelerado seja conduzido por 72 h nas temperaturas de 42 °C ou 45 °C. As árvores matrizes foram divididas em 4 grupos pelos métodos de Ward e *K-means*, apresentando variações na sua composição. Oito (36%) dos caracteres avaliados, foram considerados passíveis de descarte para o estudo da divergência pela técnica dos Componentes Principais, em geral, por serem redundantes a outros caracteres. Conclui-se, portanto, que os caracteres avaliados

no teste padrão de germinação e nos testes de vigor comprovam a existência de variabilidade na qualidade fisiológica das sementes. A adoção de diferentes métodos de análise multivariada aponta a existência de divergência entre as árvores matrizes e possibilita, com confiabilidade, a identificação de grupos de árvores matrizes com características semelhantes e, ou divergentes em relação à qualidade fisiológica de sementes, sendo essas informações úteis e que poderão auxiliar em programas de produção de sementes e mudas de *Handroanthus serratifolius*. A variabilidade e a divergência observadas entre as árvores matrizes indicam que a coleta de sementes deva ocorrer em árvores matrizes que pertençam a grupos distintos, notadamente naqueles em que as matrizes apresentam bom desempenho germinativo.
Palavras-chave: Análise multivariada, divergência e variabilidade genética, germinação, vigor

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS FROM MOTHER TREES OF *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose

ABSTRACT - The use of good quality seeds is essential for the success of forest plantations, and the quality of seeds involves physical, sanitary, physiological and genetic aspects. The genetic variability between mother trees contributes to differences in seed quality, especially for non-domesticated species, such as *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose (yellow ipe), belonging to the Bignoniaceae family. This species has excellent quality wood for diverse uses, in addition to being recommended for afforestation, landscaping and recovery of degraded areas. Therefore, the aim of this research was: i) to evaluate the variability of the physiological quality of mother trees of *Handroanthus serratifolius*; ii) establish specific conditions and/or verify the applicability of the use of the electrical conductivity, cold, controlled deterioration and accelerated aging tests for the evaluation of the physiological quality of seeds of mother trees of the species; iii) to evaluate the divergence between the mother trees as to the characters of physiological quality of seeds and iv) provide subsidies for the recommendation of the collection of seeds of the species from the obtained results. Fruits were collected and seeds were extracted from 15 mother trees of *Handroanthus serratifolius* from Jaboticabal-SP, in september 2017. After obtaining the seeds, the water content was determined and the following tests were performed: germination, electrical conductivity, cold, controlled deterioration and accelerated aging. The design used was randomized blocks, in different schemes, according to the test. The obtained data were submitted to the diagnostic analysis of residues, using the normality and homoscedasticity tests, as well as the verification of the presence of outliers and/or influential values. After the analysis of variance, the means were compared using the Scott-Knott test at 5% probability and, or regression analysis, as appropriate. With the data from all tests, the genetic diversity among the mother trees was studied, using Ward's hierarchical and K-means non-hierarchical methods, as well as the dispersion analysis by the Principal Components, from the Euclidean Distance calculated between pairs of mother trees. Principal component analysis was used to verify the relative importance of each variable for genetic divergence. The results obtained indicate the existence of variability among the mother trees for all the characters studied in the different tests. The standardization of vigor tests to evaluate the physiological quality of seeds of mother trees of *Handroanthus serratifolius* is essential to obtain consistent results. Therefore, it is recommended that: 1) the electrical conductivity test is conducted at 20 °C, with 25 seeds soaked in 75 mL of deionized water for 48 h; 2) the cold test can be conducted at 10 °C for 3 days, followed by the germination test; 3) the controlled deterioration test can be conducted in the combination of 20% water content with subsequent incubation for 24 h at 45 °C; 4) the accelerated aging test is conducted for 72 h at temperatures of 42 °C or 45 °C. The mother trees were divided into 4 groups by the methods of Ward and K-means,

with variations in their composition. Eight (36%) of the evaluated characters could be discarded for the study of divergence by the Principal Components technique, in general, as they are redundant to other characters. It is concluded, therefore, that the characters evaluated in the germination pattern and in the vigor tests prove the existence of variability in the physiological quality of seeds. The adoption of different multivariate analysis methods points the existence of divergence between the mother trees and allows, with reliability, the identification of groups of mother trees with similar and, or divergent characteristics, in relation the physiological quality of seeds, this information being useful and that may assist in programs for the production of seeds and seedlings of *Handroanthus serratifolius*. The variability and divergence observed between the mother trees indicate that seed collection must occur in parent trees that belong to different groups, notably those in which the matrices have good germinative performance.

Keywords: Multivariate analysis, divergence and genetic variability, germination, vigor

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Porcentagem de germinação (G, %) e de plântulas normais (PN, %), índice de velocidade de germinação (IVG), índice de incerteza (II) e valor pico da germinação (VP) de sementes oriundas de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose na temperatura de 25 °C.....28

Tabela 2. Comprimento de parte aérea (CPA) e de raízes (CRA), massa seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSRA) das plântulas oriundas de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* na temperatura de 25 °C.....31

Tabela 3. Intervalos de valores de condutividade elétrica (CE) correspondentes a determinados intervalos de valores de germinação (%) das sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*, no volume de 75 mL embebição a 20 °C, por 48 h.....38

Tabela 4. Valores médios de germinação (G%), condutividade elétrica (CE, $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$) e massa (g) de 25 sementes de cada árvore matriz de *Handroanthus serratifolius*.....40

Tabela 5. Teor de água (TA%) de sementes de árvores matrizes (Mtz) de *Handroanthus serratifolius* antes (T) ou após 48, 72 e 96 h de envelhecimento acelerado a 42 e 45 °C.....55

Tabela 6. Porcentagem de germinação de sementes de árvores matrizes (Mtz) de *Handroanthus serratifolius* não envelhecidas (0 h) ou submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C e 45 °C por 48, 72 e 96 horas de exposição.....56

Tabela 7. Porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de árvores matrizes (Mtz) de *Handroanthus serratifolius* não envelhecidas (0 h) ou submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C e 45 °C por 48, 72 e 96 horas de exposição.....57

Tabela 8. Índice de velocidade de germinação das sementes de árvores matrizes (Mtz) de *Handroanthus serratifolius* não envelhecidas (0 h) ou submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C e 45 °C por 48, 72 e 96 horas de exposição.....59

Tabela 9. Correlações fator-variáveis dos 22 caracteres do potencial fisiológico de sementes de polinização aberta nos três primeiros componentes principais para 13 árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*.....67

Tabela 10. Autovalores (variância-v) associados aos Componentes Principais (CP) e respectivos autovetores para os 22 caracteres de qualidade fisiológica de sementes avaliadas em 13 árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*.....69

Tabela 11. Estimativas de correlações entre as 22 características de qualidade fisiológica de sementes avaliadas em 13 árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*.....71

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Árvore matriz (A), frutos (B) e sementes (C) de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose. Jaboticabal-SP, árvore matriz (indivíduo) n° 3. (Foto: Silva, P.C.C., 2019).....16

Figura 2. Localização das árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* amostradas no Câmpus da FCAV/Unesp, no município de Jaboticabal, SP.....16

Figura 3. Estufa de ventilação forçada (A), dessecador (B), balança analítica de precisão (C). (Foto: Silva, P.C.C., 2017).....17

Figura 4. Instalação do teste de germinação das sementes de *Handroanthus serratifolius* em rolo de papel (A), teste avaliado aos 18 dias com plântulas de *Handroanthus serratifolius*. (Foto: Silva, P.C.C., 2017).....18

Figura 5. Determinação do comprimento (A) e massa seca (B) das plântulas de *Handroanthus serratifolius* obtidos das plântulas normais no teste de germinação de sementes (Foto: Silva, P.C.C., 2017).....20

Figura 6. Teste de condutividade elétrica das sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* amostradas no município de Jaboticabal, SP (A - pesagem de sementes, B - início do teste, C - final do teste, após 120 h de embebição). (Foto: Silva, P.C.C., 2017).....21

Figura 7. Instalação do teste de envelhecimento acelerado de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* amostradas no município de Jaboticabal, SP. (Foto: Silva, P.C.C., 2018).....25

Figura 8. Teor de água (TA%, %) de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* antes da instalação do teste de germinação.....27

Figura 9. Condutividade elétrica (CE, μS cm^{-1} g^{-1}) de sementes de diferentes árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* embebidas por diferentes períodos em 75 e 100 mL de água desionizada, nas temperaturas de 20 e 25 ^{o}C.....33

Figura 10. Porcentagem de germinação (G, %) de sementes de *Handroanthus serratifolius* provenientes de diferentes árvores matrizes em função dos valores de condutividade elétrica em diferentes períodos de embebição (A - 24 h, B - 48 h, C - 72 h, D - 96 h, E - 120 h) em 75 e 100 mL de água a 20 °C.....36

Figura 11. Porcentagem de germinação (G, %) de sementes de *Handroanthus serratifolius* provenientes de diferentes árvores matrizes em função dos valores de condutividade elétrica em diferentes períodos de embebição (A - 24 h, B - 48 h, C - 72 h, D - 96 h, E - 120 h) em 75 e 100 mL de água a 25 °C.....37

Figura 12. Teor de água (TA%) de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* antes da realização do teste de frio.....41

Figura 13. Porcentagem de germinação (G, %) de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de frio (TF) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os resultados do teste de frio com o do teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.....42

Figura 14. Porcentagem de plântulas normais (PN, %) oriundas de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de frio (TF) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os resultados do teste de frio como o do teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.....44

Figura 15. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes oriundas de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de frio (TF) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os resultados do teste de frio com o do teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.....45

Figura 16. Teor de água (TA%) de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* antes da realização do teste de deterioração controlada.....48

Figura 17. Porcentagem de germinação (G, %) de sementes oriundas de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de deterioração controlada (DC) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam o teste de deterioração controlada e o teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.....49

Figura 18. Porcentagem de plântulas normais (PN, %) oriundas de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de deterioração controlada (DC) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam o teste de deterioração controlada e o teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.....51

Figura 19. Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de deterioração controlada (DC) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam o teste de deterioração controlada e o teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.....52

Figura 20. Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward baseado na Distância Euclidiana obtida a partir da avaliação de 22 caracteres relacionados ao potencial fisiológico de sementes de 13 árvores matrizes de polinização aberta de *Handroanthus serratifolius*.....62

Figura 21. Caracterização dos grupos pelo método não-hierárquico de *K-means*, formados a partir da avaliação de 22 caracteres associados ao potencial fisiológico de sementes de 13 árvores matrizes de polinização aberta de *Handroanthus serratifolius*.....63

Figura 22. Gráfico *biplot* com a dispersão dos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) obtidos a partir da avaliação de 22 caracteres de qualidade fisiológica de sementes de 13 árvores matrizes de polinização aberta de *Handroanthus serratifolius*.....65

1 INTRODUÇÃO

Há uma expectativa de recuperação de cerca de 12 milhões de hectares com espécies arbóreas nativas para atendimento ao PLANAVEG (Plano Nacional de Vegetação), em conformidade com a Lei 12.625 de 25 de maio de 2012, conhecida como o Novo Código Florestal. Para isto, a procura por sementes de espécies arbóreas nativas vem crescendo, de forma a atender o que preconiza a legislação. É certo, contudo, que há ainda pouco conhecimento sobre as nossas espécies arbóreas nativas do Brasil, nos seus vários aspectos tecnológicos, dentre os quais pode-se citar aqueles relacionados à tecnologia de sementes e de produção de mudas, além de técnicas silviculturais adequadas para o estabelecimento de projetos de recomposição florestal.

A disponibilização de informações a respeito da caracterização, manejo e análise de sementes de espécies arbóreas, é de grande valia tendo em vista, que isto facilitaria o uso dessas espécies em programas de restauração ambiental, conservação e melhoramento genético e plantios homogêneos, uma vez que a carência ou mesmo a ausência dessas informações, pode comprometer a propagação das mesmas em larga escala (Borges et al., 2014; Mota et al., 2012).

Os testes de vigor possibilitam detectar possíveis diferenças na qualidade fisiológica de lotes de sementes com germinação semelhante, mas que podem apresentar comportamentos distintos durante o armazenamento ou em condições de campo (Flávio e Paula, 2010). Esses testes, portanto, podem fornecer índices mais sensíveis da qualidade fisiológica, em comparação ao teste de germinação, sendo que qualquer evento que preceda a perda do poder germinativo pode servir como base para a determinação do vigor, o que não significa, no entanto, que o teste de germinação possa ser substituído pelos testes de vigor (Marcos Filho, 1999).

Dentre as várias espécies arbóreas de interesse, pode-se citar *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, que pertence à família Bignoniaceae, sendo popularmente conhecido como ipê, ipê-amarelo, ipê-do-cerrado, pau-d'arco, ipê-tabaco, ipê-pardo, pau-d'arco-amarelo (Carrero et al., 2014; Coradin et al., 2010). A espécie por muito tempo, pertenceu ao gênero *Tabebuia*, no entanto, após estudos

sobre a filogenia molecular passou a ser considerada como *Handroanthus* (Olmstead e Grose, 2007).

No Brasil, é encontrada nas regiões Amazônica, Nordeste no estado do Ceará e estende-se até a região Sudeste no estado de São Paulo (Zappi et al., 2015). Ocorre em floresta estacional perenifólia, floresta ombrófila e floresta ombrófila densa (Lohmann, 2015). Essa espécie é considerada árvore símbolo do Brasil, podendo atingir 25 m de altura (CEMIG, 2011; Lohmann, 2018), é bastante utilizada na arborização urbana (Andrade, 2015), como também recomendada para o reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, principalmente, em solos salinos (Lohmann, 2018; Pereira e Polo, 2011).

A qualidade fisiológica das sementes pode ser definida como a soma de características que contribuem para que as mesmas possam germinar, emergir e resultarem rapidamente em plântulas normais em ampla diversidade de condições ambientais. Ressalta-se que a qualidade fisiológica é determinada pela germinação e, ou vigor das sementes (Tunes et al., 2011), sendo que quando as sementes apresentam baixa qualidade, podem ocasionar baixo vigor de plântulas, aumento de plântulas anormais e redução da porcentagem de germinação (Toledo et al., 2009).

Para fins de comercialização, o potencial fisiológico das sementes é, normalmente, avaliado pelo teste de germinação, o qual é eficiente para avaliar a viabilidade de um lote de sementes. Esse teste é a principal forma usada para analisar a qualidade de sementes florestais e é conduzido em ambiente com condições ideais de temperatura e umidade (Haesbaert et al., 2017), condições essas que nem sempre são encontradas em campo ou num viveiro de produção de mudas, de forma que as sementes podem ficar sujeitas a situações adversas (Byrum e Copeland, 1995) e, nesse sentido, os testes de vigor contribuem para a avaliação da qualidade das sementes, complementando as informações obtidas no teste de germinação, tornando-a mais precisa e confiável (Haesbaert et al., 2017; Vazquez et al., 2011).

Um dos fatores que afetam a qualidade fisiológica das sementes das espécies arbóreas não domesticadas é a variabilidade genética inerente às árvores matrizes. Dessa forma, o conhecimento da diversidade genética das populações naturais, contribui para o estabelecimento de estratégias eficazes de conservação genética e restauração ambiental (Carvalho, 2015) e o estudo da variabilidade, divergência e das

relações genéticas dos caracteres associados à qualidade fisiológica das sementes, visa dar suporte a estratégias de marcação e seleção de matrizes para melhoria da qualidade fisiológica de sementes (Cardoso et al., 2009) para uso em trabalhos de conservação e melhoramento genético e restauração ambiental. Esses estudos poderão ser implementados de forma precoce com o uso de testes de vigor e viabilidade (Dias e Marcos Filho, 1995).

Diante do exposto, esta pesquisa objetivou: i) avaliar a variabilidade da qualidade fisiológica de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*; ii) estabelecer condições específicas e, ou verificar a aplicabilidade do uso dos testes de condutividade elétrica, de frio, deterioração controlada e envelhecimento acelerado para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de árvores matrizes da espécie; iii) avaliar a divergência entre as árvores matrizes quanto aos caracteres de qualidade fisiológica de sementes e iv) fornecer subsídios para a recomendação da coleta de sementes da espécie a partir dos resultados obtidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose (Bignoniaceae)

Handroanthus serratifolius (Vahl) S. O. Grose (ex *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich), popularmente conhecida como ipê, ipê-amarelo, ipê-do-cerrado, pau-d'arco, ipê-tabaco, ipê-pardo, pau-d'arco-amarelo, é uma espécie arbórea que pode atingir 25 m de altura e pertencente à família Bignoniaceae (Carrero et al., 2014; Coradin et al., 2010).

Handroanthus serratifolius apresenta folhas que se renovam anualmente, são opostas, compostas apresentando cinco folíolos e bordas serrilhadas, folíolos oblongos, ovais e lanceolados, ápice acuminado e com base arredondada a acuneada, de consistência membranácea à subcoriácea, glabra em ambas as faces ou com pelos nas axilas das nervuras secundárias da face inferior. As flores são consideradas hermafroditas, vistosas de coloração amarela, e pela sua exuberância é altamente visível no local onde se encontra. Apresenta cálice e corola em forma de

túbulos com cinco lóbulos. O cálice apresenta cor esverdeada sendo ligeiramente pubescente. Seu florescimento ocorre de julho a setembro (Gonçalves, 2013).

O tronco do ipê-amarelo é cilíndrico e reto, podendo atingir de 20 a 90 cm de diâmetro e sua copa pode medir de 3 a 8 m de diâmetro. A casca é grossa, com espessura de 10 a 15 mm, de cor pardo acinzentada (Silva et al., 2011). O fruto é do tipo silíqua (Martinelli-Seneme et al., 2008), deiscentes e apresentam protuberâncias enrugadas (Alves et al., 2013). Segundo esses autores, há populações da espécie consideradas monoembriônicas e autoestéreis, mas Alves (2014) cita, também, populações poliembriônicas e autoférteis.

A espécie possui germinação epígea e suas sementes não apresentam dormência, são consideradas ortodoxas, mas, podem perder a viabilidade em pouco tempo dependendo das condições que estejam armazenadas, e devem ser conservadas sob baixas temperaturas, em embalagens impermeáveis (Silva et al., 2011), são liberadas pelo vento e podem ser coletadas de agosto a início de outubro (Gonçalves, 2013).

A espécie possui madeira de alta densidade (1,08 $g.cm^{-3}$) e elevada durabilidade (Campos Filho e Sartorelli, 2015), sendo empregada na marcenaria, construções pesadas, estruturas externas, instrumentos musicais (Carrero et al., 2014; IPT, 2014; Trevizor, 2011). É, ainda, indicada para arborização urbana (Andrade, 2015), reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, principalmente, em solos salinos (Lohmann, 2018; Pereira e Polo, 2011).

As folhas e casca do caule da espécie apresentam atividade terapêutica, contendo vários compostos químicos, mas, a classe que se destaca é a das naftoquinonas, em especial o composto lapachol que possui atividade anti-inflamatória e analgésica (Costa, 2012), apresenta ação anticancerígena (Barbosa e Diniz Neto, 2013), como também destaca-se no tratamento contra tumores sólidos e de leucemias multirresistentes (Epifano et al., 2014; Salustiano et al., 2010).

Dentre os estudos desenvolvidos com *Handroanthus serratifolius* pode-se destacar os desenvolvidos por Pereira e Polo (2011), relacionado ao crescimento e acúmulo de íons em mudas; o de Silva et al. (2011) sobre alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes durante o armazenamento; de Alves et al. (2013) sobre auto-esterilidade; o de Leão et al. (2015) sobre biometria de sementes e efeitos de

temperaturas e substratos na germinação e o de Sabino et al. (2016), avaliando o crescimento de mudas sob diferentes telas de sombreamento. Contudo, há poucas informações e estudos específicos voltados ao uso de testes de vigor de sementes para avaliação da variabilidade e divergência genética entre árvores matrizes da espécie, temas esses que serão abordados neste trabalho.

2.2 Potencial Fisiológico de Sementes

A qualidade fisiológica da semente pode ser definida pelo conjunto de características (genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias) que auxiliam a semente a desempenhar funções vitais, como germinação e vigor (Tilmmann e Menezes, 2012; Toledo et al., 2009). As sementes atingem máxima qualidade fisiológica, quando atingem a maturidade fisiológica, que é o momento ideal para colheita, em que ocorre o máximo de germinação e vigor (Justino et al., 2015).

A avaliação do potencial fisiológico é um fator relevante em tecnologia de sementes e para o produtor é uma possibilidade de analisar o comportamento das sementes que foram adquiridas e determinar o adequado estabelecimento do estande e a produtividade (Marcos Filho, 2013). Diversos fatores influenciam o potencial fisiológico das sementes no decorrer do processo produtivo, dentre eles destacam-se a formação da semente, condições climáticas, ocorrência de pragas e doenças, operações mecanizadas e o armazenamento. Daí, portanto, a importância de monitorar cada uma dessas etapas, para que o potencial fisiológico das sementes não seja afetado e nem reduzido (Santos, 2016).

No processo de produção agrícola, a tecnologia de sementes é o que busca aperfeiçoar e, ou desenvolver os testes usados para avaliação do potencial fisiológico das sementes, de forma que os resultados obtidos a partir desses testes possam expressar, de forma confiável, o desempenho dos lotes de sementes em condições de campo (Dutra e Vieira, 2004). Assim, o potencial fisiológico das sementes pode ser avaliado pelo teste de germinação e/ou complementada pelo uso de testes de vigor. A partir desses testes pode-se tomar decisão sobre a utilização ou não dos lotes de sementes disponíveis. Dessa forma, para a área de tecnologia de sementes, tem sido

um desafio aprimorar e, ou adaptar testes de vigor para avaliar o potencial fisiológico (germinação e vigor) das mesmas (Tunes et al., 2012).

Para as culturas agrícolas, sejam elas anuais ou olerícolas, os testes de vigor têm uso mais generalizado, o que não ocorre, porém, com sementes de espécies florestais, de uma forma geral. Assim, vários fatores podem dificultar a compreensão dos resultados dos testes de vigor em sementes de espécies florestais, dentre eles a não domesticação da maioria das espécies, desuniformidade na maturação, presença de dormência (Biruel, 2006).

O vigor e a viabilidade de um lote de sementes podem ser determinados por vários testes de vigor, como os testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, além do teste padrão de germinação. Os testes de vigor utilizados comumente buscam fornecer informações adicionais à germinação, a exemplo da velocidade e uniformidade do processo de germinação e do crescimento e desempenho de plântulas, como comprimento e massa seca de plântulas ou de avaliações individuais dessas partes (Silva e Cicero, 2014).

Nesse sentido, os tecnologistas de sementes têm buscado, constantemente, desenvolver e, ou adaptar testes de vigor rápidos e eficientes (Tunes et al., 2012), de forma que esses testes apresentem maior sensibilidade para analisar ou detectar diferenças na qualidade fisiológica entre lotes de sementes (Lopes e Franke, 2010), complementando as informações obtidas no teste de germinação e fornecendo maiores subsídios para classificar os lotes de sementes em diferentes níveis de qualidade.

Na literatura, os testes de vigor mais comumente usados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de espécies florestais, além daqueles derivados do teste padrão de germinação, são os testes de envelhecimento acelerado, como em sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (Santos e Paula, 2009), *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) StandI. (Santos et al., 2009), *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (Lima et al., 2014) e *Tabernaemontana fuchsiaefolia* A. DC (Moraes et al., 2016) e em *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (Soto-Gonzales et al., 2011); e de condutividade elétrica, como em sementes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (Soto-Gonzales et al., 2011) e em *Aspidosperma parvifolium* A. DC. (Guollo et al., 2017). Desses estudos,

os de Santos et al. (2009) e Soto-Gonzales et al. (2011) compararam a qualidade fisiológica de sementes obtidas de diferentes árvores matrizes, e os resultados foram variáveis conforme o teste de vigor usado.

2.3 Teste de Germinação

A germinação das sementes é um evento fisiológico cujo desenvolvimento depende de fatores fundamentais como qualidade das sementes, água, oxigênio, temperatura (Seo et al., 2009). Os principais objetivos do teste de germinação é a obtenção de informações relacionadas ao valor das sementes para a semeadura e sobre a qualidade de diferentes lotes. Uma semente é considerada germinada quando apresenta as estruturas essenciais de desenvolvimento, ou seja, quando ocorre a formação de uma plântula normal sob condições adequadas. Este teste visa avaliar o potencial fisiológico de um lote de sementes e fornece o potencial máximo de germinação, uma vez que é conduzido sob condições ótimas de temperatura e umidade (BRASIL, 2009).

Esse conceito de germinação é adotado pelos tecnologistas de sementes e tem aplicação prática por considerar a capacidade das sementes em gerar uma plântula normal. Outros conceitos podem ser usados, como o conceito botânico-fisiológico que considera a emissão de determinadas estruturas, a exemplo da raiz primária como critério de germinação (Azerêdo et al., 2011; Barrozo et al., 2014; Guedes et al., 2013b; Oliveira et al., 2014; Pereira et al., 2011; Silva et al., 2016).

Autores como Santos et al. (2015) e Valdovinos e Paula (2017) aliaram esse último conceito com um tamanho mínimo da estrutura considerada, por exemplo, emissão da raiz primária com pelo menos 0,5 cm de comprimento. Esse conceito botânico-fisiológico tem sido preferido e adotado por boa parte dos pesquisadores que trabalham com sementes de espécies florestais, uma vez que várias dessas espécies demandam um longo período para o desenvolvimento de plântulas normais. Assim, esse critério possibilita a economia de recursos como mão-de-obra, energia, espaço no laboratório.

O teste de germinação deve ser conduzido em condições favoráveis de disponibilidade de água, aeração, temperatura, luminosidade, entre outros fatores, a

fim de proporcionar máxima germinação, sendo que, estas condições variam de espécie para espécie (Gomes et al., 2016). Pelo fato deste teste não avaliar a sua interação com o meio, superestimando assim o potencial fisiológico das sementes, pesquisas vêm sendo realizadas na busca de métodos que auxiliam na avaliação do vigor das sementes (Ohlson et al., 2010). Diante disto, vários testes de vigor têm sido desenvolvidos e adequados para complementarem os resultados obtidos no teste de germinação.

Conforme o Decreto de nº 5.153 de 23 de Julho de 2004, a comercialização de sementes no Brasil já está regulamentada (BRASIL, 2004), daí a importância da realização de processos que atestem a qualidade das sementes. Todavia, o mercado de sementes florestais nativas no Brasil ainda encontra-se bastante informal (Sodré, 2006; Wielewicki et al., 2006).

Estudos de germinação de sementes de espécies florestais são, relativamente, comuns na literatura, conforme pode ser atestado em diferentes pesquisas (Azerêdo et al., 2016; Guedes et al., 2011; Oliveira et al., 2008 e 2014). Em geral, esses trabalhos abordam diferentes aspectos e fatores envolvidos no processo germinativo como efeito de temperaturas, substratos, luz, umidade, tamanho e, ou coloração de sementes. A partir de um levantamento na literatura, por exemplo, Brancalion et al. (2010) concluíram que para as espécies arbóreas brasileiras, os testes de germinação podem ser conduzidos na temperatura de 25°C para as espécies do Cerrado e Mata Atlântica, e a 30°C para as espécies da Amazônia.

2.4 Teste de Condutividade Elétrica

O teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes propicia objetividade, rapidez, fácil execução, baixo custo e apresenta possibilidade de ser padronizado como teste rotineiro pela sua reprodutibilidade (Lemes et al., 2015; Santos e Paula, 2005), portanto, é considerado um dos testes de vigor mais promissores na área de tecnologia de sementes (ISTA, 2011). Esse teste, a princípio, tem a capacidade de detectar o processo de deterioração da semente ainda no seu início. O processo de deterioração das sementes intensifica-se à medida em que a semente vai envelhecendo, decorrente da perda da integridade dos sistemas de

membranas. Dessa forma, sementes com maior grau de deterioração, apresentam maior liberação de eletrólitos para uma solução de embebição e a determinação da condutividade elétrica nessa solução é um indicador da qualidade fisiológica das sementes (Oliveira, 2012; Santos e Paula, 2005).

Assim, alterações e desorganização na integridade das membranas celulares resultam em maiores concentrações de lixiviados. Em sementes intactas, vigorosas e danificadas ocorre intensa liberação inicial de eletrólitos, dificultando, no início da embebição, constatações de diferenças da qualidade dos lotes de sementes. A quantidade de exsudatos liberados pelas sementes vigorosas vai estabilizando-se com o decorrer do processo de embebição, principalmente, por causa da reorganização das membranas (Rosa et al., 2000).

Sementes que apresentam baixa condutividade elétrica são consideradas de alta qualidade, e as que apresentam alta condutividade elétrica são menos vigorosas, pela perda da integridade do sistema de membranas (Vieira et al., 2002). Assim, a qualidade fisiológica das sementes, pode ser avaliada pela determinação da condutividade elétrica na solução de embebição das sementes (Loeffer et al., 1988), de forma que maiores valores de condutividade elétrica, indicam a liberação de maiores quantidades de solutos da semente para a solução de embebição, indicando que as sementes encontram-se mais deterioradas e, consequentemente, apresentam menor velocidade de restabelecimento das membranas celulares (Marcos Filho, 2015; Milani et al., 2012) e, portanto, são consideradas sementes de menor qualidade fisiológica.

A quantidade de eletrólitos liberados na solução da embebição é determinada com o auxílio de um condutivímetro. Portanto, estima-se que o vigor das sementes é inversamente proporcional à leitura da condutividade elétrica (Lima, 2015). Este teste pode ser realizado pelo método de massa, no qual uma amostra de sementes é colocada na água por determinado período de imersão em dada temperatura, indicando a partir daí, o nível de vigor dessa amostra (Matos, 2009).

Alguns estudos, buscando-se a padronização das condições de realização do teste de condutividade elétrica, comprovam a eficiência do mesmo na determinação da qualidade fisiológica de sementes de espécies florestais. Nesse sentido, para sementes de *Schinus molle* que o mesmo seja conduzido a 25 °C, com 50 sementes

em 25 mL de água por 24 h (Delazeri et al., 2016), para *Jacaranda micrantha* Cham., recomenda-se que o teste de condutividade elétrica seja conduzido a 25 °C, com 50 sementes embebidas em 75 mL de água por 24 h (Souza et al., 2016); e para sementes de *Dipteryx alata* que o mesmo seja conduzido a 30 °C, com 10 ou 15 sementes em 75 mL de água por 20 ou 24 h (Zuchi et al., 2016).

2.5 Teste de Envelhecimento Acelerado

O teste de envelhecimento acelerado fundamenta-se no princípio de que sementes submetidas à temperatura e umidade relativa elevadas, propiciam aumento da deterioração (Ataíde et al., 2012) de forma que, o vigor e o desempenho germinativo de lotes de sementes, podem ser avaliados de forma eficiente por meio desse teste (Ferreira, 2016). Após os lotes de sementes serem submetidos ao envelhecimento acelerado, serão considerados vigorosos aqueles que apresentarem a capacidade de produzir plântulas normais e com elevada germinação (Garcia et al., 2004), ao passo que lotes que apresentam rápida deterioração, são de baixa qualidade e proporcionam baixa germinação. A partir disso, pode-se distinguir os lotes que poderão apresentar maior ou menor desempenho após a semeadura em campo ou durante o armazenamento (Lima et al., 2006).

Na condução do teste de envelhecimento acelerado, a qualidade fisiológica das sementes poderá ser mais afetada, apresentando redução mais expressiva do potencial germinativo, se o mesmo for conduzido sob maiores temperaturas e, ou períodos. Nesse sentido, dependendo da espécie trabalhada, tem sido comum o uso das temperaturas de 41, 42 ou 45 ^{o}C, por períodos de embebição entre 24 e 96 h. Diante disto, torna-se necessário determinar, para cada espécie, a combinação adequada de temperatura e período de envelhecimento para a correta avaliação da qualidade dos diferentes lotes de sementes (Moraes et al., 2016).

Há dois procedimentos básicos de condução do teste de envelhecimento acelerado de sementes: i) tradicional - no qual utiliza-se apenas água no interior da caixa de plástico (11 x 3,5 x 3,5 cm), onde as sementes são acomodadas sobre uma tela sem contato direto com a água e, ii) com solução salina - em que se usa soluções de sais, dentre os quais o NaCl, KCl ou NaBr, em substituição à água pura, objetivando

diminuir os efeitos causados pela rápida absorção de água pelas sementes proporcionada no método tradicional (Alves e Sá, 2012).

A padronização do teste de envelhecimento acelerado vem sendo estudada para algumas espécies florestais arbóreas como para *Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan em que o teste de envelhecimento pode ser conduzido nas combinações de 38 °C/24, 48 ou 72 h e 41 °C/24 h (Dotto e Silva, 2017), para *Bauhinia forficata* Link em que o teste de envelhecimento acelerado pode ser conduzido na temperatura 41 °C/72 h (Guareschi et al., 2015), para *Erythrina velutina* Willd., em que recomenda-se o envelhecimento acelerado nas combinações 41 °C/ 72 h ou 45 °C/ 24 h (Guedes et al., 2009), para *Chorisia glaziovii* (Kuntze) em que o teste de envelhecimento acelerado pode ser conduzido a 41 °C/48h (Guedes et al., 2013a).

2.6 Teste de Frio

Esse é o mais antigo e o mais popular dos testes de vigor de sementes de espécies agrícolas, porém, seu uso na avaliação do vigor de sementes de espécies arbóreas é escasso (Velasques, 2016). O mesmo avalia o vigor de sementes expostas à condições de baixa temperatura e presença de microrganismos de solo, ou seja, condições adversas de ambiente, que reduzem a sobrevivência das sementes menos vigorosas (Vieira et al., 2010). A baixa temperatura (ou temperatura subótima) promove a perda de solutos, pelo fato da configuração do sistema de membranas celulares e da atividade dos microrganismos, que podem causar efeitos que influenciam no desempenho das sementes (Fiordalisi, 2012; Marcos Filho, 2005).

Esse teste é, portanto, conduzido sob baixa temperatura (10 °C) e em ambiente úmido o que dificulta a reorganização do sistema de membranas celulares, prejudicando o processo de germinação. Após o estresse promovido por esse teste, as sementes de maior vigor apresentam maior germinação (Marcos Filho, 2011). Os resultados do teste de frio são complementados com o teste padrão de germinação, indicando que, se esses resultados se aproximarem, os lotes de sementes apresentam boa capacidade para germinar (Cícero e Vieira, 1994; Marcos Filho et al., 2009).

O teste de frio pode ser conduzido incubando-se as sementes em terra não esterilizado, com teor de água ajustado para 60 ou 70% da capacidade de retenção, com duração de sete a 10 dias, na temperatura de 10 °C e, posteriormente, a germinação e o desenvolvimento de plântulas se dá sob temperaturas entre 25 e 30 °C (Loeffler et al., 1985). Outra possibilidade é, segundo esses autores, conduzir o teste de frio em rolos de papel, conhecido como teste de frio sem terra. Esse último método apresenta vantagens em relação ao primeiro, como reduzir os efeitos do teste, tornando-o menos drástico, maior facilidade de execução e reprodutibilidade.

No Brasil, o uso do teste de frio é mais comum nos estados das regiões Sul e Sudeste, pois muitas espécies são semeadas entre o início do mês de setembro e meados de outubro (Caseiro e Marcos Filho, 2002), em que há a possibilidade de ocorrência de frentes frias chuvosas. A baixa temperatura que as sementes são expostas nesse teste, caracteriza-se como uma condição estressante e apenas as sementes mais vigorosas de lotes, também vigorosos, conseguem desenvolver e formar plântulas normais (Julião, 2014; Marcos Filho, 2001).

Para condução do teste de frio, o período de incubação das sementes na temperatura baixa varia de 3 a 7 dias, conforme a espécie/cultura estudada. Num dos poucos trabalhos conduzidos com espécies arbóreas, Oliveira et al. (2015) recomendaram para sementes de *Jatropha curcas* L. que o teste seja conduzido em rolo de papel (ou seja, sem terra). Além desse trabalho destacam-se, também, as pesquisas realizadas com sementes de *Moringa oleifera* Lam. (Medeiros et al., 2019; Vasconcelos et al., 2018) e *Schinus terebinthifolius* Raddi. (Velasques, 2016).

2.7 Teste de Deterioração Controlada

No processo de deterioração das sementes ocorrem transformações degenerativas e irreversíveis até que elas morram, independentemente da espécie, variedade ou mesmo lote de sementes (Benitez, 2014; Peske e Baudet, 2012). A germinação e o vigor das sementes reduzem progressivamente com o envelhecimento natural, promovendo processos de deterioração durante o armazenamento (Bewley et al., 2013; Groot et al., 2012).

A temperatura e a umidade relativa do ar são os fatores que promovem a deterioração das sementes, pois, o aumento destes e a sua ação sinérgica aceleram o metabolismo das sementes (Bewley et al., 2013; Melo et al., 2017). A redução da taxa de crescimento das plântulas é um sinal evidente da deterioração, podendo ser observado na primeira contagem de um teste de germinação, no acúmulo de massa seca da plântula ou de suas partes, no tamanho da plântula, resultando, portanto, na redução de vigor (Benitez, 2014).

O teste de deterioração controlada é conduzido de maneira similar ao envelhecimento acelerado, sendo que, antes do período de deterioração ocorre maior controle do teor inicial de água da semente (Alves et al., 2011; Hampton e TeKrony, 1995). Esse teste é um método simples, todavia, minucioso, sendo bastante utilizado para avaliar o vigor dos lotes de sementes (Powell e Matthews, 1981) e chama atenção dos tecnologistas de sementes, pelo fato de ser eficiente em distinguir os lotes de sementes em seus distintos níveis de vigor (Alves et al., 2011).

Os principais fatores que determinam a duração do processo de deterioração são a interação entre herança genética, o grau de umidade da semente e a temperatura (Binotti et al., 2008; Delouche, 2002). As intensidades da deterioração são distintas no decorrer do período de envelhecimento, pois a absorção de água não ocorre na mesma velocidade para os diferentes lotes e, ou amostras de uma mesma espécie (Dutra e Medeiros Filho, 2008), o que faz com que o teste de deterioração controlada seja útil na determinação do vigor dos lotes de sementes (Goulart e Tillmann, 2007).

Na literatura são encontradas várias pesquisas, analisando a eficiência do teste de deterioração controlada na avaliação do vigor de sementes, porém, o seu uso em sementes de espécies florestais, também, é pouco comum, podendo-se destacar o estudo conduzido por Vasconcelos et al. (2018) com sementes de *Moringa oleifera* Lam., em que os autores recomendam a padronização do teor de água das sementes para 20% e imersão em banho-maria a 45 °C por 24 h, seguidos do teste de germinação.

O teste de deterioração controlada é indicado para avaliar o vigor ou potencial fisiológico de sementes de algumas culturas, dentre elas: *Gossypium hirsutum* L. na combinação de 24% de teor de água, por 48 h a 40 °C (Dutra e Medeiros Filho, 2008),

e para as olerícolas *Cucumis melo* L. na combinação de 20% de água por 24 h a 45 °C (Medeiros et al., 2014), *Coriandrum sativum* L. na combinação de 21% de água por 24 h a 45 °C (Torres et al., 2012) e *Solanum gilo* Raddi na combinação de 24% de água por 24 h a 45 °C (Torres e Paiva, 2009).

2.8 Variabilidade entre Árvores Matrizes quanto à Germinação e Qualidade de Sementes

Dentro de uma mesma espécie florestal, podem ocorrer variações individuais (entre plantas) do tamanho e de características intrínsecas às sementes, sendo que estas podem existir em função das influências ambientais e da variabilidade genética. Esses fatores podem ser responsáveis, também, pela variação no processo germinativo de sementes das espécies florestais (Santos et al., 2009). Para as espécies florestais, em geral, a alta variabilidade genética associada à alogamia podem promover variação no processo germinativo e a diferenciação da qualidade das sementes provenientes de diferentes árvores matrizes, podem ser determinadas por meio dos testes de germinação e vigor (Roveri Neto e Paula, 2017).

A variabilidade genética é a capacidade de uma espécie, população ou progênie expressar diferentes fenótipos (Fadini, 2014; Ramalho et al., 2012). A variação genética pode ser alterada pela fragmentação florestal ocasionada pela forte pressão antrópica e que, consequentemente, promove a diminuição do número de indivíduos de uma população e decréscimo do potencial de dispersão das espécies, que reduzem o processo de colonização de outras áreas (Aguiar et al., 2013). Alguns estudos abordando a variabilidade genética entre árvores matrizes quanto aos aspectos fisiológicos de sementes (Oliveira, 2010; Roveri Neto e Paula, 2017) evidenciam variação no processo germinativo e/ou na qualidade fisiológica das sementes para os caracteres avaliados.

A divergência genética, por outro lado, refere-se à diferença nas frequências alélicas entre as unidades consideradas, podendo ser medida entre indivíduos, progênies, populações, espécies, cultivares ou qualquer tipo de unidade amostral (Fadini, 2014). Para estudar a diversidade genética, utiliza-se de técnicas de análises multivariadas (Flávio, 2010), tendo em vista, que estas consideram simultaneamente

vários caracteres de interesse (Fonseca et al., 2006) avaliados num conjunto de amostras. Dentre os métodos multivariados pode-se destacar as análises de componentes principais e as análises de agrupamentos (Sousa, 2003).

Como exemplos de pesquisas relacionando a divergência genética entre árvores matrizes a partir de caracteres de sementes florestais, podem ser citados, por exemplo, os trabalhos de Oliveira (2010) com *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur., Roveri Neto (2014) com *Ceiba speciosa* St. Hil., e de Valdovinos (2016) com *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção das Sementes e Implantação dos Experimentos

Sementes de polinização aberta de *Handroanthus serratifolius*, foram obtidas a partir de frutos colhidos em 15 árvores matrizes, em setembro de 2017, correspondente à época de frutificação. Os frutos encontravam-se em início de deiscência, com a presença de trincas/fendas, e foram devidamente identificados por matriz (Figura 1), as quais foram georreferenciadas (Figura 2) e cadastradas no Sistema Nacional de Recursos Genéticos (SisGen) sob o número A2AA3D2.

Após a coleta, os frutos foram submetidos à secagem natural à sombra em ambiente arejado com temperatura e umidade relativa variáveis, até completarem a abertura, cujo período total demandado foi de 14 dias, para posterior extração e beneficiamento, que foi realizado em bancada de laboratório retirando-se as sementes chochas, quebradas, danificadas por insetos e deterioradas. Posteriormente as sementes foram homogeneizadas e acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft, devidamente identificados por árvore matriz, e armazenadas em sala climatizada (20-22 ^{o}C e 40-50% U.R.), no Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/Unesp), Câmpus de Jaboticabal, em Jaboticabal-SP, por 30 dias até a implantação dos testes.

Figura 1. Árvore matriz (A), frutos (B) e sementes (C) de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose. Jaboticabal-SP, árvore matriz (indivíduo nº 3. (Foto: Silva, P.C.C., 2019).

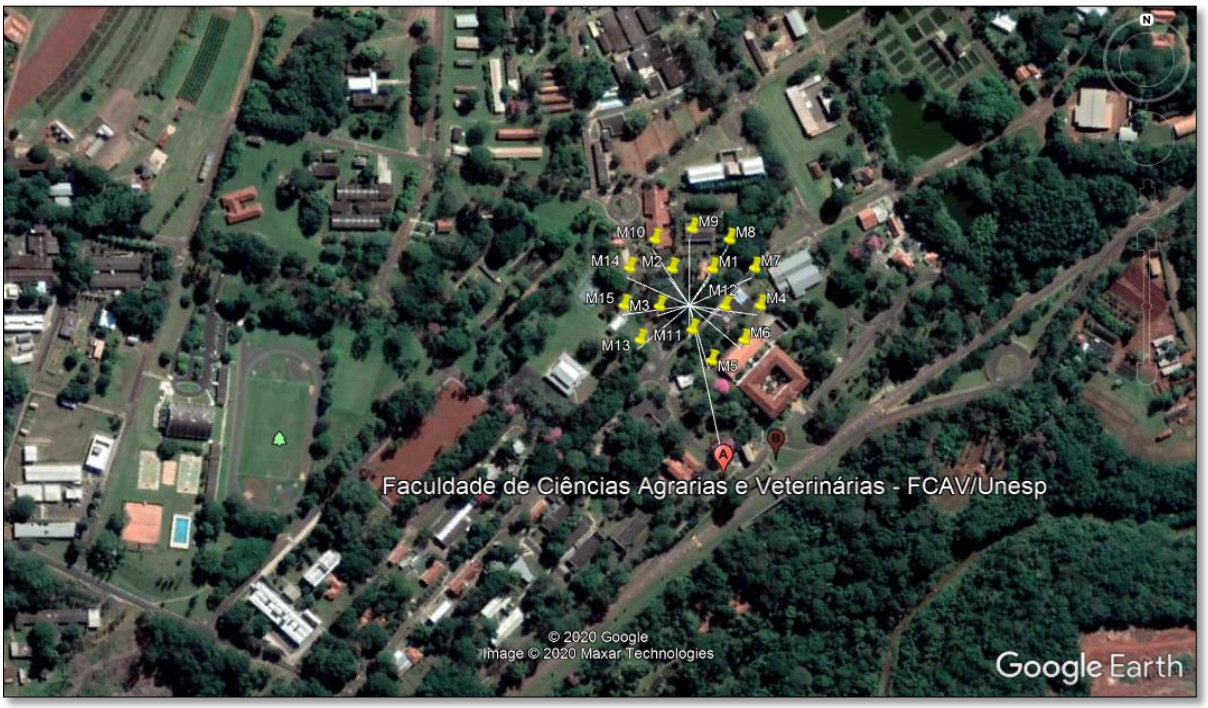

Figura 2. Localização das árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* amostradas no Câmpus da FCAV/Unesp, no município de Jaboticabal, SP.

3.2 Teor de Água

Inicialmente, as sementes foram mantidas sobre bancada de laboratório por três dias, com o objetivo de reduzir a variação no teor de água entre as amostras. Após isto, o teor de água foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se duas repetições de 20 sementes por árvore matriz. Após o período de secagem, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador e, em seguida pesadas em balança analítica de precisão (Figura) e os resultados expressos em porcentagem em base úmida. Os dados do teor de água das sementes não foram analisados estatisticamente, apresentando-se as médias de cada árvore matriz.

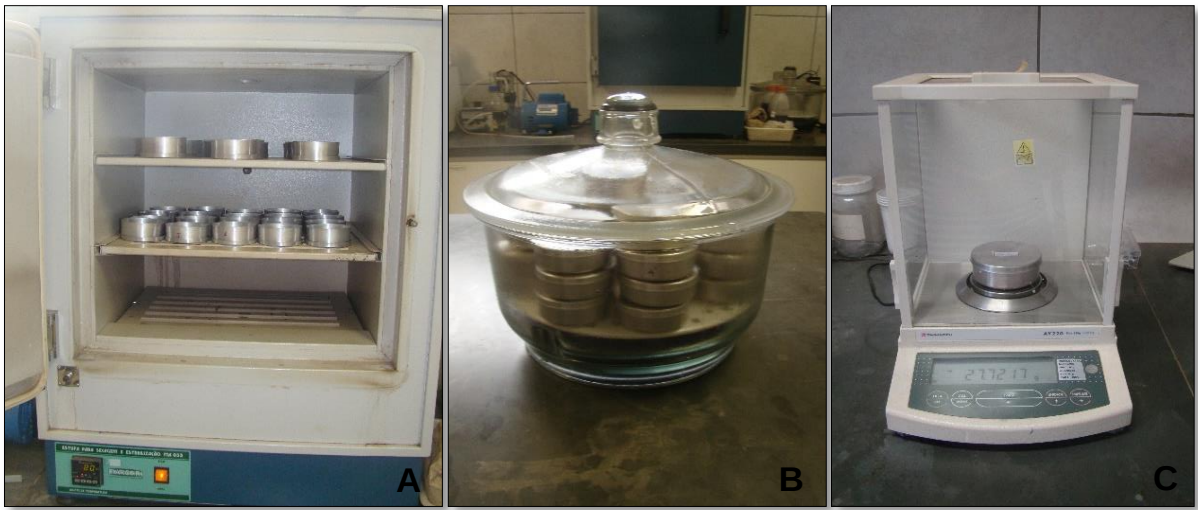

Figura 3. Estufa de ventilação forçada (A), dessecador (B), balança analítica de precisão (C). (Foto: Silva, P.C.C., 2017).

3.3 Experimento 1: Teste de Germinação

A caracterização do potencial fisiológico das sementes das diferentes árvores matrizes foi inicialmente realizada pelo teste de germinação em B.O.D. (*Biochemical Oxigen Demand*), na temperatura de 25 °C com fotoperíodo de 8 horas. Utilizou-se rolo de papel (RP) como substrato, previamente esterilizado em estufa a 105 ± 3 °C por 2 horas, posteriormente pesado em balança, e umedecido com água desionizada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado. Os rolos

foram acondicionados em sacos de plástico transparentes, para manutenção da umidade e evitar a perda de água por evaporação (BRASIL, 2013).

O teste de germinação foi conduzido em delineamento blocos casualizados, utilizando cinco repetições de 25 sementes para cada árvore matriz. O número de sementes germinadas (Figura 4) foi avaliado diariamente até o 21º dia após instalação do experimento, momento em que a germinação se estabilizou, tendo como critério de germinação a emissão da radícula com pelo menos 0,5 cm.

Ao final do teste foram determinadas as seguintes características:

3.3.1 Porcentagem de Germinação com Protusão de Radícula

Obtida pela relação entre o número de sementes germinadas e o número total de sementes postas para germinar em cada repetição, considerando-se como germinadas, as sementes que apresentavam a emissão da radícula com pelo menos 0,5 cm.

3.3.2 Porcentagem de Germinação com Plântulas Normais

Conduzido juntamente com o teste de germinação, correspondente à relação percentual entre o número de plântulas apresentando estruturas essenciais perfeitas (BRASIL, 2013) e o número de sementes postas para germinar.

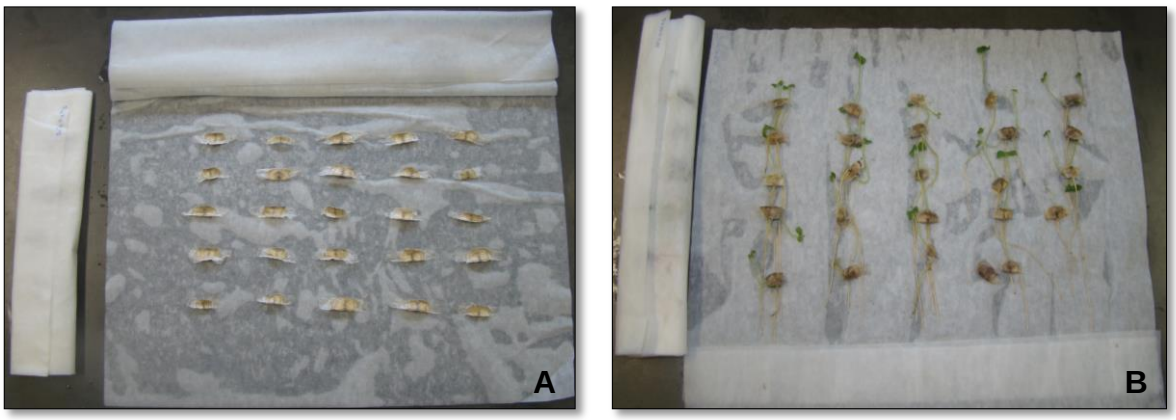

Figura 4. Instalação do teste de germinação das sementes de *Handroanthus serratifolius* em rolo de papel (A), teste avaliado aos 18 dias com plântulas de *Handroanthus serratifolius* (Foto: Silva, P.C.C., 2017).

3.3.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Obtido a partir de contagens diárias das sementes germinadas no teste de germinação, avaliadas no mesmo horário e, sendo determinado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962).

3.3.4 Valor Pico da Germinação

Obtido a partir do valor máximo da razão entre a porcentagem de germinação acumulada ao longo do tempo e número de dias necessário para se obtê-la (Czabator, 1962).

3.3.5 Índice de Incerteza (II)

O índice de incerteza, entropia informacional ou índice de sincronização da germinação, indica a uniformidade e organização da germinação. Esse índice foi obtido conforme a expressão de Labouriau (1983):

$$II = -\sum_{i=1}^{k} f_{i\cdot} \log_2 (f_i) \text{ sendo } f_i = \frac{ni}{\sum_{i=1}^{k} ni}$$

Onde:

fi: frequência relativa de germinação;
k: último dia da observação;
ni: número de sementes germinadas no dia *i*.

3.3.6 Comprimento e Massa Seca de Plântulas

Ao final do teste de germinação, nas plântulas normais, foram mensurados os comprimentos da parte aérea, compreendido do colo até a primeira folha, e da raiz principal, estendendo-se da coifa da raiz principal até o colo (zona de transição diferenciada pela coloração esbranquiçada), com auxílio de uma régua graduada, sendo os resultados expressos em cm plântula^{-1}. Após essas medições, raízes e parte

aérea foram separadas com auxílio de uma tesoura, sendo posteriormente acondicionadas separadamente em sacos de papel do tipo Kraft (Figura 5A) e levados à estufa com circulação de ar a 65 °C por 48 horas (Nakagawa, 1999). Após esse período, os sacos de papel foram retirados da estufa, colocados em dessecadores e pesados em balança analítica com precisão de 0,001 g (Figura 5B), expressando-se os resultados em g plântula^{-1}.

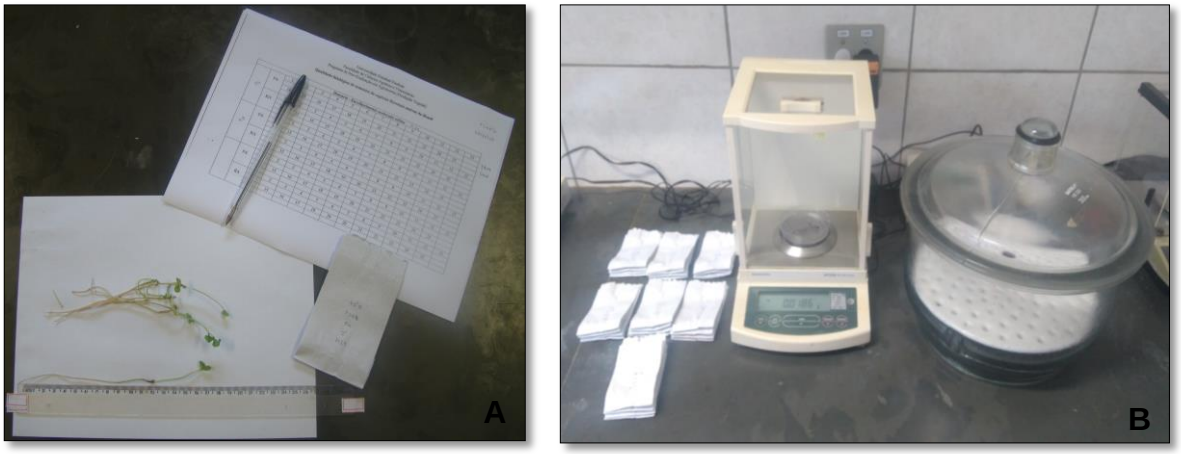

Figura 5. Determinação do comprimento (A) e massa seca (B) das plântulas de *Handroanthus serratifolius* obtidos das plântulas normais no teste de germinação de sementes. (Foto: Silva, P.C.C., 2017).

3.3.7 Análises Estatísticas

Inicialmente, os dados obtidos foram submetidos à análise diagnóstica de resíduos (Chatterjee e Hadi, 1986), utilizando os testes de normalidade (Royston, 1995), sob a hipótese nula de normalidade e homocedasticidade (Levene, 1961), por assumir normalidade dos dados, assim como a verificação da presença de valores discrepantes e/ou influentes com uso do *software* R (R Core Team, 2019). Os dados foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento de blocos ao acaso, seguidos de comparação de médias entre as árvores matrizes pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.4 Experimento 2: Teste de Condutividade Elétrica

O teste de condutividade elétrica foi realizado baseado no método citado por Vieira e Krzyzanowski (1999), com algumas adaptações, apresentadas a seguir. Inicialmente, as sementes foram pesadas (Figura 6A) em balança analítica (0,001 g) e posteriormente colocadas para embeber em 75 e 100 mL de água desionizada, em recipiente de plástico (180 mL) transparentes, nas temperaturas de 20 e 25 °C, por 24, 48, 72, 96 e 120 h (Figuras 6B e C). Foram utilizadas cinco repetições de 25 sementes por árvore matriz. Os recipientes contendo a água e as sementes foram cobertos com sacos de plástico transparente, visando impedir a evaporação da água da embebição.

Figura 6. Teste de condutividade elétrica das sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* amostradas no município de Jaboticabal, SP (A - pesagem de sementes, B - início do teste, C - final do teste, após 120 h de embebição). (Foto: Silva, P.C.C., 2017).

Transcorrido cada período de embebição (24, 48, 72, 96 e 120 h), procedeu-se à leitura da condutividade elétrica da solução, com um condutivímetro de bancada com constante 1,0. Os resultados das leituras foram divididos pelos respectivos valores de massa das amostras das sementes, sendo os resultados expressos em $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$. O teste de condutividade elétrica foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub-subdivididas. As parcelas foram compostas pelas duas temperaturas (20 e 25 °C), as subparcelas pelos dois volumes de água (75 ou 100 mL) e as 15 árvores matrizes e as sub-subparcelas pelos cinco períodos de embebição (24, 48, 72, 96 e 120 h). Os dados obtidos foram submetidos aos mesmos procedimentos estatísticos mencionados no item 3.3.7.

Como a interação entre período de embebição x temperatura x árvore matriz x volume de água de embebição foi significativa ($P \leq 0,05$), os graus de liberdade foram decompostos por análise de regressão polinomial até terceiro grau com o uso do *software* SISVAR (Ferreira, 2007), de forma a descrever o padrão de lixiviação das sementes de cada árvore matriz em função do período de embebição, para cada combinação temperatura-volume de embebição.

Para avaliar a eficiência do teste de condutividade elétrica e sua relação com a germinação das sementes de *Handroanthus serratifolius*, bem como visando-se estabelecer um protocolo padrão para a condução do teste de condutividade elétrica para a espécie, procedeu-se ao ajuste de regressão polinomial, até o terceiro grau, dos valores médios de germinação das sementes de todas as árvores matrizes em função dos valores de condutividade elétrica, para cada combinação temperatura-volume de embebição, para cada período de embebição. A equação escolhida correspondeu a de maior grau com significância estatística ($P \leq 0,05\%$). Essa análise foi realizada no *software* GENES (Cruz, 2001). Utilizou-se o software Microcal OriginPro 8.5 para construção dos gráficos de regressão.

Adicionalmente, e com base na melhor equação ajustada, estabeleceu-se intervalos dos valores de condutividade elétrica correspondentes a determinados intervalos de valores de germinação, considerando-se três classes de qualidade das sementes: Classe I – sementes de alta qualidade, com germinação maior ou igual a 80%; Classe II – sementes de média qualidade, com germinação entre 50 e 79% e, Classe III – sementes de baixa qualidade com germinação inferior a 50%.

3.5 Experimento 3: Teste de Frio

Esse teste usou sementes de 13 árvores matrizes, pois não havia sementes em quantidades suficientes, em duas das árvores selecionadas para os outros testes. Antes do teste de frio, determinou-se o teor de água das sementes pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se duas repetições de 20 sementes por árvore matriz, e os resultados expressos em porcentagem em base úmida. Como substrato usou-se rolo de papel, previamente esterilizado em estufa a 105 ± 3 °C por 2 horas, posteriormente pesado em balança, e umedecido com água desionizada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado. Os rolos foram acondicionados em sacos de plástico transparentes, para manutenção da umidade e acondicionados em câmara regulada a 10 °C por três dias.

Após esse período, os rolos foram colocados em germinador regulado à temperatura de 25 °C para o teste de germinação, que foi conduzido de forma semelhante ao descrito no item 3.3., exceto quanto à duração do teste, em que esse foi finalizado no 15º dia. Foram avaliadas a porcentagem de germinação e de plântulas normais e o índice de velocidade de germinação. O teste de frio foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, utilizando-se cinco repetições de 50 sementes para cada árvore matriz, em esquema fatorial 13 x 2 (13 matrizes e sementes submetidas ou não ao teste de frio). Os dados foram submetidos aos mesmos procedimentos estatísticos descritos no item 3.3.7. Após a análise de variância, procedeu-se à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, realizando-se os desdobramentos das interações significativas.

3.6 Experimento 4: Teste de Deterioração Controlada

Para esse teste também foram usadas sementes coletadas de 13 árvores, pois não havia sementes em quantidades suficientes, em duas das árvores selecionadas para os outros testes. Antes do teste de deterioração controlada, determinou-se o teor de água das sementes pelo método da estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se duas repetições de 20 sementes por árvore matriz, e os resultados expressos em porcentagem em base úmida. Após isto, os teores de água

das sementes foram elevados a 20%, pelo método da atmosfera úmida, no qual 25 sementes foram dispostas em única camada, colocadas sobre tela de alumínio, em caixas de plástico transparente com tampa (11 x 3,5 x 3,5 cm), contendo 40 mL de água desionizada em seu interior (Vieira e Krzyzanowski, 1999) e mantidas à temperatura de 25 °C.

Durante o umedecimento artificial, ocorreu o monitoramento do grau de umidade das sementes, por meio de pesagem sucessivas dessas amostras a cada 30 minutos até atingirem o teor de água desejado (20%). Após isso, as sementes foram acondicionadas em recipiente de vidro envolto com papel alumínio e mantidas a temperatura de 10 °C por uma noite para atingirem equilíbrio higroscópico. Em seguida esses recipientes foram mantidos em banho-maria a 45 °C por 24 horas e, posteriormente, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, avaliando-se a porcentagem de germinação e de plântulas normais e o índice de velocidade de germinação, conforme descrito anteriormente (item 3.3.).

O teste de deterioração controlada foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, utilizando-se cinco repetições de 25 sementes para cada árvore matriz, em esquema fatorial 13 x 2 (13 matrizes e sementes submetidas ou não à deterioração controlada). Inicialmente, os dados obtidos foram submetidos aos mesmos procedimentos estatísticos citados no item 3.3.7. Após a análise de variância, procedeu-se à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, realizando-se os desdobramentos das interações significativas.

3.7 Experimento 5: Teste de Envelhecimento Acelerado

Foram usadas sementes coletadas das mesmas 13 árvores matrizes usadas nos testes de frio e de deterioração controlada, pois não havia sementes em quantidades suficientes, em duas das árvores selecionadas para os outros testes. Amostras contendo cerca de 25 sementes foram dispostas em camada única sobre tela de alumínio, dentro de caixas de plástico transparente com tampa (11 x 3,5 x 3,5 cm), contendo 40 mL de água desionizada em seu interior (Figura 7), (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

As caixas tampadas foram mantidas em germinadores tipo B.O.D., regulados nas temperaturas de 42 e 45 °C, durante os períodos de 48, 72 e 96 h de envelhecimento. Antes e após cada período de envelhecimento foi determinado o teor de água das sementes pelo método da estufa a 105 ± 3 °C durante 24 horas (BRASIL, 2009), e em seguida realizado o teste de germinação, avaliando-se a porcentagem de germinação e de plântulas normais e o índice de velocidade de germinação, conforme descrito anteriormente (item 3.3.).

Figura 7. Instalação do teste de envelhecimento acelerado das sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* amostradas no município de Jaboticabal, SP. (Foto: Silva, P.C.C., 2018).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas sub-subdivididas. As parcelas foram compostas pelas temperaturas (42 e 45 °C), as subparcelas pelas matrizes (13), e as sub-subparcelas pelos períodos de embebição (48, 72 e 96 h), com cinco repetições de 25 sementes. Os dados obtidos foram submetidos aos mesmos procedimentos estatísticos citados no item 3.3.7, como análise diagnóstica de resíduos, testes de normalidade e homocedasticidade e a verificação de presenças de valores discrepantes e/ou influentes. Foi realizada a análise de variância, seguido de comparação de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, realizando-se os desdobramentos das interações significativas.

3.8 Análise Estatística Multivariada

Com o intuito de agrupar as matrizes mais similares e identificar os principais caracteres para a divergência genética entre as árvores matrizes, os dados médios por matriz obtidos das avaliações do teste de germinação (item 3.3), da condutividade elétrica com 48 h de embebição (item 3.4), e dos testes de frio (item 3.5), de deterioração controlada (item 3.6) e de envelhecimento acelerado nas temperaturas de 42 e 45 °C/72 h (item 3.7), a partir das 13 árvores matrizes comuns a esses experimentos, foram submetidos às análises de agrupamento, pelos métodos hierárquico de Ward e não hierárquico de *k-means* (k-médias), utilizando como medida de dissimilaridade a distância Euclidiana (Cruz et al., 2014), sendo que, esta foi calculada baseada na média padronizada de cada caráter avaliado por árvore matriz.

O ponto de corte do eixo horizontal do dendrograma obtido no método de Ward correspondeu à média das distâncias Euclidianas entre todos os pares de árvores matrizes para os caracteres avaliados. O número de grupos no método de *k-means* foi pré-definido mediante o número de grupos identificados no agrupamento de Ward. Também, estudou-se a divergência entre as árvores matrizes pela dispersão gráfica a partir da Análise de Componentes Principais (ACP) tendo-se por base a matriz de correlação entre os caracteres.

A importância das características no estudo da divergência genética entre as árvores matrizes na ACP foi determinada a partir dos coeficientes de correlação entre cada variável e o componente principal e dos coeficientes de ponderação associados a cada autovetor. Para este último caso, considerou-se como de menor importância as variáveis com maior coeficiente de ponderação, em valor absoluto, a partir do último componente principal até aquele cujo autovalor não excedesse 0,70 (Cruz et al., 2014). As análises de agrupamento pelos métodos de Ward e *k-means*, como também a de Componentes Principais foram realizadas utilizando o Software STATISTICA versão 7.0, com dados padronizados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: Teste de Germinação

O teor de água inicial das sementes provenientes das árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*, antes da instalação do teste de germinação, variou de 7,0 a 10,9% (Figura 8). Esta variação no teor de água entre as matrizes pode ter ocorrido, em decorrência, dos diferentes estádios de maturação de frutos e, ou sementes quando esses foram coletados. Para obtenção de resultados consistentes e padronização das condições de avaliações, torna-se imprescindível a uniformização do teor de água das sementes para a realização dos testes de vigor (Alves et al., 2012). Valdovinos (2016), verificou variação semelhante do teor de água em sementes de árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (7,0% a 13,0%), contudo, considerou-se que essa diferença não tenha interferido nos resultados dos testes de vigor realizados.

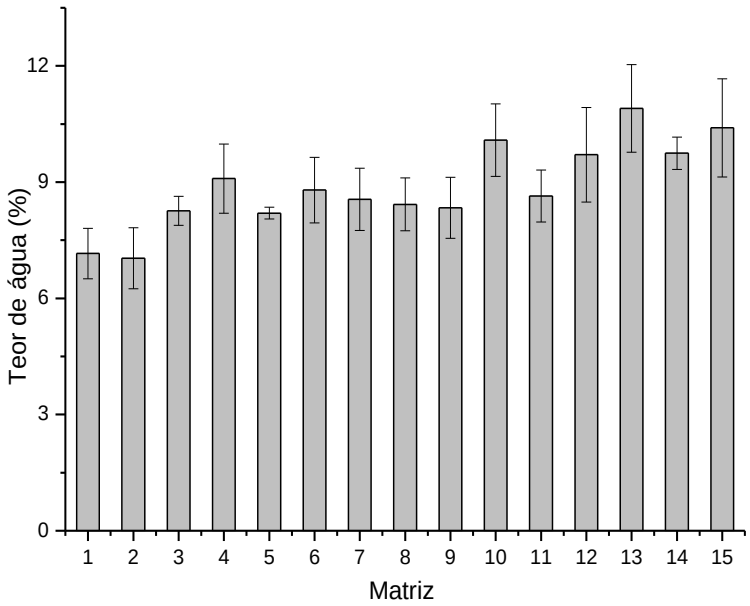

Figura 8. Teor de água (TA, %) de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* antes da instalação do teste de germinação.

A porcentagem de germinação entre as matrizes variou de 40 a 98%, sendo que 53% das matrizes (matrizes 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 12), apresentaram germinação

superior às demais, ao passo que a matriz 13, apresentou a menor germinação. O teste padrão de germinação resultou na separação das árvores matrizes em quatro grupos para a germinação, sendo que os grupos a e b apresentaram germinação maior ou igual a 81%, grupo c com germinação entre 50-80% e o grupo d com germinação menor ou igual a 40% (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de germinação (G, %) e de plântulas normais (PN, %), índice de velocidade de germinação (IVG), índice de incerteza (II) e valor pico da germinação (VP) de sementes oriundas de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose na temperatura de 25 °C.

Matriz	G (%)	PN (%)	IVG	II (Bits)	VP (% dia^{-1})
1	84 b	71 b	1,648 c	2,683 a	4,816 d
2	94 a	88 a	2,325 b	2,340 b	7,329 b
3	82 b	71 b	2,606 a	1,470 c	8,867 a
4	87 a	79 b	2,444 a	1,939 c	7,994 b
5	93 a	84 a	2,064 b	2,863 a	6,027 c
6	88 a	78 b	2,218 b	2,131 b	7,158 b
7	96 a	89 a	2,560 a	1,715 c	8,625 a
8	98 a	95 a	2,635 a	1,921 c	8,785 a
9	95 a	79 b	2,800 a	1,454 c	9,547 a
10	71 c	50 c	1,833 c	1,968 c	5,600 d
11	83 b	70 b	2,336 b	2,147 b	7,155 b
12	94 a	85 a	2,680 a	1,603 c	9,200 a
13	40 d	21 e	1,107 d	2,208 b	3,347 e
14	72 c	44 d	1,854 c	2,335 b	5,385 d
15	81 b	60 c	2,140 b	2,246 b	6,538 c

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O teste de germinação em laboratório é conduzido em condições favoráveis de temperatura e umidade, o que pode igualar a germinação entre lotes (neste caso, árvores matrizes) em termos de desempenho germinativo. Também, para lotes de sementes com germinação semelhantes, aqueles que apresentam maior teor de água, tendem a apresentar germinação mais rápida e uniforme (Marcos Filho, 1999; Oliveira et al., 2018).

Para porcentagem de plântulas normais (Tabela 1), 33% das matrizes (matrizes 2, 5, 7, 8 e 12) se destacaram com os maiores valores, diferentemente da germinação

em que esse percentual correspondeu a 53%. Essa redução ocorreu em função da formação de um grupo a mais de matrizes para PN, possibilitando maior discriminação destas comparativamente ao observado para germinação. Em ambas as características, contudo, a matriz 13 aparece como de desempenho inferior às demais e 33% das matrizes, como destacado acima apresentaram desempenho superior, podendo essas matrizes serem consideradas as de melhor qualidade pelo teste de germinação.

A formação de plântulas normais é um critério relevante em estudos de qualidade fisiológica de sementes, pois as exigências para que ocorra a protrusão da raiz primária não são, necessariamente, as mesmas para a formação de plântulas normais (Miranda e Ferraz, 1999). De acordo com esses autores, para a formação de cada parte das plantas há exigências específicas em termos de temperatura, água, de forma que matrizes ou mesmo lotes de sementes que têm maior germinação, maior IVG poderão não ser as mesmas que resultam em maiores estandes no campo, ou num viveiro de produção de mudas florestais.

A maior expressão do vigor, expressa pelo índice de velocidade de germinação (IVG), ocorreu em sementes provenientes de 40% das matrizes (matrizes 3, 4, 7, 8, 9 e 12), sendo essas as mais vigorosas de acordo com essa característica. A matriz 13, à semelhança do observado para porcentagem de germinação e de plântulas normais, foi a de menor IVG (Tabela 2). Maior IVG possibilita um rápido estabelecimento de plantas, mesmo em condições de estresse, como alta ou baixa temperatura (França Neto et al., 2011). As diferenças nos resultados obtidos para porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação ocorreram pela existência da variabilidade e diferença de qualidade fisiológica das sementes das matrizes, em função, provavelmente, de possíveis variações genéticas e, ou ambientais ocorridas durante o processo de produção de sementes.

Os menores valores do índice de incerteza (II), que correspondem a uma germinação mais organizada e uniforme, foram observados em 47% das matrizes (matrizes 3, 4, 7, 8, 9, 10 e 12). Dessas, apenas a matriz 10 não está entre as de melhor desempenho para porcentagem de germinação e de plântulas normais ou IVG (Tabela 1). Por outro lado, as matrizes 1 e 5 apresentaram os maiores valores de

índice de incerteza, não obstante apresentarem altos valores de porcentagem de germinação e de plântulas normais e IVG.

De fato, o índice de incerteza está relacionado à uniformidade do processo germinativo, independentemente da porcentagem de germinação obtida (Santana et al., 2010; Santana e Ranal, 2004). Isto indica que há matrizes com alta porcentagem de germinação, mas com distribuição irregular desta no tempo, ao passo que há matrizes com baixa germinação, porém concentrada ou regularmente distribuída num determinado intervalo de tempo.

Os maiores valores pico de germinação (VP), foram observados em 33% das matrizes (matrizes 3, 7, 8, 9 e 12), e a matriz 13 apresentou o menor valor (Tabela 1). Estes resultados indicam que, o valor pico foi ligeiramente mais sensível para avaliar a qualidade das sementes das diferentes matrizes do que a germinação, IVG e índice de incerteza (II), resultando em maior número de grupo que estes três caracteres, mas sem alterações expressivas em relação aos mesmos.

Na literatura são encontrados estudos avaliando o pico de germinação de sementes provenientes de diferentes árvores matrizes, como para *Albizia hassleri* (Chod.) Burkart. (Gonzales, 2007), *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) StandI. (Santos et al., 2009) e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (Valdovinos, 2016). Em todos esses estudos, observou-se boa correspondência entre os resultados do VP com os de germinação, IVG e plântulas normais.

Para o desempenho de plântulas, avaliado pelo comprimento de parte aérea (CPA) e da raiz primária (CRA), constatou-se que a matriz 3 apresentou maior CPA e 33% das matrizes (matrizes 3, 7, 8, 9 e 12) se destacaram com os maiores valores de CRA (Tabela 2). Os menores valores de comprimento de plântulas, foram registrados na matriz 13, indicando a baixa qualidade fisiológica das sementes provenientes dessa matriz.

Houve maior diferenciação das matrizes quanto ao comprimento da parte aérea do que do sistema radicular, em que para o primeiro houve a formação de cinco grupos de matrizes e para o último, a formação de quatro grupos. O desempenho de plântulas, avaliado pelo comprimento ou massa de matéria seca de partes ou de toda a plântula, é usado para diferenciar lotes de sementes com germinação semelhantes,

e os lotes em que forem constatados os maiores valores médios são considerados como os mais vigorosos (Oliveira et al., 2009).

Tabela 2. Comprimento de parte aérea (CPA) e de raízes (CRA), massa seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSRA) das plântulas oriundas de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* na temperatura de 25 °C.

Matriz	CPA (cm plântula^{-1})	CRA (cm plântula^{-1})	MSPA (g plântula^{-1})	MSRA (g plântula^{-1})
1	3,501 e	7,723 b	0,0089 b	0,0097 b
2	5,566 b	7,695 b	0,0101 b	0,0077 c
3	6,896 a	8,440 a	0,0142 a	0,0120 a
4	4,947 c	7,348 b	0,0093 b	0,0092 b
5	5,333 c	8,061 b	0,0115 a	0,0102 b
6	4,439 c	7,336 b	0,0063 c	0,0063 c
7	5,780 b	9,006 a	0,0120 a	0,0104 b
8	5,915 b	8,435 a	0,0117 a	0,0121 a
9	4,575 d	9,131 a	0,0087 b	0,0090 b
10	3,315 e	5,229 c	0,0036 d	0,0017 d
11	3,576 d	5,525 c	0,0069 c	0,0066 c
12	4,103 d	9,053 a	0,0083 b	0,0077 c
13	3,076 e	3,277 d	0,0033 d	0,0014 d
14	3,345 e	5,281 c	0,0030 d	0,0028 d
15	3,048 e	4,147 d	0,0011 d	0,0008 d

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O desempenho de plântulas, avaliado pela massa de matéria seca, apontou que 27% das matrizes (matrizes 3, 5, 7 e 8) se destacaram com maiores valores de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA, Tabela 2), já os maiores valores de massa seca de raízes (MSRA, Tabela 2), foram constatados nas matrizes 3 e 8. A separação das matrizes, em termos de número de grupos, foi semelhante, ao se considerar a massa seca da parte aérea e do sistema radicular, ambas com a formação de quatro grupos. Contudo, a composição dos grupos foi alterada, em que algumas matrizes migraram para grupos de qualidade imediatamente inferior, ao se comparar os grupos de MSPA e MSRA, embora as matrizes constituintes do grupo “d”, caracterizado como de qualidade inferior, são as mesmas em ambas as características.

Os resultados obtidos para o comprimento e massa seca do sistema radicular contrastam, em parte, com aqueles observados para germinação e plântulas normais, indicando que os testes de desempenho de plântulas não foram adequados comparar a qualidade de sementes de árvores matrizes com porcentagem de germinação e, ou de plântulas normais distintas. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de a queda na germinação ser a última etapa no processo de deterioração de sementes.

Na fase de geminação, há um momento em que observa-se maior transferência de massa seca dos tecidos de reserva das sementes para o eixo embrionário, consequentemente, as plântulas apresentarão maior massa proveniente do maior acúmulo de matéria, ressaltando que este processo será mais intenso a partir de sementes vigorosas (Nakagawa, 1999; Oliveira et al., 2009). Os resultados aqui obtidos evidenciam a existência de variabilidade entre as árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* para os caracteres de qualidade fisiológica de sementes a partir do teste padrão de germinação, corroborando com os resultados obtidos para *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) StandI. (Santos et al., 2009) e *H. heptaphyllus* (Vell.) Mattos (Valdovinos, 2016).

4.2 Experimento 2: Teste de Condutividade Elétrica

O teor de água das sementes, antes da realização do teste de condutividade elétrica, variou de 8,2% a 11,6% entre as árvores matrizes, fato que pode ser devido à presença de frutos com diferentes estádios de maturação entre as mesmas. De fato, as espécies florestais apresentam maturação irregular de frutos e sementes, numa mesma espécie, entre locais e entre e dentro de plantas matrizes (Corrêa et al., 2008) e os resultados aqui obtidos estão de acordo com os obtidos com sementes de outras espécies arbóreas como em *Albizia haslerrii* Chodat Burkart. (Gonzales et al., 2009) e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex. A.DC.) Standl. (Santos et al., 2009).

A interação período de embebição x temperatura x árvore matriz x volume de água de embebição foi significativa no teste de condutividade elétrica. De uma forma geral, maiores valores de condutividade elétrica ocorreram na temperatura mais elevada (25 ^{o}C), com exceção das matrizes 6 e 12, e no menor volume de água de

embebição (75 mL), sendo que as diferenças na lixiviação aumentaram com o período de embebição (Figura 9).

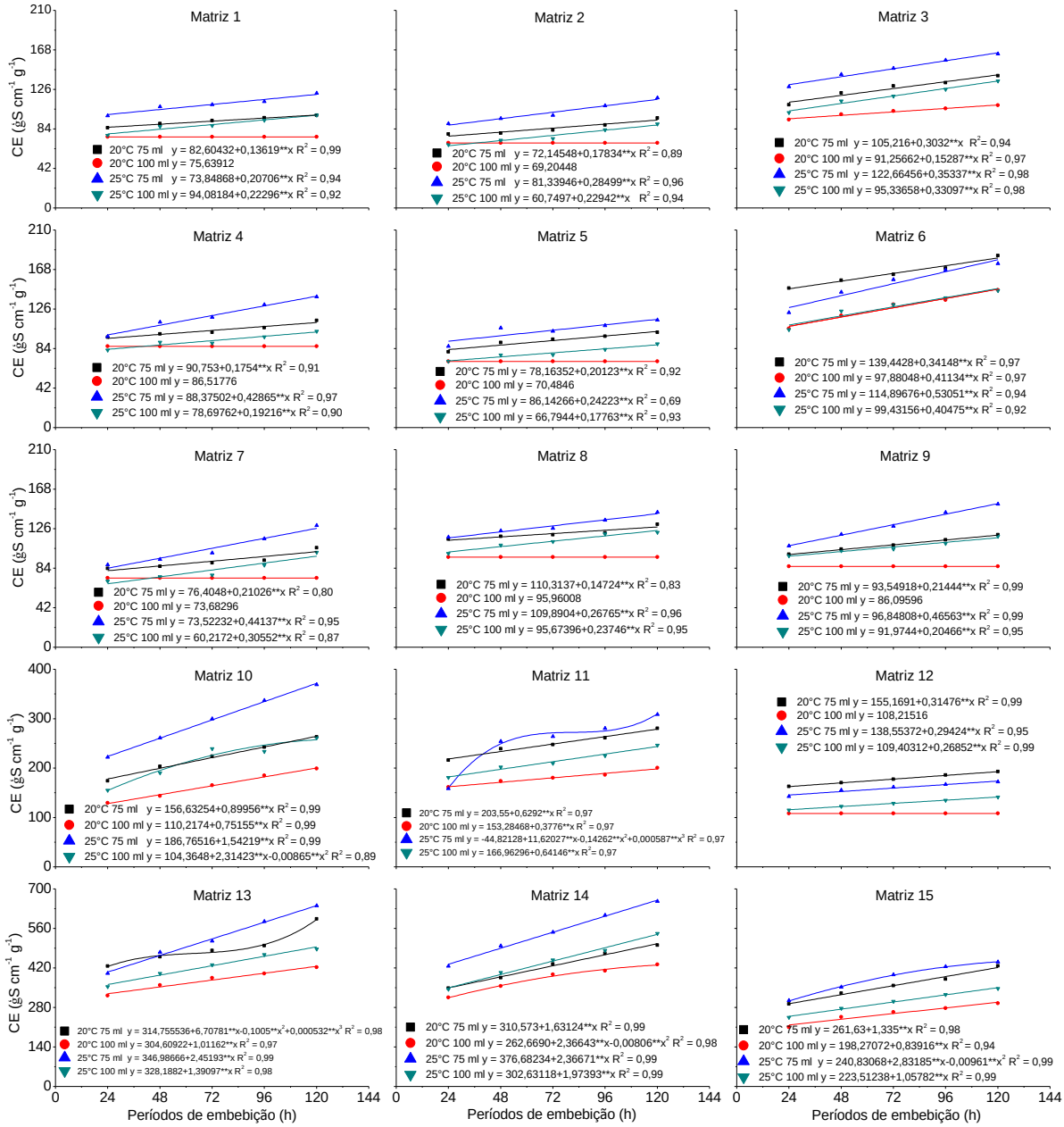

Figura 9. Condutividade elétrica (CE, µS cm^{-1} g^{-1}) de sementes de diferentes árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* embebidas por diferentes períodos em 75 e 100 mL de água desionizada, nas temperaturas de 20 e 25 ºC.

De fato, a temperatura é um dos fatores que afeta o padrão de lixiviação de exsudados, sendo que em temperaturas mais elevadas, há maior quantidade e velocidade de perda de lixiviados (Zucareli et al., 2011). Porém, de acordo com esses

autores, essas alterações não são seguidas de mudanças na classificação dos lotes de sementes. Da mesma forma, para diferentes espécies arbóreas, maiores diferenças na condutividade elétrica foram constatadas à medida em que aumentava o período de embebição das sementes (Abdo e Paula, 2017; Flávio e Paula, 2010; Gonzales et al., 2009).

Constatou-se que 20% das matrizes (matrizes 13, 14 e 15) apresentaram maior liberação de eletrólitos, independentemente do período de embebição (Figura 9), portanto, indicam menor integridade do sistema de membranas celulares ou menor capacidade para restabelecer esse sistema de membranas. Por outro lado, as sementes de 60% das matrizes (matrizes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9) apresentaram menores valores de condutividade elétrica na água de embebição, podendo ser consideradas mais vigorosas; e 20% das matrizes (matrizes 10, 11 e 12) apresentou valores intermediários de condutividade elétrica.

A 25 °C, 80% das matrizes (matrizes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13 e 14) apresentaram padrão linear de exsudação de eletrólitos nos dois volumes de embebição; 7% (matriz 10), em 100 mL, e 7% (matriz 15), em 75 mL, apresentaram comportamento quadrático e 7% (matriz 11) no volume de 75 mL apresentou padrão cúbico de lixiviação ao longo dos períodos de avaliação (Figura 9). A 20 °C, a lixiviação de eletrólitos das sementes seguiu padrão linear nos dois volumes de embebição, com exceção da matriz 13 cujo padrão foi cúbico a 75 mL e da matriz 14 com padrão quadrático a 100 mL. Para 53% das árvores matrizes (matrizes 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 e 12), no volume de 100 mL, não houve ajuste de equação polinomial, provavelmente pela pequena variação dos valores de condutividade elétrica entre os períodos de embebição das sementes.

Alta liberação de lixiviados em maiores períodos de embebição pode ser explicada pela desestruturação e perda da integridade das membranas celulares (Barbieri, 2011; Carvalho, 1994) e pode, também, estar relacionada à evaporação da água, o que aumenta a concentração de lixiviados na solução de embebição. Contudo, é pouco provável que isto tenha ocorrido, posto que os copos com a solução de embebição das sementes foram envoltos com sacos de plástico para evitar essa perda de água. Outrossim, aumentos nos valores de condutividade elétrica podem ser resultantes da associação de elevada temperatura e longo período de embebição, que

resultam em mudanças na conformação dos fosfolipídeos presentes nas membranas celulares (Ataíde et al., 2016).

Os menores valores de condutividade elétrica foram obtidos, em geral, no maior volume de embebição na temperatura mais baixa, ou seja, com a embebição das sementes em 100 mL a 20 ºC, com exceção de 7% (matriz 6), cujos valores foram muito próximos aos da maior temperatura (25 ºC) nesse mesmo volume (Figura 9). Os maiores valores da condutividade no menor volume (75 mL), independentemente da temperatura, decorrem da maior concentração de lixiviados na solução.

Resultados semelhantes foram verificados para outras espécies arbóreas como em *Schinus molle* L. (Delazeri et al., 2016) e *Solanum sessiliflorum* Dunal (Pereira e Martins Filho, 2012). Em busca de melhor padronização de métodos, torna-se de grande importância estudos referentes ao volume de água para embebição das sementes nos testes de condutividade elétrica (Pereira e Martins Filho, 2012). Isto, de fato, é importante, notadamente quando se usa apenas uma temperatura para incubação das sementes.

Em 53% das árvores matrizes (matrizes 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10 e 14) observou-se semelhança nos valores de condutividade elétrica, proporcionada pela combinação menor temperatura-menor volume de embebição (20 °C/75 mL) com maior temperatura-maior volume de embebição das sementes (25 °C/100 mL), notadamente no maior período de embebição. Isto indica que variações na combinação temperatura/volume de embebição poderão proporcionar padrão semelhante de lixiviação de eletrólitos, ou seja, a redução na velocidade de lixiviação proporcionada por temperaturas mais baixas poderá ser compensada pela maior concentração de eletrólitos, observada no menor volume de água de embebição das sementes.

Considerando-se apenas o volume e o período de embebição, os resultados aqui obtidos são concordantes com os encontrados para *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (Flávio e Paula, 2010), ou seja, maiores valores de condutividade elétrica foram observados com a utilização de menores volumes de água e maior tempo de embebição das sementes. Um teste de vigor para ser considerado adequado para avaliação da qualidade fisiológica de sementes deve, preferencialmente, apontar diferenças não detectadas pelo teste de germinação, ou pelo menos, proporcionar a mesma discriminação desse teste que, em geral, é usado como referência. Dessa

forma, buscou-se avaliar se o teste de condutividade elétrica pode ser usado como preditor da germinação de sementes de diferentes árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* (Figuras 10 e 11).

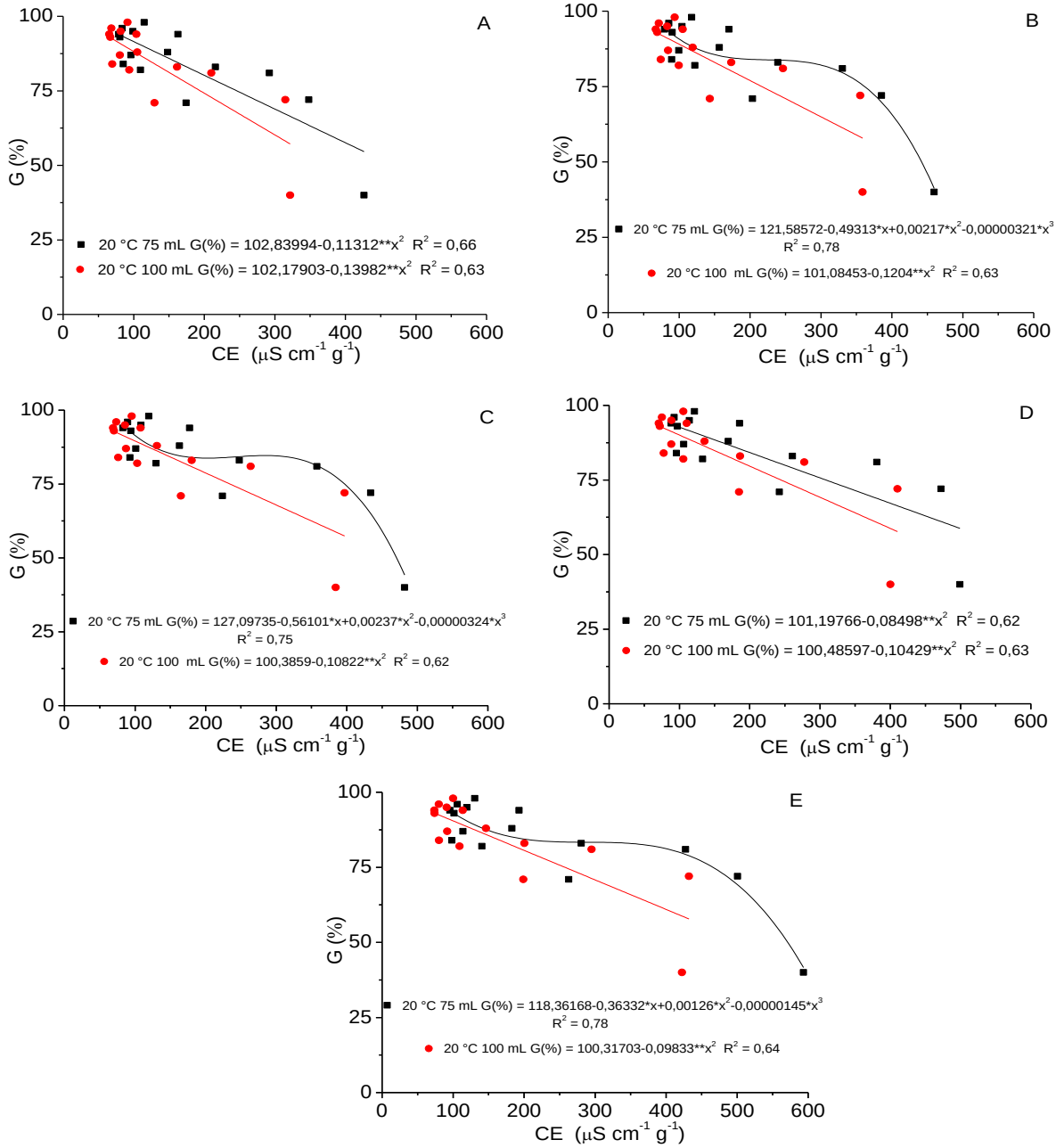

Figura 10. Porcentagem de germinação (G, %) de sementes de *Handroanthus serratifolius* provenientes de diferentes árvores matrizes em função dos valores de condutividade elétrica em diferentes períodos de embebição (A - 24 h, B - 48 h, C - 72 h, D - 96 h, E - 120 h) em 75 e 100 mL de água a 20 °C.

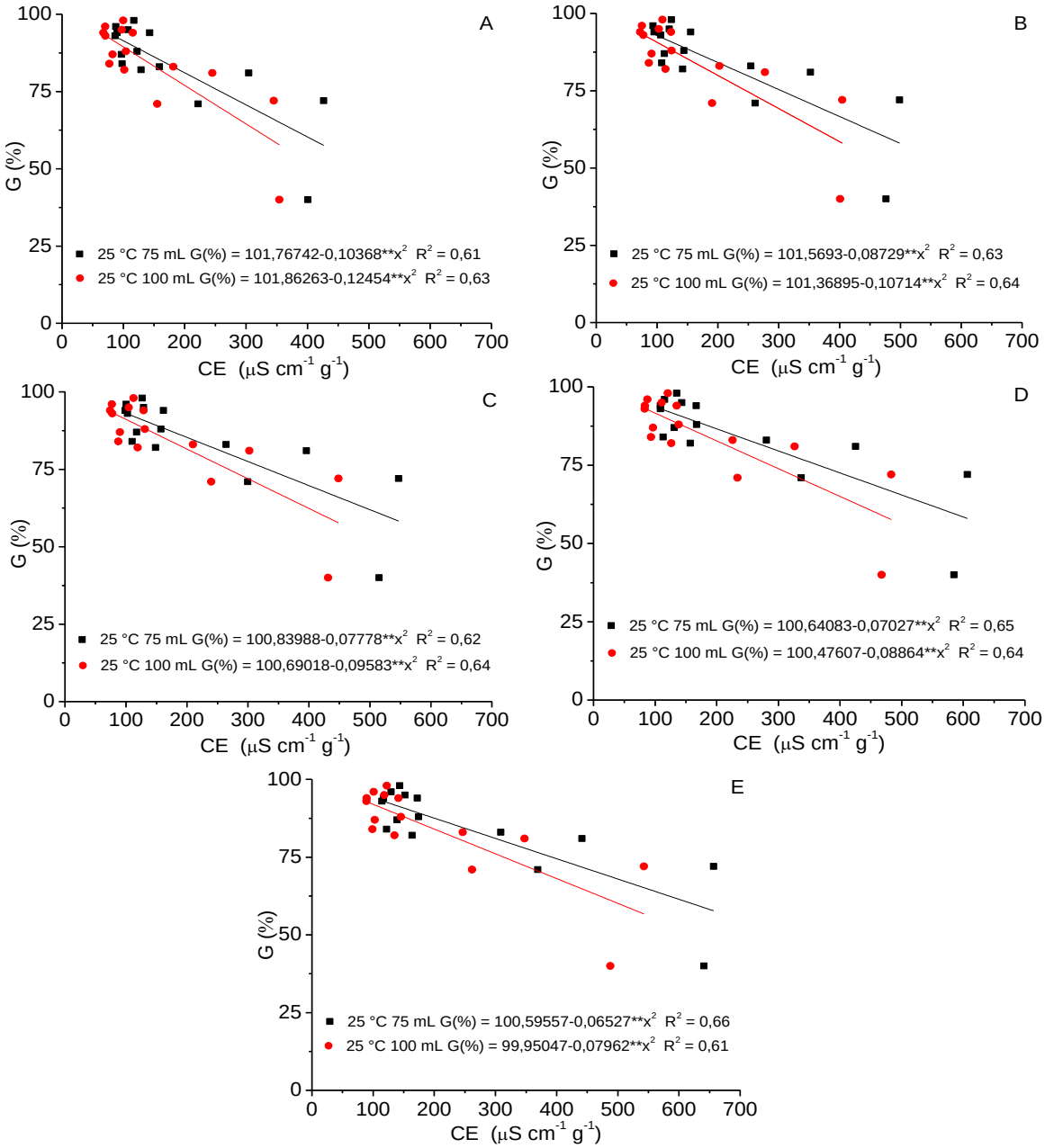

Figura 11. Porcentagem de germinação (G, %) de sementes de *Handroanthus serratifolius* provenientes de diferentes árvores matrizes em função dos valores de condutividade elétrica em diferentes períodos de embebição (A - 24 h, B - 48 h, C - 72 h, D - 96 h, E - 120 h) em 75 e 100 mL de água a 25 °C.

Os melhores ajustes das equações de regressão da porcentagem de germinação (G%) em função dos valores de condutividade elétrica foram obtidos a 20 ºC/75 mL de embebição, conforme pode ser observado pelas maiores estimativas de coeficiente de determinação (R^2). Nesta situação, o R^2 variou de 0,62 a 0,78, ao passo que nas demais combinações de temperatura e volume de embebição, as estimativas

de R^2 variaram de 0,62 a 0,64 para 20 ºC/100 mL, de 0,61 a 0,66 para 25 ºC/75 mL e de 0,61 a 0,64 a 25 ºC/100 mL (Figuras 10 e 11).

Quando as sementes foram embebidas em 75 mL de água na temperatura de 20 ºC, além de ter-se observado maiores valores de R^2 observou-se, também, o ajuste de equações de diferentes graus (linear simples e cúbica) ao passo que nas demais situações houve o ajuste apenas de equação linear simples. É pouco provável que a relação entre germinação e condutividade elétrica seja linear, de forma que a temperatura de 20 ºC combinada com o volume de embebição de 75 mL, seja a mais adequada para o desenvolvimento do teste de condutividade elétrica para sementes de *Handroanthus serratifolius* (Figura 10).

Assim, considerando a melhor condição para conduzir o teste de condutividade elétrica (20 °C/75 mL), os períodos de 48 e 120 horas de embebição proporcionaram maiores estimativas de R^2 (0,78), mas sem grandes diferenças no ajuste em relação ao período de 72 h de embebição. Dessa forma pode-se recomendar que o teste de condutividade elétrica para sementes de *Handroanthus serratifolius* seja conduzido a 20 ºC, com 25 sementes embebidas em 75 mL de água desionizada por 48 h de embebição (Figura 10B), por proporcionar uma avaliação mais rápida que nos demais períodos e com a mesma precisão.

A partir dessa recomendação, pode-se observar na Tabela 3 os valores de condutividade elétrica associados às três classes de qualidade de sementes de *Handroanthus serratifolius.*

Tabela 3. Intervalos de valores de condutividade elétrica (CE) correspondentes a determinados intervalos de valores de germinação (%) das sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*, no volume de 75 mL embebição a 20 °C, por 48 h.

CE (µS cm^{-1} g^{-1})*	Germinação (%)	Classificação das sementes
< 320	> 81	Alta qualidade
320 – 440	50 – 80	Média qualidade
> 440	< 50	Baixa qualidade

*Valores obtidos a partir da regressão ajustada, conforme Figura 10B.

Diante disso, 80% das matrizes seriam classificadas como de alta qualidade, 13% das matrizes, como de qualidade intermediária e 7%, de qualidade inferior. Esses

resultados podem ser usados em futuros trabalhos para balizamento da qualidade de sementes da espécie.

Na literatura pode-se encontrar estudos com espécies florestais, constatando a eficiência do teste de condutividade elétrica para determinação da qualidade fisiológica de sementes, como em *Dictyoloma vandellianum* A. Juss. (Flávio e Paula, 2010) e *Solanum sessiliflorum* Dunal (Pereira e Martins Filho, 2012). Todavia, para outras espécies florestais este teste não mostrou-se adequado para determinar a qualidade fisiológica das sementes como observado para *Albizia hassleri* Chodat Burkart. (Gonzales et al., 2009).

Um fator que pode ter influenciado nos resultados do teste de condutividade elétrica das sementes de diferentes matrizes é a variabilidade genética, por exemplo, quanto à composição química e, consequentemente, da solução de embebição das sementes. O vigor das sementes foi reduzido à medida que aumentava a concentração de cálcio, magnésio e potássio na solução de embebição de lotes de sementes, sendo o potássio o principal íon lixiviado (Fessel et al., 2010). A variabilidade genética entre plantas matrizes é, também, apontado como um dos possíveis fatores de não correspondência entre resultados do teste de condutividade elétrica e de germinação para sementes de espécies florestais (Bonner, 1998).

No entanto, aqui, apesar da variabilidade genética entre as árvores matrizes, pode-se considerar que o teste de condutividade elétrica foi eficiente em detectar diferenças consistentes entre as matrizes de *Handroanthus serratifolius* em função do padrão de germinação. Algumas árvores matrizes não seguiram a tendência de padrão de lixiviação compatível com os resultados do teste de germinação, a exemplo da matriz 15 que, apesar de boa germinação, apresentou alta lixiviação de eletrólitos e da matriz 10, com resultados opostos ao observado para a matriz 15 (Tabela 4). Por outro lado, o teste foi eficiente em identificar, em todas as combinações de temperatura-volume-período de embebição, que a matriz 13 apresentou sementes de qualidade inferior.

Tabela 4. Valores médios de germinação (G%), condutividade elétrica (CE, μS cm^{-1} g^{-1}) e massa (g) de 25 sementes de cada árvore matriz de *Handroanthus serratifolius*.

Matriz	Germinação[1]	CE[1,2]	Massa de 25 sementes
1	84 b	89,61 a	1,693
2	94 a	79,57 a	1,615
3	82 b	122,18 c	1,197
4	87 a	99,57 a	1,217
5	93 a	90,34 a	1,699
6	88 a	156,62 d	1,223
7	96 a	85,49 a	1,457
8	98 a	117,74 c	1,958
9	95 a	104,16 b	1,144
10	71 c	203,48 e	0,896
11	83 b	239,20 f	0,936
12	94 a	170,31 d	0,934
13	40 d	459,65 i	0,572
14	72 c	385,38 h	0,860
15	81 b	330,32 g	0,701

[1] – Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. [2] – condutividade elétrica da solução de embebição das sementes a 20 °C, em 75 mL de água após 48 h.

Deve-se destacar que no teste de germinação, as sementes são submetidas às condições consideradas ótimas; porém, no teste de condutividade elétrica a submersão das sementes diretamente em água pode ser um fator estressante e assim, sementes de diferentes lotes (ou árvores matrizes) podem ter reações distintas e algumas apresentarem danos à integridade das membranas celulares pela embebição rápida (Marcos Filho et al., 1990). Outro aspecto que pode ter influenciado, em parte, os resultados do teste de condutividade elétrica pode ter sido a massa de sementes que foi bastante variável entre as árvores matrizes (Tabela 4), apesar da condutividade elétrica ser expressa após a divisão da leitura da condutividade elétrica pela respectiva massa de sementes postas para embeber, minimizando, porém não eliminando, essa possível interferência.

O teste de condutividade elétrica tem como características a facilidade de avaliação, rapidez e reprodutibilidade de resultados. As equações de regressão da germinação em função da condutividade elétrica, permitem-nos recomendar esse teste para avaliar a qualidade fisiológica de sementes das árvores matrizes de

Handroanthus serratifolius. Também, o mesmo pode ser útil no estudo da variabilidade e divergência genética entre plantas matrizes da espécie.

4.3 Experimento 3: Teste de Frio

Os teores de água antes da realização dos testes de germinação e frio variaram de 6,9% a 10,3% (Figura 12) entre as sementes das árvores matrizes. Em sementes de *Moringa oleifera* Lam. os teores de água antes dos testes de germinação e frio variaram de 7,32 e 8,53%, não sendo constatada influência desses teores de água na alta qualidade dos lotes avaliados (Medeiros et al., 2019).

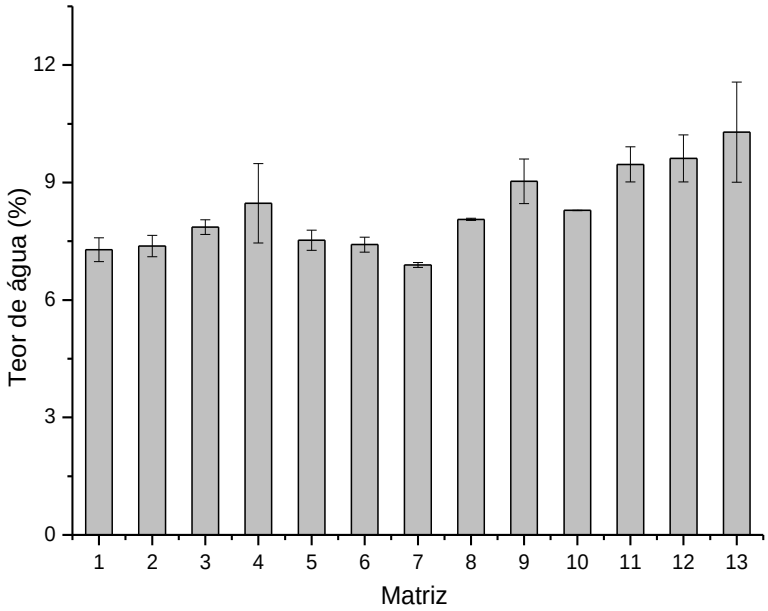

Figura 12. Teor de água (TA%) de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* antes da realização do teste de frio.

A interação matrizes x teste de frio (submetidas ou não ao TF) foi significativa ($p \leq 0,05$) para todas as características avaliadas. A germinação entre as matrizes variou de 40 a 98% para sementes não submetidas ao teste de frio e de 15 a 95% quando submetidas a esse teste, portanto, observa-se que a maioria das matrizes apresenta sementes vigorosas, com alta viabilidade (Figura 13).

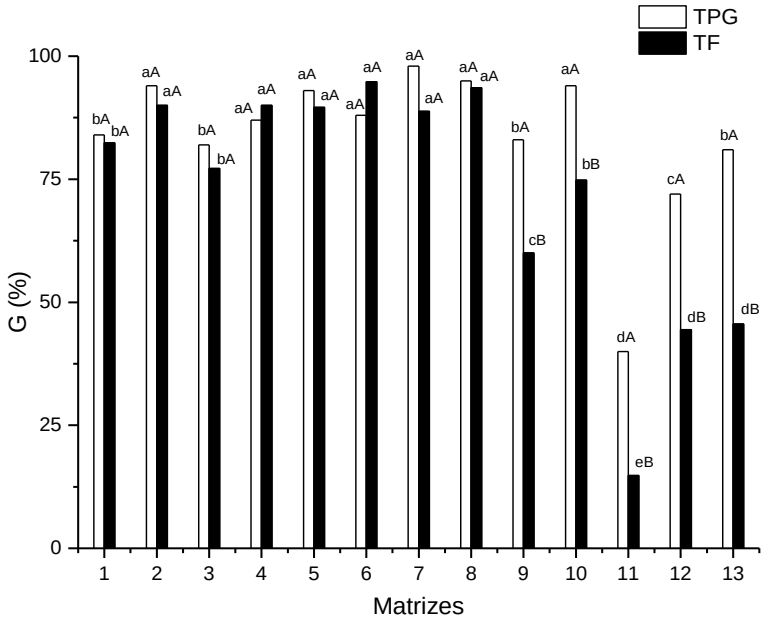

Figura 13. Porcentagem de germinação (G, %) de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de frio (TF) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os resultados do teste de frio com o do teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.

As maiores porcentagens de germinação foram verificadas em sementes provenientes de 54% das matrizes (matrizes 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 10) não submetidas ao teste de frio, já a menor porcentagem de germinação foi constatada na matriz 11, o que representa 8% das matrizes avaliadas. As árvores matrizes de 1 a 8, que correspondem a 62% das matrizes, não apresentaram diferenças significativas na porcentagem de germinação, quando submetidas ou não ao teste de frio. Contudo, o teste de frio resultou na separação das matrizes em cinco grupos, em comparação aos quatro grupos formados no teste padrão de germinação (Figura 13). Ou seja, este teste, proporcionou maior discriminação das matrizes, o que é esperado de um teste de vigor, qual seja, a sensibilidade para discriminar matrizes com germinação semelhante.

Para as sementes submetidas ao teste de frio, 46% das matrizes (matrizes 2, 4, 5, 6, 7 e 8) apresentaram as maiores porcentagens de germinação e 8% (matriz 11) apresentou desempenho inferior, seguida de 15% das matrizes (matrizes 12 e 13). A baixa germinação das sementes de 23% nas matrizes (11, 12 e 13) pode ser explicada

pela alta incidência fúngica quando submetidas ao teste de frio. Esse promoveu redução na porcentagem de germinação em 38% das matrizes (matrizes 9, 10, 11, 12 e 13) sendo que dessas, apenas a matriz 10 (8%) estava entre as de maior porcentagem de germinação para as sementes não submetidas ao teste de frio (Figura 13).

Em lotes de sementes de *Moringa oleifera* L. (Medeiros, 2015) e Mendes et al. (2010) em lotes de sementes de *Ricinus communis* L., observaram menores percentuais de germinação após o teste de frio, pelo fato deste ser conduzido em condições estressantes. Em sementes de *Mimosa caesalpiniifolia* Benth. o percentual médio germinativo das sementes no teste padrão de germinação foi 46%, e quando submetidas ao teste de frio, foi 24% (Miranda, 2018).

As matrizes 2 e 7, que correspondem a 15% das matrizes, apresentaram as maiores porcentagens de formação de plântulas normais quando não submetidas ao teste de frio, já as matrizes 11 e 12, apresentaram desempenho inferior. Nas sementes submetidas ao teste de frio formaram-se seis grupos e nas não submetidas a este teste cinco grupos. Esse pequeno aumento de grupos pode ter ocorrido pelo fato do frio ter sido um fator estressante para formação de plântulas normais, ou seja, o período de frio em que as sementes foram submetidas (72 h) a 10 ºC, promoveu pequeno aumento na discriminação das matrizes em níveis de vigor, consequentemente, a redução da porcentagem de plântulas normais nas matrizes, provavelmente, é decorrente do período que as sementes dessas matrizes foram expostas ao frio e a umidade (Oliveira et al., 2015).

Quando submetidas ao teste de frio, 23% das matrizes (matrizes 4, 5 e 6) apresentaram as maiores porcentagens de plântulas normais e 8% (matriz 11) a menor. As matrizes 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 12 e 13, ou seja 62% das matrizes, apresentaram redução significativa na germinação após serem submetidas ao teste de frio, ao passo que a matriz 6 apresentou aumento nessa característica após o teste (Figura 14).

Assim como observado para a porcentagem de germinação, a formação de plântulas normais foi, em geral, maior nas sementes não submetidas ao teste de frio, variando de 21 a 95%, ao passo que após o teste de frio, a variação foi de 8 a 90% (Figura 14). Maiores porcentagens de plântulas normais no teste padrão de

germinação em comparação ao teste de frio ocorrem, em geral, porque no teste de frio as sementes são submetidas a uma condição de estresse anteriormente à realização do teste de germinação (Soares et al., 2010).

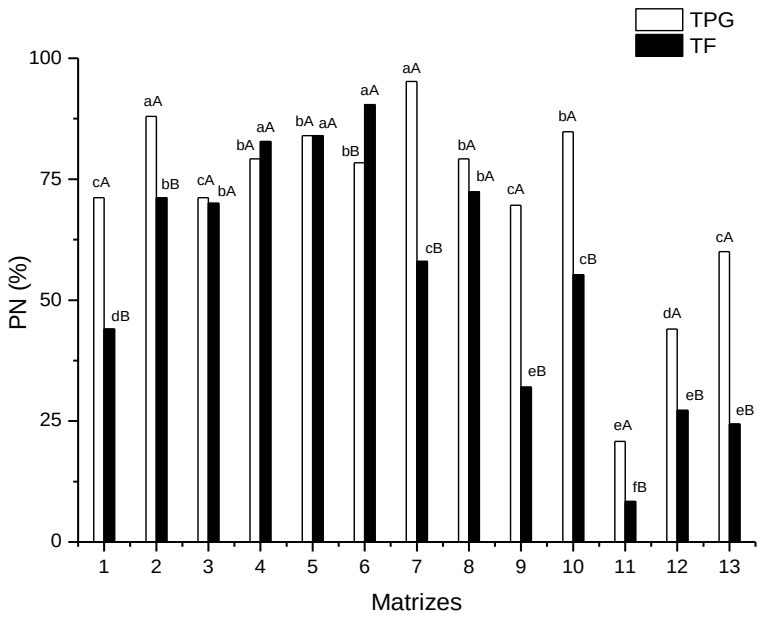

Figura 14. Porcentagem de plântulas normais (PN, %) oriundas de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de frio (TF) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os resultados do teste de frio com o do teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.

Avaliando lotes de sementes de *Oryza sativa* L., Lorentz e Nunes (2013) observaram redução das porcentagens de germinação (mínima e média) após o teste de frio. Para sementes de *Moringa oleifera* Lam., a porcentagem de plântulas normais entre os lotes estudados variou de 60 a 97% no teste de frio, sendo os lotes mais vigorosos aqueles que apresentaram melhores desempenhos sob baixa temperatura (Medeiros et al., 2019).

Miguel et al. (2001), estudando lotes de sementes de *Gossypium hirsutum* L., observaram que a porcentagem de germinação no teste de frio por 3 dias e em rolo de papel sem terra, ou seja, as mesmas condições avaliadas nesta pesquisa, variou de 38 a 74%, já no teste de germinação, variou de 63 a 88%. Caracterizando a qualidade de lotes de sementes de *Sorghum bicolor* (L.) Moench, Soares et al. (2010),

verificaram que a porcentagem de plântulas normais no teste de frio sem terra variou de 44 a 88%, no entanto, no teste padrão de germinação, a germinação variou de 74 a 95%.

Os maiores valores de índice de velocidade de germinação foram observados em 85% das matrizes (matrizes de 2 a 10, 12 e 13) quando as sementes foram submetidas ao teste padrão de germinação, e 8% (matriz 11) apresentou desempenho inferior. No teste padrão de germinação as 13 árvores matrizes foram divididas em três grupos ao passo que, após serem submetidas ao frio houve a formação de sete grupos para o IVG, ou seja, este teste proporcionou maior discriminação das árvores matrizes. Quando submetidas ao teste de frio, 31% das matrizes (matrizes 3, 4, 7 e 8) apresentaram os maiores valores de IVG e, assim como observado para sementes não submetidas ao teste de frio, a matriz 11 apresentou desempenho inferior para essa característica após o teste (Figura 15).

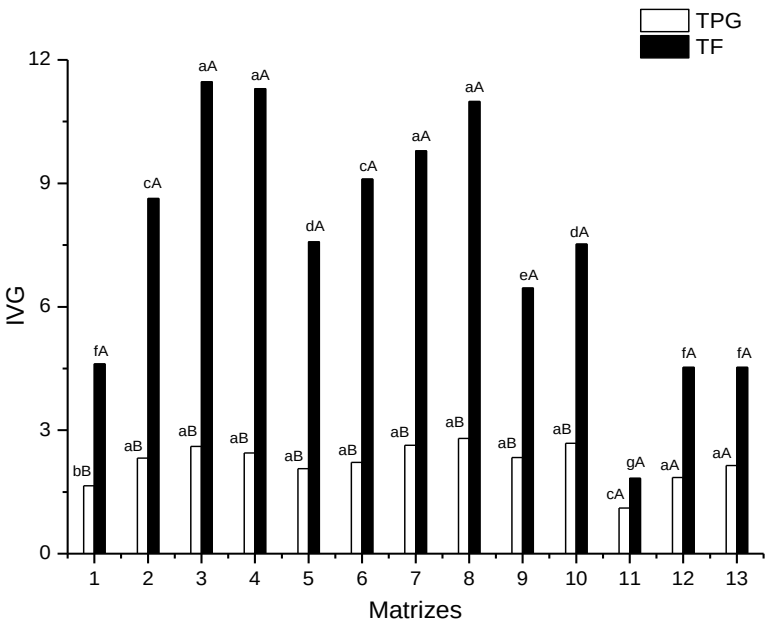

Figura 15. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes oriundas de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de frio (TF) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os resultados do teste de frio com o do teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada.

As matrizes 11, 12 e 13, que correspondem a 23%, não apresentaram diferenças significativas no índice de velocidade de germinação, entre o teste de frio e o teste padrão de germinação. Também, observa-se que, em geral, o teste de frio proporcionou maiores valores de IVG, o que se deve aos maiores valores de teores de água obtidos ao final do período de exposição às condições de realização do teste (Figura 15).

Não é comum o uso do teste de frio para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de espécies florestais, porém, seu uso torna-se vantajoso pelo fato de ser conduzido em condições desfavoráveis e, possibilitar a germinação, em geral, apenas das sementes mais vigorosas (Barros et al., 1999, Velasques, 2016), pelo fato do teste de frio ser conduzido sob condições desfavoráveis é considerado um teste de resistência, e as sementes das matrizes que resistirem melhor a estas condições apresentam maior potencial fisiológico (Cícero e Vieira, 1994; Julião, 2014). No teste de frio em rolo de papel sem terra, os lotes não são separados de modo uniforme quanto a pequenas diferenças na qualidade, e sim separados quanto as diferenças mais pronunciadas na qualidade (Barros e Dias, 1992).

Em sementes de *Moringa oleifera* Lam. o teste de frio proporcionou redução na germinação e diferenças significativas entre os lotes estudados apresentando maior sensibilidade para classificar os lotes em diferentes níveis de vigor, em comparação aos outros testes de caracterização fisiológica (Medeiros, 2015). Com base no conjunto das características avaliadas (G, PN e IVG), conclui-se que o aumento no IVG deve-se ao aumento no teor de água das sementes quando submetidas ao teste de frio, acelerando o processo germinativo. A ausência de diferenças entre os resultados do teste padrão de germinação e do teste de frio ocorreram, principalmente, para as matrizes com sementes de qualidade média a alta, porém em matrizes com sementes de qualidade média a baixa, geralmente, ocorreram diferenças significativas entre os dois testes.

Na literatura são encontrados estudos com espécies florestais avaliando-se a qualidade fisiológica de sementes pelo teste de frio, como para *Jatropha curcas* L. (Oliveira et al., 2015), em que o teste foi conduzido em substrato de papel tipo germitest, sem utilização de terra, a 10 °C por 7 dias e transferidas para o germinador

a 25 °C por 5 dias, sendo eficiente para classificar os lotes de sementes em níveis de vigor.

Na presente pesquisa, as sementes foram submetidas ao frio (10 ºC) por três dias, dada à falta de informações prévias sobre o uso desse teste para a espécie. Assim, as condições para o desenvolvimento do teste de frio foram estabelecidas considerando-se os resultados do teste padrão de germinação, o qual apontou que algumas matrizes apresentavam baixa porcentagem de plântulas normais. Também, observou-se incidência de fungos e início de mortalidade de plântulas ao final do período de avaliação da germinação no teste de frio, o que sugere que o período de condução do teste foi adequado e, assim, pode-se considerar que o teste de frio, seguindo o procedimento aqui adotado, foi eficiente para avaliar a qualidade fisiológica das sementes e a variabilidade entre as árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*.

4.4 Experimento 4: Teste de Deterioração Controlada

O teor de água das sementes das árvores matrizes variou de 7,5 a 11,5% antes da uniformização dos teores de água para a realização do teste de deterioração controlada (Figura 16). Em lotes de sementes de *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass., o teor de água antes do teste de deterioração controlada variou de 8,1 a 10,5% (Gordin, 2015). Avaliando lotes de sementes de cultivares de *Cucumber sativus* L., Lima e Marcos Filho (2011), observaram que o teor de água inicial dos lotes de sementes variou entre 6,9 e 7,8%.

Kikuti e Marcos Filho (2008) afirmaram que diferenças no potencial fisiológico das sementes podem ser suficientemente sensíveis de serem detectadas quando o teor de água é ajustado para 20 ou 22%. Segundo Silva e Vieira (2012), pelo fato das espécies apresentarem comportamento diferente para as mesmas condições de deterioração, há dificuldade para padronizar o período de deterioração, temperatura e teor de água das sementes para avaliar o potencial fisiológico por meio deste teste.

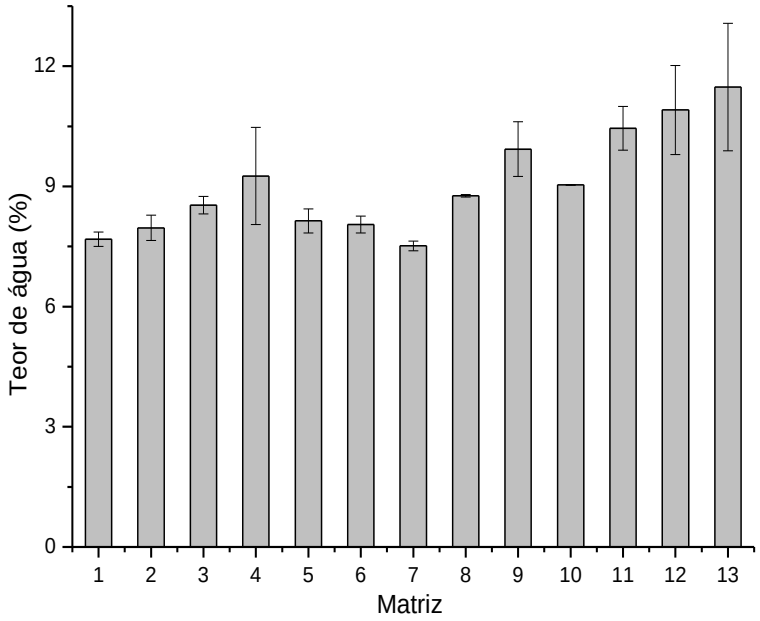

Figura 16. Teor de água (TA%) de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* antes da realização do teste de deterioração controlada.

O ajuste do teor de água antes da realização do teste de deterioração controlada é necessário e esses devem ser semelhantes, permitindo assim, obter valores pré-estabelecidos e maior uniformidade entre os lotes de sementes, como também possibilita a obtenção de resultados mais confiáveis (Silva e Vieira, 2010). Lotes de sementes que apresentam maior teor de água, resultam em maior sensibilidade às condições de alta temperatura e umidade, decorrente da elevada atividade metabólica (Marcos Filho et al., 1978) e, por isto, são mais afetados pelas condições impostas no teste.

As sementes das árvores matrizes comportaram-se de forma diferenciada, antes e após o teste de deterioração controlada, para as três características avaliadas. A germinação das sementes no teste padrão de germinação variou de 40 a 95% entre as matrizes, e após o teste de deterioração controlada variou de 6 a 96%. Em sementes de duas cultivares de *Brassica oleracea* L., a porcentagem de germinação no teste padrão de germinação foi de 58% para a cultivar Sessenta Dias e 79% para a cultivar Quatro Estações, já no teste de deterioração controlada para teores de água de 20% a germinação foi de 72 a 80%, respectivamente (Bernardes et al., 2015).

Diferenças entre as matrizes ocorreram tanto para as sementes submetidas quanto para as não submetidas ao teste de deterioração controlada (Figura 17). No

teste padrão de germinação 54% das matrizes (matrizes 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 10) apresentaram os maiores valores de porcentagem de germinação, enquanto que 8% (matriz 11) apresentou desempenho inferior. O teste de deterioração controlada resultou na separação das matrizes em cinco grupos, em comparação aos quatro grupos formados no teste padrão de germinação (Figura 17). Ou seja, este teste, proporcionou maior discriminação das matrizes, o que é esperado de um teste de vigor, qual seja, a sensibilidade para discriminar matrizes com germinação semelhante.

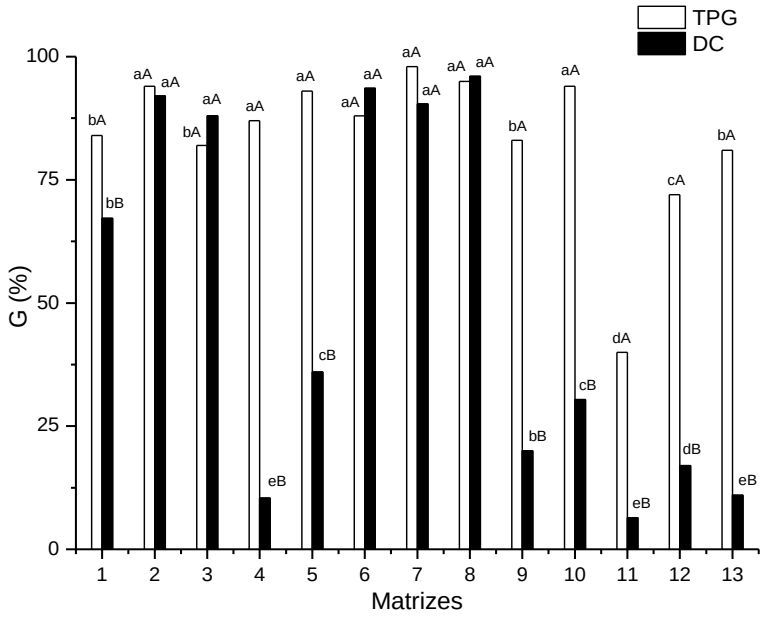

Figura 17. Porcentagem de germinação (G, %) de sementes oriundas de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de deterioração controlada (DC) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam o teste de deterioração controlada e o teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.

No teste de deterioração controlada, 38% das matrizes (matrizes 2, 3, 6, 7 e 8) apresentaram os maiores valores de porcentagem de germinação e 23% (matrizes 4, 11 e 13), da mesma forma como verificado para as sementes não submetidas a esse teste, apresentou desempenho inferior. A deterioração controlada reduziu a porcentagem de germinação em 62% das matrizes (matrizes 1, 4, 5, 9, 10, 11, 12 e

13) comparativamente ao teste padrão de germinação e não foram encontradas diferenças significativas entre esses testes nas matrizes 2, 3, 6, 7 e 8, ou seja em 38% das matrizes (Figura 17). Conforme TeKrony (2003), diferenças sutis entre os lotes de sementes não são bem detectadas no teste padrão de germinação, por isso, torna-se importante a utilização de testes de vigor, como a deterioração controlada.

A redução da germinação observada para algumas matrizes, provavelmente, ocorreu pelas condições de estresse a que as sementes dessas matrizes foram submetidas, ou seja, alta umidade e elevada temperatura, comprometendo o potencial fisiológico das mesmas, seja porque as sementes dessas matrizes sofreram deterioração, ou até mesmo por estas apresentarem baixo potencial fisiológico, que o teste padrão de germinação não possibilitou detectar por ser conduzido sob condições ótimas.

Conforme Pereira et al. (2012), a deterioração das sementes de baixa qualidade, ocorre mais rapidamente em comparação às mais vigorosas, resultando a queda da viabilidade. Segundo TeKrony (2003), mudanças diretas no processo germinativo após a deterioração controlada, podem ser oriundas da variação de 1% no teor de água das sementes, principalmente para lotes que apresentam baixo e médio vigor, proporcionando resultados, algumas vezes, inconsistentes.

A não alteração na germinação observada para algumas matrizes, pode ser devido ao elevado potencial fisiológico dessas sementes, e que mesmo submetidas às condições de estresse, não sofreram alterações no seu potencial germinativo. Por outro lado, a redução da germinação ocorre em virtude da exposição das sementes a altas temperaturas e umidade relativa do ar, que podem promover alterações que influenciam a síntese de proteínas, ácido nucléicos e o metabolismo do DNA (Vásquez et al., 1991). Pode promover, também, modificações na respiração e nas membranas celulares, resultando na peroxidação de lipídios (Basajavarajappa et al., 1991; McDonald, 1999).

A porcentagem de plântulas normais variou de 21 a 95%, no teste padrão de germinação (sementes não submetidas ao teste de deterioração controlada - TPG), e de 6 a 92%, naquelas submetidas à deterioração controlada (DC, Figura 18). No teste padrão de germinação 15% das matrizes (matrizes 2 e 7) apresentaram porcentagens de plântulas normais maiores em relação as demais matrizes, e a matriz 11

apresentou o menor valor dessa caraterística. No teste de deterioração controlada, as maiores porcentagens de plântulas normais foram observadas em 38% das matrizes (matrizes 2, 3, 6, 7 e 8) sendo que as menores porcentagens de plântulas normais também foram observadas em 38% das matrizes (matrizes 4, 9, 11, 12 e 13).

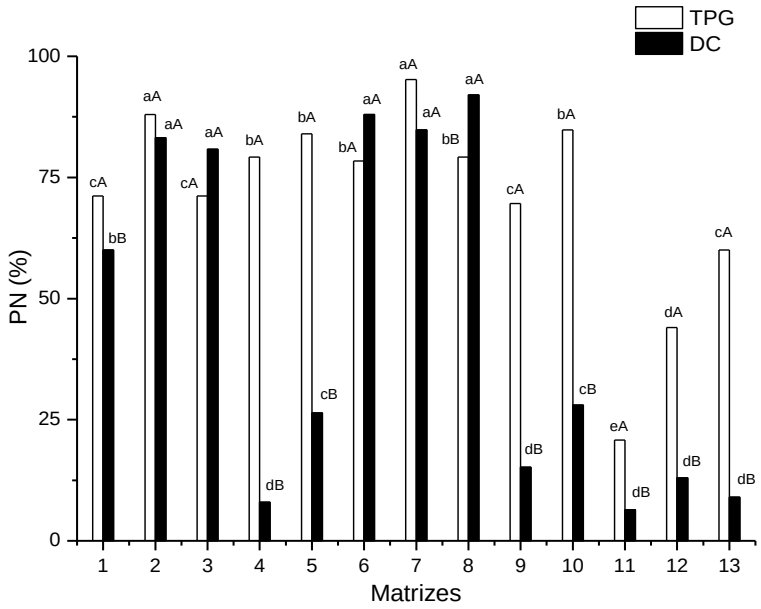

Figura 18. Porcentagem de plântulas normais (PN, %) oriundas de sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de deterioração controlada (DC) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam o teste de deterioração controlada e o teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.

A porcentagem de plântulas normais foi semelhante em 31% das matrizes (matrizes 2, 3, 6 e 7) quando submetidas ou não ao teste de deterioração controlada, ao passo que 62% das matrizes (matrizes 1, 4, 5, 9, 10, 11, 12 e 13) apresentaram redução significativa nessa característica no teste de deterioração em relação ao teste padrão de germinação, denotando redução do vigor. Por outro lado, a matriz 8, apresentou maior formação de plântulas normais nas sementes submetidas ao teste de deterioração. A diferenciação entre as matrizes é bem nítida quanto à porcentagem de plântulas normais, seja nas sementes submetidas ou não à deterioração, com a formação de cinco e quatro grupos de matrizes para as sementes, respectivamente, antes e após o teste de deterioração controlada.

Quando as sementes encontram-se em condições favoráveis, a viabilidade destas é mantida possibilitando a germinação e desenvolvimento de plântulas, porém, suas condições vitais não são preservadas por tempo indeterminado, acarretando sua deterioração e morte (Marcos Filho, 2015), notadamente se as condições para germinação não são favoráveis. Assim, o teste de deterioração controlada, simula eficientemente, o que ocorreria com uma semente, em termos de germinação mesmo em condições adequadas, após essa ser exposta a condições de estresse.

As matrizes comportaram-se de forma diferenciada quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG), seja para as sementes não submetidas (TPG) ou submetidas ao teste de deterioração controlada (DC). O índice de velocidade de germinação variou de 1,10 a 2,80 e de 0,17 a 4,01, respectivamente, em sementes antes ou após serem submetidas ao teste deterioração controlada (Figura 19). Nas cultivares de *Brassica oleracea* L., Sessenta Dias e Quatro Estações, o índice de velocidade de germinação foi, respectivamente, 1,7 e 2,5 no teste padrão de germinação, e de 2,0 e 2,5 no teste de deterioração controlada (Bernardes et al., 2015).

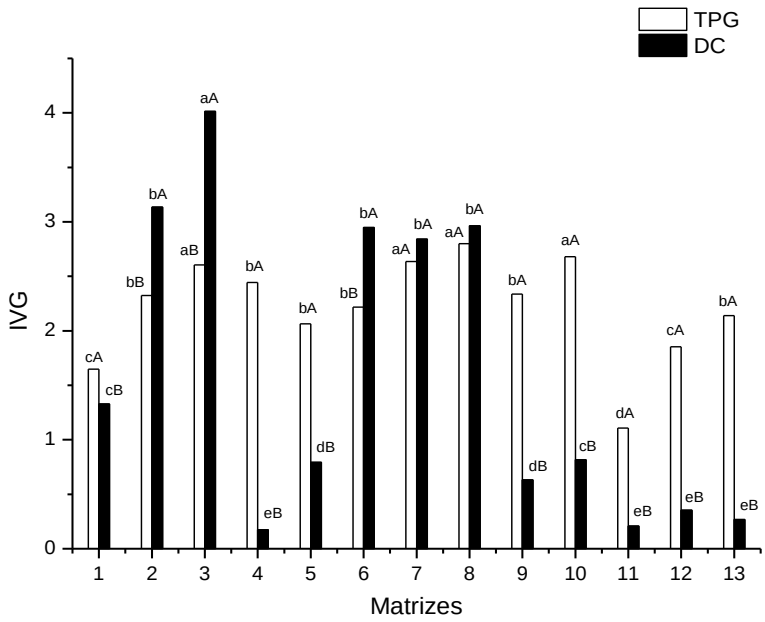

Figura 19. Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius* submetidas ao teste de deterioração controlada (DC) e ao teste padrão de germinação (TPG). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam o teste de deterioração controlada e o teste padrão de germinação para cada matriz e minúsculas comparam matrizes dentro de cada teste.

No teste padrão de germinação, os maiores valores de IVG foram observados em 31% das matrizes (matrizes 3, 7, 8 e 10), ao passo que o menor foi verificado na matriz 11. No teste de deterioração controlada, o maior IVG foi observado na matriz 3 (8% das matrizes) e os menores valores foram obtidos em 31% das matrizes (matrizes 4, 11, 12 e 13). As matrizes 7 e 8, que representam 15% das matrizes avaliadas, não apresentaram diferenças significativas entre os valores de IVG para as sementes submetidas ou não ao teste de deterioração. As matrizes 2, 3 e 6 apresentaram aumentos significativos no índice de velocidade de germinação após o teste da deterioração controlada (Figura 19). As matrizes foram divididas em 4 e 5 grupos, antes e após o teste de deterioração, respectivamente.

As matrizes que apresentaram maior IVG quando submetidas à deterioração, apresentam bom desempenho fisiológico, ou seja, são vigorosas. Já a redução do IVG, para a maioria das matrizes, indica que são matrizes com sementes de baixo vigor e que sofreram deterioração, quando submetidas às condições de alta umidade e elevada temperatura. Segundo Barros et al. (2002), o avanço de deterioração das sementes causa redução da velocidade de germinação.

O índice de velocidade de germinação apresenta menor sensibilidade para detectar diferenças do vigor de sementes, quando comparado aos testes de resistência a estresse, a exemplo da deterioração controlada. Dessa forma, o método de avaliação do vigor, pode influenciar na determinação do potencial fisiológico dos lotes de sementes (Frandoloso, 2016; Marcos Filho e Novembre, 2009). A diferença de vigor entre os lotes de sementes é decorrente da interação entre vários atributos da semente, presentes em níveis diferentes, resultando em respostas variadas em função do tipo e intensidade do estresse submetido (Mendonça et al., 2008).

Assim, o teste de deterioração controlada, simula eficientemente, o que ocorreria com uma semente, em termos de germinação mesmo em condições adequadas, após essa ser exposta a condições de estresse. A utilização de sementes vigorosas na germinação, possibilita maior mobilização e translocação de reservas para o eixo embrionário, consequentemente, permite melhor desempenho de plântulas, em comparação ao uso de sementes menos vigorosas (Henning et al., 2010).

Os resultados obtidos nesse teste, para a matriz 11 podem estar relacionados ao tamanho de suas sementes, uma vez que dentre as matrizes estudadas, a mesma foi a que apresentou menor massa de sementes, tendo em vista que, durante o envelhecimento, sementes pequenas absorvem água mais rapidamente e desuniforme em comparação as sementes maiores, podendo resultar na aceleração do processo de deterioração ou de variações de dados entre sementes de uma mesma amostra, influenciando na precisão dos resultados (Bhéring et al., 2003).

Analisando conjuntamente as três características avaliadas (G, PN e IVG), pode-se considerar que o teste de deterioração controlada foi eficiente para avaliar o vigor das sementes, sendo recomendado para avaliar o potencial fisiológico das sementes provenientes de diferentes árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*. Avaliando-se a qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. pelo teste de deterioração controlada, Vasconcelos et al. (2018) observaram que o uso de sementes com 20% de teor de água, submetidas a 45 ºC por 24 horas foi promissor para a diferenciação de lotes de sementes dessa espécie quanto ao vigor, sendo que o mesmo foi observado para sementes de *Brassica oleraceae* var. capitata (Demir et al., 2008; Matthews et al., 2009), ou seja, os resultados obtidos na presente pesquisa corroboram com os resultados desses trabalhos.

4.5 Experimento 5: Teste de Envelhecimento Acelerado

As matrizes de *Handroanthus serratifolius* apresentaram aumento diferenciado no teor de água após o envelhecimento acelerado conduzido nas temperaturas de 42 e 45 °C ao longo dos períodos avaliados (Tabela 5), sendo que 23% das matrizes (matrizes 4, 5 e 6) apresentaram teores de água semelhantes nos três períodos de envelhecimento a 42º C (Tabela 5). Nessa temperatura, os teores de água variaram de 28,3 a 68,2% a 48 h, 31,0 a 56,0% a 72 h e 40,2 a 59,0% a 96 h (Tabela 5). Antes do envelhecimento acelerado (T), a variação do teor de água das sementes foi de 7,1 a 9,3%.

Tabela 5. Teor de água (TA%) de sementes de árvores matrizes (Mtz) de *Handroanthus serratifolius* antes (T) ou após 48, 72 e 96 h de envelhecimento acelerado a 42 e 45 °C.

Mtz	42 °C				45 °C			
	0 h	48 h	72 h	96 h	0 h	48 h	72 h	96 h
1	7,1	41,1	46,4	45,3	7,1	39,4	32,8	43,9
2	6,8	30,9	48,9	45,9	6,8	43,9	45,7	40,7
3	7,3	41,1	38,2	45,2	7,3	48,6	20,3	48,1
4	7,6	48,5	48,2	48,4	7,6	48,7	55,3	45,2
5	7,3	45,9	44,6	45,6	7,3	46,4	47,9	23,1
6	7,2	52,1	49,2	50,6	7,2	45,6	44,4	52,2
7	7,4	28,3	31,0	42,9	7,4	42,3	44,4	30,4
8	7,9	49,4	44,4	40,2	7,9	46,9	55,6	34,0
9	9,0	31,7	56,0	52,4	9,0	46,5	30,8	45,2
10	7,7	54,1	52,7	45,4	7,7	47,0	41,3	45,0
11	9,3	68,2	52,8	52,9	9,3	67,4	51,1	48,0
12	9,2	54,3	54,9	49,5	9,2	57,2	42,4	50,3
13	9,2	51,0	51,6	59,0	9,2	49,5	22,6	41,4

Na temperatura de 45 °C observou-se grande desuniformidade no teor de água entre as matrizes, principalmente após 72 e 96 h de envelhecimento, sendo que nesses períodos a variação foi de 20,3 a 55,6% e de 23,1 a 55,2%, respectivamente (Tabela 5). As matrizes 2 e 10 apresentaram variação no teor de água nos três períodos de envelhecimento. Conforme observado por Flávio e Paula (2010), a temperatura de 45 °C promoveu menores variações do teor de água, sendo que, a partir do período de 72 h de envelhecimento, o teor de água tendeu a se estabilizar, desse modo, os resultados obtidos com o teor de água desta pesquisa corroboraram com os encontrados para sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss.

Antes do envelhecimento a 42 ºC, das matrizes avaliadas, 8% (matriz 11) apresentou germinação inferior, 54% (matrizes 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 10) apresentaram desempenho superior e 38% (matrizes 1, 3, 9, 12 e 13) compõem o grupo das intermediárias. Após o envelhecimento nessa temperatura, independentemente do período de envelhecimento, 8% das matrizes (matriz 11) apresentou qualidade inferior e 31% (matrizes 2, 5, 6 e 7) são consideradas de qualidade superior. As demais matrizes apresentaram variação na classificação entre os períodos de envelhecimento (Tabela 6).

Tabela 6. Porcentagem de germinação de sementes de árvores matrizes (Mtz) de *Handroanthus serratifolius* não envelhecidas (0 h) ou submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C e 45 °C por 48, 72 e 96 horas de exposição.

Mtz	42 °C				45 °C			
	0 h	48 h	72 h	96 h	0 h	48 h	72 h	96 h
1	84 bAX	84 aAX	88 aAX	76 bAX	84 bAX	80 bAX	86 aAX	87 aAX
2	94 aAX	91 aAX	94 aAX	91 aAX	94 aAX	95 aAX	95 aAX	91 aAX
3	81 bAX	88 aAX	80 bAX	76 bAX	81 bAX	76 bAX	72 bAX	72 bAX
4	87 aAX	69 bBX	81 bAX	62 bBX	87 aAX	79 bAX	75 bAX	73 bAX
5	92 aAX	88 aAX	88 aAX	93 aAX	92 aAX	74 bBY	78 bBX	81 aBX
6	88 aAX	91 aAX	93 aAX	84 aAX	88 aAX	88 aAX	92 aAX	83 aAX
7	97 aAX	92 aAX	96 aAX	81 aBX	97 aAX	90 aAX	87 aAX	88 aAX
8	95 aAX	95 aAX	94 aAX	76 bBX	95 aAX	87 aAX	73 bBY	72 bBX
9	83 bAX	64 cBX	55 cBX	67 bBX	83 bAX	52 cBX	42 cBX	48 cBY
10	94 aAX	74 bBX	78 bBX	72 bBX	94 aAX	80 bBX	62 bCY	49 cCY
11	40 cAX	16 dBX	18 dBX	10 dBX	40 cAX	9 dBX	8 eBX	13 dBX
12	72 bAX	53 cBX	45 cBX	36 cCX	72 bAX	40 cBY	20 eCY	19 dCY
13	80 bAX	56 cBX	52 cBX	40 cCX	80 bAX	38 cBY	28 dBY	37 cBX

a, b, c... - comparam matrizes dentro de cada período de envelhecimento/temperatura; A, B, C...- comparam períodos de envelhecimento dentro de cada matriz/temperatura; X, Y - comparam temperaturas dentro de cada matriz/período de envelhecimento. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na temperatura de 45 °C, houve a formação de quatro grupos entre as matrizes, para os períodos de 48 e 96 h de envelhecimento, e cinco grupos com 72 h. Também nessa temperatura, independentemente do período de envelhecimento, a matriz 11 mostrou-se de qualidade inferior ao passo que 23% das matrizes (matrizes 2, 6 e 7) sobressaíram-se como de qualidade superior. As matrizes 5, a 42 °C, 4 e 7, a 45 °C, e 1, 2, 3 e 6, nas duas temperaturas, não apresentaram diferenças estatísticas na germinação antes e após o envelhecimento, independentemente do período.

Para as demais matrizes, houve oscilação na classificação, conforme o período de envelhecimento e temperatura considerados. Quando ocorreu diferença entre as temperaturas, para um mesmo período de envelhecimento, maior valor de germinação foi sempre observado a 42 °C, portanto, de uma forma geral, essa temperatura mostrou-se menos prejudicial para o processo germinativo que a temperatura de 45 °C (Tabela 6), conforme pode-se observar para 23% das matrizes (matrizes 5, 12 e 13) após 48 h, para 31% das matrizes (matrizes 8, 10, 12 e 13) após 72 h e para 23% das matrizes (matrizes 9, 10 e 12) após 96 h de envelhecimento. De fato, temperaturas

mais elevadas tendem a provocar maiores danos às sementes durante o envelhecimento acelerado (Flávio e Paula, 2010; Marcos Filho, 2005; Santos e Paula, 2009).

Embora o número de grupos formados entre as matrizes para a porcentagem de plântulas normais tenha sido praticamente o mesmo (exceto a 96 h a 42 °C), houve alterações na composição dos grupos, com redução no vigor das sementes envelhecidas (Tabela 7). Contudo, a matriz 11, de qualidade inferior, e as matrizes 2 e 6, de qualidade superior, mantiveram a mesma classificação, independentemente da temperatura e do período de envelhecimento. As matrizes 5, 7 e 8, que correspondem a 23% das matrizes avaliadas, também se destacaram como sendo de qualidade superior em determinados períodos de envelhecimento, nas duas temperaturas.

Tabela 7. Porcentagem de plântulas normais oriundas de sementes de árvores matrizes (Mtz) de *Handroanthus serratifolius* não envelhecidas (0 h) ou submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C e 45 °C por 48, 72 e 96 horas de exposição.

Mtz	42 °C				45 °C			
	0 h	48 h	72 h	96 h	0 h	48 h	72 h	96 h
1	71 bAX	61 bAX	78 bAX	67 cAX	71 bAX	62 bAX	70 bAX	77 aAX
2	88 aAX	87 aAX	92 aAX	87 aAX	88 aAX	95 aAX	93 aAX	90 aAX
3	71 bAX	81 aAX	72 bAX	72 bAX	71 bAX	62 bAY	69 bAX	68 bAX
4	79 aAX	64 bBX	80 bAX	60 cBX	79 aAX	77 aAX	72 bAX	71 bAX
5	84 aAX	82 aAX	79 bAX	84 aAX	84 aAX	67 bBY	72 bBX	80 aAX
6	78 aAX	88 aAX	88 aAX	83 aAX	78 aAX	88 aAX	91 aAX	79 aAX
7	95 aAX	88 aAX	93 aAX	74 bBX	95 aAX	86 aAX	85 aAX	84 aAX
8	79 aBX	94 aAX	93 aAX	73 bBX	79 aAX	83 aAX	69 bAY	70 bAX
9	69 bAX	57 cAX	45 cBX	58 cAX	69 bAX	45 cBX	37 cBX	44 cBY
10	84 aAX	68 bBX	70 bBX	60 cBX	84 aAX	76 aAX	56 bBX	45 cBY
11	20 dAX	11 dAX	14 dAX	6 eAX	20 dAX	9 dAX	8 dAX	11 dAX
12	44 cAX	44 cAX	36 cAX	29 dAX	44 cAX	35 cAX	20 dBY	13 dBY
13	60 bAX	48 cBX	45 cBX	37dBX	60 bAX	34 cBY	25 cBY	32 cBX

a, b, c... - comparam matrizes dentro de cada período de envelhecimento/temperatura; A, B, C...- comparam períodos de envelhecimento dentro de cada matriz/temperatura; X, Y - comparam temperaturas dentro de cada matriz/período de envelhecimento. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Após o envelhecimento, do total de matrizes avaliadas, 15% (matrizes 5 e 12) a 42 ºC, 23% (matrizes 4, 7, 8) a 45 ºC e 38% (matrizes 1, 2, 3, 6 e 11), em ambas as

temperaturas, não apresentaram diferença significativa na porcentagem de plântulas normais entre os períodos de exposição ao envelhecimento. Assim como ocorreu para a porcentagem de germinação, quando houve diferença entre as temperaturas para um mesmo período de envelhecimento, maiores porcentagens de plântulas normais foram sempre obtidos na temperatura de 42 °C, ou seja, de maneira geral, a temperatura de 45 °C foi mais prejudicial para o processo germinativo (Tabela 7), conforme pode-se observar para 23% das matrizes (matrizes 3, 5 e 13) após 48 h, 23% (matrizes 8, 12 e 13) após 72 h e 23% (matrizes 9, 10 e 12) após 96 h de envelhecimento.

O comportamento das matrizes nos diferentes períodos de envelhecimento pode estar relacionado ao teor de água das sementes, tendo em vista que, o aumento do período de exposição ao envelhecimento, promove maior incremento no teor de água, aliado a temperatura (Guedes et al., 2011). A redução progressiva da porcentagem de germinação com o aumento do período de envelhecimento na temperatura de 45 °C é explicado, pois, quanto maior a temperatura que as sementes são submetidas ao envelhecimento, maior é o estresse proporcionado às mesmas (Flávio e Paula, 2010).

Um dos fatores que tem promovido maior estresse e, consequentemente, maior deterioração das sementes no envelhecimento acelerado é o aumento da temperatura, comparativamente ao aumento no período de exposição ao envelhecimento (Flávio e Paula, 2010; Marcos Filho, 1999), notadamente em temperaturas mais baixas. Os resultados da porcentagem de germinação desta pesquisa, em relação à temperatura e período de envelhecimento, corroboraram com os encontrados por Flávio e Paula (2010), em sementes de *Dictyoloma vandellianum* A. Juss.

Quando as sementes são expostas a temperaturas mais elevadas e, ou a maiores períodos de envelhecimento, pode ocorrer um intenso processo de deterioração do tegumento e membranas celulares das sementes, proporcionando redução na porcentagem de germinação e na formação de plântulas normais, mesmo em lotes com bom desempenho em condições ideais de germinação (Carvalho et al., 2016).

O teste de envelhecimento acelerado consiste na exposição das sementes às condições desfavoráveis (altas temperatura e umidade relativa), ou seja, seu princípio baseia-se no aumento da taxa de deterioração das sementes. Portanto, sementes menos vigorosas, sob condições favoráveis, podem apresentar valores intermediários a altos de germinação, porém após o envelhecimento acelerado, essas sementes apresentam elevada taxa de deterioração e, consequentemente, deterioram-se mais rapidamente em comparação às vigorosas, acarretando menor viabilidade e resultando em menores porcentagens de germinação e capacidade de produzir plântulas normais (Barbosa et al., 2011; Marcos Filho, 1999).

A exemplo do observado para porcentagem de germinação, também para o índice de velocidade de germinação (IVG), 8% das sementes (matriz 11), independentemente da temperatura e do período de envelhecimento, apresentou menor potencial fisiológico. As sementes de melhor qualidade, com base no IVG, estão associadas a 23% das matrizes (matrizes 2, 6 e 7), independentemente do período e da temperatura de envelhecimento e, eventualmente em mais 15% das matrizes, como observado para as matrizes 3 e 8 (Tabela 8).

Tabela 8. Índice de velocidade de germinação das sementes de árvores matrizes (Mtz) de *Handroanthus serratifolius* não envelhecidas (0 h) ou submetidas ao envelhecimento acelerado a 42 °C e 45 °C por 48, 72 e 96 horas de exposição.

Mtz	42 °C				45 °C			
	0 h	48 h	72 h	96 h	0 h	48 h	72 h	96 h
1	1,64 bBX	3,09 cAX	3,71 cAX	3,66 bAX	1,64 bBX	2,99 cAX	3,39 cAX	3,84 bAX
2	2,32 aBX	5,46 aAX	5,75 aAX	5,97 aAX	2,32 aBX	5,63 aAX	5,61 aAX	5,66 aAX
3	2,60 aBX	5,95 aAX	5,52 bAX	5,00 aAX	2,60 aBX	4,53 bAY	4,52 bAY	4,52 bAX
4	2,44 aCX	4,13 bBX	5,09 bAX	4,10 bBX	2,44 aBX	4,91 bAX	4,41 bAX	4,57 bAX
5	2,06 aBX	5,37 aAX	5,36 bAX	5,71 aAX	2,06 aBX	4,08 bAY	4,52 bAX	4,94 aAX
6	2,21 aBX	5,75 aAX	5,89 aAX	5,57 aAX	2,21 aBX	5,40 aAX	5,60 aAX	5,10 aAX
7	2,63 aBX	5,93 aAX	6,19 aAX	5,18 aAX	2,63 aBX	5,46 aAX	5,23 aAX	5,51 aAX
8	2,80 aCX	6,27 aAX	6,51 aAX	5,28 aBX	2,80 aBX	5,15 aAY	4,11 bAY	4,49 bAX
9	2,33 aBX	3,83 bAX	3,26 cBX	4,37 bAX	2,33 aAX	2,98 cAX	2,41 dAX	2,90 cAY
10	2,68 aBX	4,33 bAX	4,93 bAX	4,30 bAX	2,68 aBX	4,67 bAX	3,44 cBY	2,73 cBY
11	1,10 bAX	1,05 dAX	1,03 eAX	0,76 dAX	1,10 bAX	0,47 dAX	0,48 eAX	0,75 dAX
12	1,85 bAX	2,82 cAX	2,32 dAX	1,81 cAX	1,85 bAX	2,13 cAX	1,14 eBY	0,94 dBX
13	2,14 aBX	3,38 cAX	3,25 cAX	2,59 cBX	2,14 aAX	2,15 cAY	1,97 dAY	2,00 cAX

a, b, c... - comparam matrizes dentro de cada período de envelhecimento/temperatura; A, B, C...- comparam períodos de envelhecimento dentro de cada matriz/temperatura; X, Y - comparam temperaturas dentro de cada matriz/período de envelhecimento. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os maiores valores de IVG observados durante o envelhecimento acelerado nas duas temperaturas, deve-se ao aumento no teor de água das sementes (Tabela 5). Quando observadas diferenças no IVG entre as duas temperaturas de envelhecimento, menores valores ocorreram a 45 ºC, semelhantemente ao observado para porcentagem de germinação e de plântulas normais, e conforme pode-se observar para 31% nas matrizes (matrizes 3, 5, 8 e 13) após 48 h, para 38% das matrizes (matrizes 3, 8, 10, 12 e 13) após 72 h e para 15% das matrizes (matrizes 9 e 10) após 96 h de envelhecimento.

A discriminação das matrizes foi maior nas sementes submetidas ao envelhecimento acelerado, independentemente do período e da temperatura de envelhecimento (Tabela 8). Dessa forma as matrizes foram separadas em dois grupos para sementes não envelhecidas e em quatro ou cinco grupos quando envelhecidas, demonstrando que o envelhecimento contribuiu para a diferenciação do vigor das sementes. Com 72 h de envelhecimento, seja a 42 ou a 45 °C, ocorreu a formação de maior número de grupos, sugerindo que esse período é o mais recomendado para a condução do teste de envelhecimento acelerado; também nesse período houve a maior diferenciação entre as temperaturas em relação às matrizes, em que a temperatura de 45 ºC mostrou-se mais danosa que a de 42 ºC.

Sementes submetidas a altas temperaturas podem evidenciar heterogeneidade fisiológica (Labouriau e Agudo, 1987), fato que pode explicar o maior dano ocorrido com as sementes de *Handroanthus serratifolius* na temperatura de 45 °C. Após as sementes serem submetidas ao envelhecimento acelerado, estas apresentam maior teor de água, diante disto, o processo germinativo acelera, fazendo com que a germinação ocorra em um menor tempo (Roveri Neto, 2014), o que pode explicar os resultados aqui obtidos com maiores valores do índice de velocidade de germinação quando as sementes foram submetidas ao envelhecimento em comparação com as não envelhecidas. As sementes vigorosas, geralmente, germinam rapidamente (Hoskem, 2014), e após o envelhecimento acelerado se deterioram mais lentamente, ou seja, podem suportar estresse elevado e tolerar condições adversas (Lopes et al., 2010).

De forma geral, observa-se que os resultados obtidos foram concordantes em apontar o período de 72 h como o mais recomendado para separar as matrizes em

classes de vigor, assim como a temperatura de 45 °C como mais danosa à qualidade da semente. Desta forma, pode-se recomendar o teste de envelhecimento acelerado como adequado para avaliar as diferenças do vigor e qualidade das sementes de árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*.

Na literatura, vários trabalhos apontam o teste do envelhecimento acelerado como promissor para avaliar o potencial fisiológico de sementes de árvores matrizes, dentre eles para *Handroanthus impetiginosus* Mart. Ex DC. (Castro, 2019), *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson (Gonzales et al., 2011), *Chorisia glaziovii* Kuntze (Guedes et al., 2013a), *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (Lima et al., 2014) e *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) StandI. (Santos et al., 2009), sendo que as recomendações de temperatura e período de envelhecimento variam conforme a espécie.

4.6 Divergência Entre Árvores Matrizes a Partir de Caracteres de Qualidade Fisiológica de Sementes

As 13 árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius*, comuns aos diferentes experimentos anteriormente apresentados, foram separadas em quatro grupos pelo método de agrupamento de Ward, tendo-se por base a distância Euclidiana média entre os 22 caracteres (PG, PN, IVG, II, VP, CRA, CPA, MSRA, MSPA, GTF, PNTF, IVGTF, GDC, PNDC, IVGDC, GE42, PNE42, IVGE42, GE45, PNE45 e IVGE45), avaliados nos diferentes experimentos apresentados anteriormente, associados ao potencial fisiológico das sementes. O grupo 1 é constituído apenas pela matriz 11 e representa 8% das matrizes avaliadas; o grupo 2, engloba as matrizes 9, 12 e 13 (23%); o grupo 3 é formado pelas matrizes 2, 3, 6, 7 e 8 (38%) e o grupo 4, engloba as matrizes 1, 4, 5 e 10, totalizando 31% das matrizes, (Figura 20).

Considerando-se o método de *K-means* (Figura 21) e assumindo-se a existência de quatro grupos conforme indicado no agrupamento de Ward, percebe-se que houve alteração na composição desses, em relação aos grupos formados pelo método de Ward. Desta forma, as matrizes do grupo 2 (23%) apresentaram os menores valores para a maioria dos caracteres avaliados, porém o maior valor de condutvidade elétrica (CE) e o segundo maior valor de índice de incerteza da

germinação (II) (Figura 21). As matrizes dos grupos 1 e 2 (46%) pouco se diferenciam em relação à porcentagem de germinação, plântulas normais e índice de velocidade de germinação observados no teste de deterioração controlada, mas se diferenciam quanto aos resultados dos demais testes.

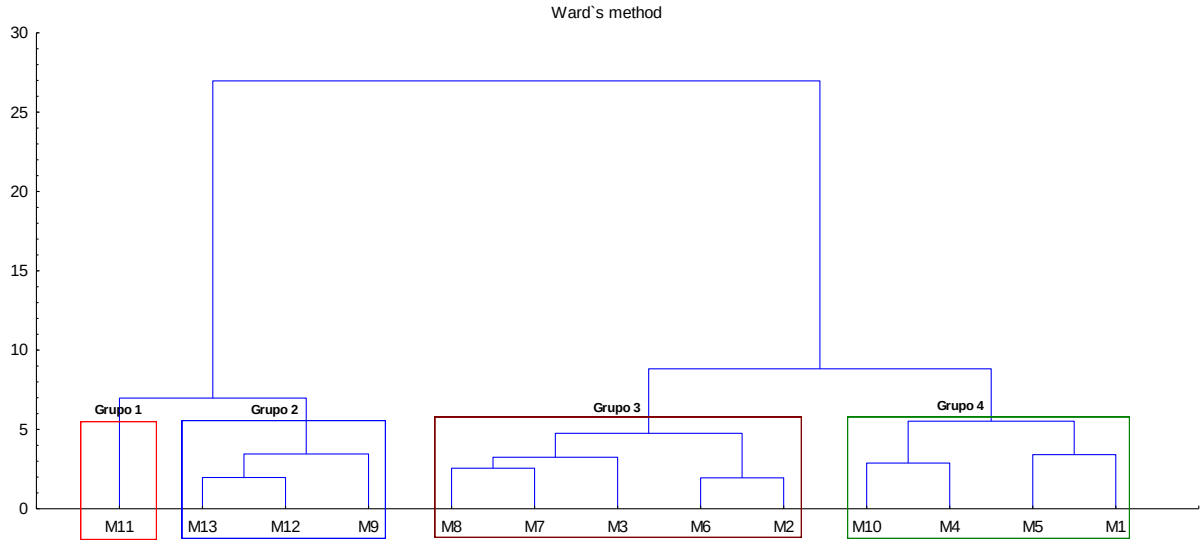

Figura 20. Dendrograma resultante da análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward baseado na Distância Euclidiana obtida a partir da avaliação de 22 caracteres relacionados ao potencial fisiológico de sementes de 13 árvores matrizes de polinização aberta de *Handroanthus serratifolius.*

O grupo 3, que reúne 31% das matrizes, é caracterizado por apresentar valores medianos a altos para a maioria dos caracteres avaliados, exceto do índice de velocidade e valor pico de germinação pelo teste padrão de germinação, condutividade elétrica e índice de velocidade de germinação no teste de frio. Portanto, as matrizes que compõe esse grupo são de boa qualidade fisilógica.

As matrizes que constituem o grupo 4, com 23% das matrizes, são de alta qualidade fisiológica, pois, apresentaram, em geral, os maiores valores para a maioria dos caracteres avaliados, e os menores valores de condutividade elétrica e índice de incerteza da germinação; para alguns caracteres houve pouca diferença entre os valores observados na médias das matrizes constituintes dos grupos 3 e 4 (Figura 21). As principais diferenças médias entre as matrizes do grupo 3 e 4 (ou seja, 54%

das matrizes) referem-se aos valores mais contrastantes observados no IVG e índice de incerteza avaliados no teste padrão de germinação (Figura 21).

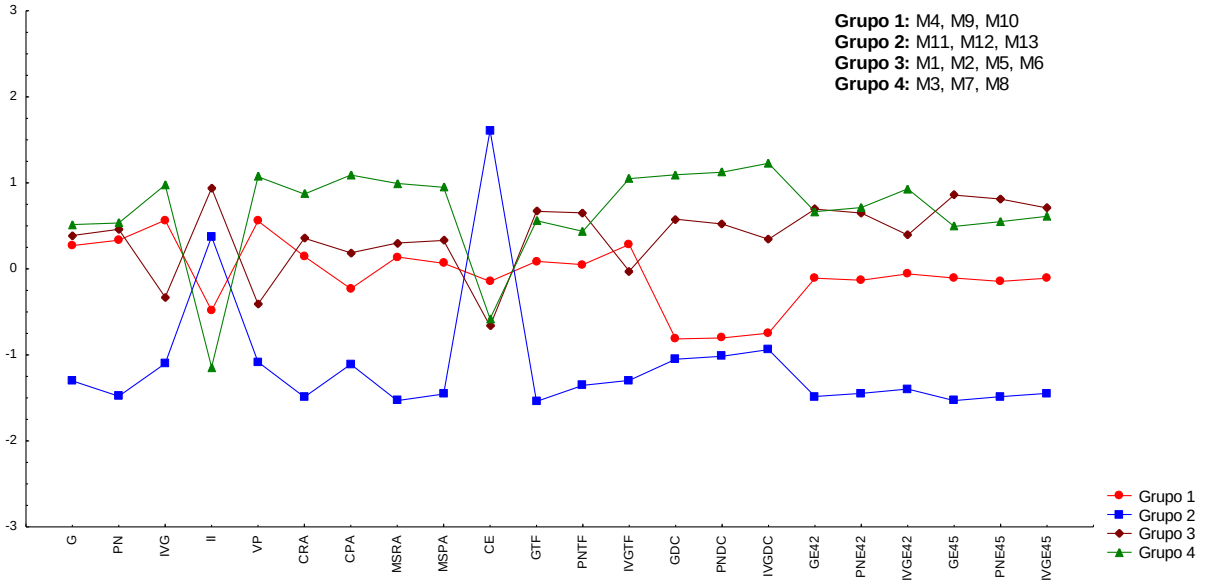

Figura 21. Caracterização dos grupos pelo método não-hierárquico de *K-means*, formados a partir da avaliação de 22 caracteres associados ao potencial fisiológico de sementes de 13 árvores matrizes de polinização aberta de *Handroanthus serratifolius.*

Nota: PG, PN, IVG, II, VP, CRA, CPA, MSRA e MSPA - respectivamente, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, índice de incerteza, valor pico da germinação, comprimento da raiz primária, comprimento de parte aérea, massa seca de raízes e, massa seca de parte aérea de plântulas, obtidas no teste padrão de germinação. CE - condutividade elétrica; GTF, PNTF, IVGTF - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação, obtidos no teste de frio; GDC, PNDC, IVGDC - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de deterioração controlada; GE42, PNE42, IVGE42 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 42 °C por 72 h; GE45, PNE45, IVGE45 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 45 °C por 72 h.

Cada técnica ou método de agrupamento possui características e princípios próprios resultando, por conseguinte, na formação de grupos com padrões e composição, às vezes, distintos entre si. Não há recomendação da técnica/método de agrupamento mais adequada, pois, elas se comportam de maneira diferente em uma situação considerada complexa, isso ocorre em todas as situações (Araújo, 2008). Diante disto, alguns autores recomendam o uso de mais de um método/técnica de agrupamento para que se possa identificar os padrões de agrupamento e, consequentemente, de similaridade/dissimilaridade de forma mais precisa.

Nos resultados obtidos a partir dos métodos de Ward (Figura 20) e K-*means* (Figura 21), percebe-se que os grupos formados não tiveram a mesma composição, no entanto, o método de K-*means* possibilita ainda que se tenha uma avaliação da dispersão das médias de cada caráter avaliado para os grupos identificados. Assim, pode-se constatar grande confiabilidade na identificação das árvores matrizes com comportamentos semelhantes e, ou contrastantes.

K-*means* é um método não-hierárquico que, minimiza a soma dos quadrados residuais dentro de cada grupo formado, sendo que, dentro dele ocorre ao mesmo tempo o aumento da homogeneidade e da diferença entre eles. Os grupos são previamente determinados por um conjunto de elementos de dados (Alencar et al., 2013). Embora o método de Ward seja um método hierárquico, o princípio para a construção do dendrograma e de formação dos grupos também é a minimização da soma de quadrados residuais, daí, a grande semelhança entre os grupos formados por esses dois métodos.

Na análise da dispersão das matrizes de *Handroanthus serratifolius* pela técnica de Componentes Principais, os dois primeiros componentes (CP1 e CP2, Figura 22) explicam 83,45% da variância contida nas variáveis originais, o que, segundo vários autores já seria suficiente para estudos dessa natureza. Portanto, esses dois componentes podem ser usados para representar a variabilidade contida nos caracteres associados à qualidade fisiológica das sementes nas matrizes de *Handroanthus serratifolius* em estudo. Percebe-se pelo padrão de dispersão (Figura 22) que a matriz M11, que representa 8% das matrizes avaliadas, é a mais isolada dentre as matrizes estudadas, confirmando tratar-se de uma matriz divergente das demais quanto aos caracteres avaliados.

Também, as matrizes M9, M12 e M13 (23% das matrizes), alocadas na parte superior à direita do gráfico e as matrizes M1, M4, M5 e M10 (31%), com distribuição mais centralizada no gráfico, constituem padrões distintos de dispersão e, portanto, formam grupos diferentes entre si (Figura 22). As matrizes M1, M4, M5 e M10, por estarem mais centralizadas, apresentam padrão mediano de comportamento, ao passo que a M9, M12 e M13, têm padrão de qualidade fisiológica de sementes inferior a essas, porém, superior à matriz M11 (8%). Esses resultados corroboram aqueles obtidos pelos métodos de Ward e de K-*means.* Ainda, pode-se observar que as

matrizes localizadas mais à direita do gráfico apresentam maiores valores de condutividade elétrica (CE) e de índice de incerteza da germinação (II), em detrimento de menores valores nos demais caracteres.

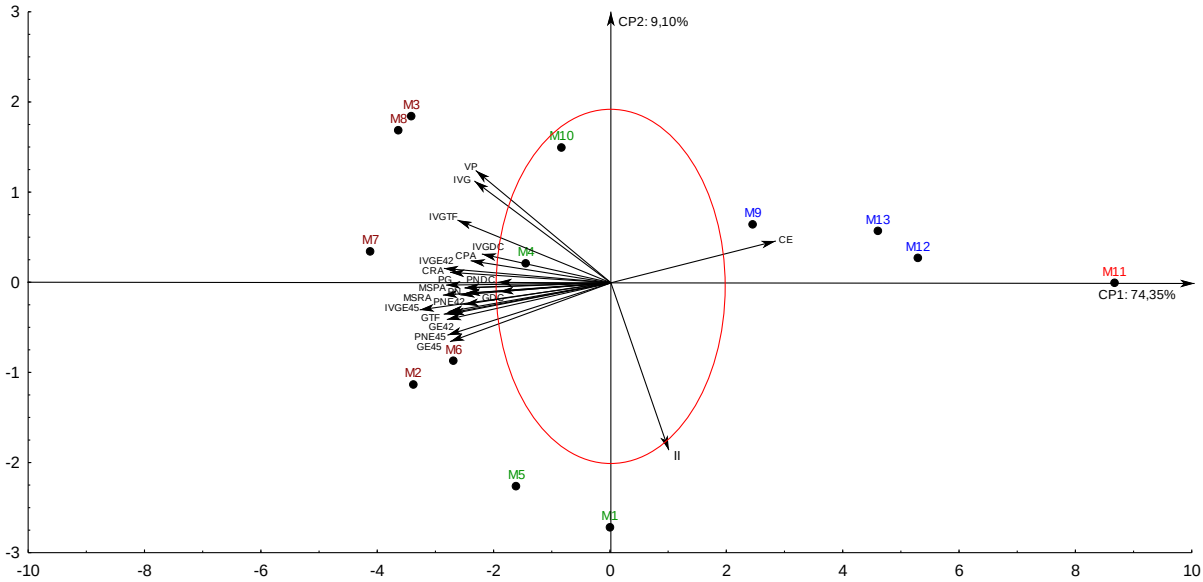

Figura 22. Gráfico *biplot* com a dispersão dos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) obtidos a partir da avaliação de 22 caracteres de qualidade fisiológica de sementes de 13 árvores matrizes de polinização aberta de *Handroanthus serratifolius.*

Nota: G, PN, IVG, II, VP, CRA, CPA, MSRA e MSPA - respectivamente, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, índice de incerteza da germinação, valor pico da germinação, comprimento da raiz primária, comprimento de parte aérea, massa seca de raízes e massa seca de parte aérea de plântulas, obtidas no teste padrão de germinação. CE - condutividade elétrica; GTF, PNTF, IVGTF - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação, obtidos no teste de frio; GDC, PNDC, IVGDC - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de deterioração controlada; GE42, PNE42, IVGE42 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 42 °C por 72 h; GE45, PNE45, IVGE45 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 45 °C por 72 h.

As matrizes 2, 3, 6, 7 e 8 (38% das matrizes avaliadas) destacaram-se por apresentarem melhor qualidade fisiológica, que são aquelas em geral que participam do grupo 3 de Ward e dos grupos 3 e 4 de *K-means* e que pelos componentes principais localizam-se fora da elipse e a esquerda do gráfico, contrastando com os valores de CE e II (Figura 22), ou seja, estas matrizes apresentam os maiores valores dos caracteres localizados no lado esquerdo do gráfico.

A discriminação de dados objetivando reduzir sua dimensionalidade minimizando a covariância entre as variáveis, sem a perda de informações pode ser

explicada pela análise de componentes principais (Shin et al., 2010). Esta análise propicia o agrupamento de indivíduos com características semelhantes e que apresentam correlações existentes entre as variáveis estudadas (Valladares et al., 2008).

A Análise de Componentes Principais tem como principal abordagem o critério de escolher o número de componentes que devem ser mantidos. Maior retenção da variação total em um número menor de combinações lineares, significa que melhor será a aplicação prática deste procedimento (Silva e Pavodani, 2006). Trata-se de um processo de análise do padrão da dispersão do conjunto de genótipos (neste caso de árvores matrizes) a partir de um grupo de caracteres avaliados. É, portanto, um outro método que pode ser usado para análise do padrão de similaridade/dissimilaridade entre as árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius.*

Ainda, em relação a análise de componentes principais, as matrizes localizadas dentro da elipse (Figura 22), apresentam comportamentos próximos e medianos, ou seja, não apresentam grande diferenças entre si, sendo mais generalistas. Já as localizadas fora das elipses, apresentam algum caráter específico, e para um programa de produção de sementes merecem atenção especial. Portanto, a princípio, poder-se-ia considerar que todos os caracteres apresentam grande importância para seleção de matrizes mais promissoras para um programa de produção de sementes.

A utilização de diferentes métodos de análise multivariada possibilitou a comparação dos resultados obtidos em cada um desses métodos, identificando de forma precisa as matrizes com comportamento similar e divergente. Nota-se que, independentemente do método de agrupamento, de maneira geral, os resultados indicam que existe diversidade genética entre as matrizes estudadas a partir da diferença na qualidade fisiológica das sementes.

Considerando-se as correlações entre os caracteres avaliados e cada um dos três primeiros componentes principais (Tabela 9) e assumindo-se um valor de correlação de pelo menos 0,70 para que um caráter seja considerado importante num determinado componente principal, deprende-se que apenas o índice de incerteza (II) avaliado no teste padrão de germinação, dentre os 22 caracteres avaliados, não apresentou bom poder discriminatório no componente principal 1 (CP1). Por outro

lado, percebe-se que o índice de incerteza é o caráter mais importante para o componente principal 2 (CP2).

Tabela 9. Correlações fator-variáveis dos 22 caracteres do potencial fisiológico de sementes de polinização aberta nos três primeiros componentes principais para 13 árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius.*

	CP1	CP2
G	**-0,8541**	-0,0201
PN	**-0,9112**	-0,0732
IVG	**-0,7685**	0,5360
II	0,3248	**-0,8996**
VP	**-0,7606**	0,6030
CRA	**-0,9198**	0,0448
CPA	**-0,8037**	0,1218
MSRA	**-0,8608**	-0,0571
MSPA	**-0,8244**	-0,0399
CE	**0,9367**	0,2200
GTF	**-0,9542**	-0,1881
PNTF	**-0,8768**	-0,1356
IVGTF	**-0,8859**	0,3235
GDC	**-0,7911**	-0,0421
PNDC	**-0,7774**	-0,0025
IVGDC	**-0,7492**	0,1554
GE42	**-0,9634**	-0,1967
PNE42	**-0,9646**	-0,1649
IVGE42	**-0,9750**	0,0746
GE45	**-0,9316**	-0,3272
PNE45	**-0,9436**	-0,2710
IVGE45	**-0,9523**	-0,1705
Autovalores	16,3561	2,0018
Variância (%)	74,3460	9,0994
Variância Acumulada (%)	74,3460	83,4454

Nota: PG, PN, IVG, II, VP, CRA, CPA, MSRA e MSPA - respectivamente, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, índice de incerteza, valor pico da germinação, comprimento da raiz primária, comprimento de parte aérea, massa seca de raízes e, massa seca de parte aérea de plântulas, obtidas no teste padrão de germinação. CE - condutividade elétrica; GTF, PNTF, IVGTF - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação, obtidos no teste de frio; GDC, PNDC, IVGDC - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de deterioração controlada; GE42, PNE42, IVGE42 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 42 °C por 72 h; GE45, PNE45, IVGE45 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 45 °C por 72 h.

Dos caracteres importantes para o primeiro componente principal (CP1), apenas a condutividade elétrica (CE) não apresenta correlação negativa com esse

componente, indicando que as matrizes à direita desse componente têm maiores valores de CE e menores nos demais caracteres, indicando matrizes com sementes de qualidade fisiológica mais baixa, ao passo que as localizadas à esquerda do mesmo têm comportamento oposto a esse, ou seja, são matrizes de melhor potencial fisiológico de sementes por apresentarem maiores valores desses caracteres. Para o componente principal 2 (CP2), o índice de incerteza apresenta correlação negativa com esse componente, significando que as matrizes localizadas na parte superior desse componente possuem menores valores de índice de incerteza, ocorrendo o oposto com as matrizes localizadas na parte inferior CP2.

O uso das correlações entre os caracteres e os componentes principais para identificação dos caracteres importantes para o estudo da diversidade genética, tem sido alvo de críticas pois não possibilita a eliminação de caracteres redundantes e a simplificação no conjunto de dados pode não ser satisfatória. Diante disto, uma alternativa para identificar os caracteres de menor importância para esse tipo de estudo, é a partir dos escores com maiores pesos nos autovetores associados aos autovalores inferiores a 0,7 (Cruz et al., 2014; Santos, 2014), ou seja, dos coeficientes de ponderação dos componentes principais com baixo poder de explicação da variância contida nos dados originais. Diante disto, percebe-se que oito (08), ou seja, 36% dos caracteres avaliados são considerados passíveis de descarte, pois contribuem pouco para a variabilidade original dos dados e, consequentemente, para a formação dos grupos observada (Tabela 10).

Assim, os caracteres passíveis de descarte são: GE42 (CP12 = -0,44), IVGE42 (CP11 = -0,62), CE (CP10 = 0,57), PNE42 (CP9 = 0,42), IVGTF (CP9 = -0,50), CRA (CP7 = -0,44), CPA (CP6 = 0,44) e PNTF (CP5 = -0,55), tendo em vista que, apresentam os maiores coeficientes de ponderação nos componentes com autovalores inferiores a 0,70 (Tabela 10). Percebe-se, com isso, que os três caracteres avaliados no teste de envelhecimento acelerado conduzido a 42º C (GE42, IVGE42 e PNE42), dois dos três caracteres avaliados no teste de frio (IVGTF e PNTF), a condutividade elétrica (CE) e o comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CRA) de plântulas no teste de germinação pouco contribuírem para a diversidade detectada entre as matrizes de *Handroanthus serratifolius*.

Tabela 10. Autovalores (variância-v) associados aos Componentes Principais (CP) e respectivos autovetores para os 22 caracteres de qualidade fisiológica de sementes avaliadas em 13 árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius.*

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
A	16,35	2,00	1,55	0,95	0,49	0,31	0,12	0,08	0,04	0,03	0,02	0,006
AV	74,34	83,45	90,51	94,86	97,11	98,53	99,11	99,51	99,71	99,86	99,97	100,00
G	-0,21	-0,01	0,30	-0,24	0,22	0,31	-0,22	0,09	-0,06	0,01	0,24	-0,18
PN	-0,22	-0,05	0,25	-0,10	0,15	0,28	0,24	-0,22	0,004	0,20	-0,21	0,08
IVG	-0,19	0,37	0,23	-0,12	0,05	0,24	-0,06	0,14	-0,18	0,08	0,03	0,16
II	0,08	-0,63	0,10	0,006	0,004	0,41	-0,32	0,18	-0,02	0,05	-0,02	0,22
VP	-0,18	0,42	0,16	-0,09	0,05	0,085	0,06	-0,08	-0,05	0,02	-0,07	0,02
CRA	-0,22	0,03	0,07	0,07	0,31	-0,37	**-0,44**	0,44	-0,05	0,003	0,27	0,21
CPA	-0,19	-0,16	-0,16	0,45	-0,21	**0,44**	-0,13	-0,20	0,23	-0,29	0,28	-0,11
MSRA	-0,21	0,01	0,01	0,42	0,34	-0,10	0,06	0,28	0,30	0,43	-0,07	-0,36
MSPA	-0,20	-0,06	-0,06	0,54	0,20	0,04	0,01	-0,05	-0,23	-0,003	-0,25	0,32
CE	0,23	-0,11	-0,11	-0,08	-0,12	0,15	-0,18	-0,25	0,41	**0,57**	0,19	0,04
GTF	-0,23	0,13	0,13	-0,08	-0,05	-0,17	-0,06	0,27	-0,03	0,15	0,11	0,10
PNTF	-0,21	0,09	0,09	0,05	**-0,55**	0,25	-0,37	-0,07	-0,26	0,23	-0,15	-0,17
IVGTF	-0,21	0,06	0,06	0,12	-0,35	-0,07	0,02	**-0,50**	0,16	-0,003	0,20	0,28
GDC	-0,19	-0,44	-0,44	-0,21	0,14	0,02	-0,10	0,10	0,03	0,09	-0,06	0,16
PNDC	-0,19	-0,45	-0,45	-0,24	0,13	-0,02	-0,05	0,08	0,12	0,08	-0,09	0,13
IVGDC	-0,18	-0,49	-0,49	-0,07	-0,005	0,20	-0,08	0,06	-0,40	-0,01	0,08	-0,24
GE42	-0,23	0,05	0,05	-0,13	0,08	-0,08	-0,06	0,01	0,14	-0,17	0,13	**-0,44**
PNE42	-0,23	0,03	0,03	-0,15	0,003	-0,11	0,04	-0,009	**0,42**	-0,38	0,005	0,16
IVGE42	-0,24	0,03	0,03	-0,11	-0,14	0,04	-0,18	-0,011	0,28	-0,12	**-0,62**	-0,07
GE45	-0,23	-0,01	0,01	-0,04	-0,007	-0,11	0,35	-0,09	-0,13	0,01	0,19	-0,16
PNE45	-0,23	-0,04	-0,04	-0,05	-0,14	-0,03	0,32	-0,17	0,02	0,13	0,25	0,29
IVGE45	-0,23	-0,02	-0,02	-0,03	-0,27	0,14	0,28	-0,24	-0,03	0,18	-0,05	-0,06

Nota: A – autovalores; AV – variância acumulada; CP – componentes principais; PG, PN, IVG, II, VP, CRA, CPA, MSRA e MSPA - respectivamente, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, índice de incerteza, valor pico da germinação, comprimento da raiz primária, comprimento de parte aérea, massa seca de raízes e, massa seca de parte aérea de plântulas, obtidas no teste padrão de germinação. CE - condutividade elétrica; GTF, PNTF, IVGTF - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação, obtidos no teste de frio; GDC, PNDC, IVGDC - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de deterioração controlada; GE42, PNE42, IVGE42 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 42 °C por 72 h; GE45, PNE45, IVGE45 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 45 °C por 72 h.

Em geral caracteres passíveis de descarte em estudos multivariados são aqueles que se mostram redundantes, por exemplo, com elevadas estimativas de correlações com outros caracteres, ou invariantes. Assim, de forma geral, observa-se que as características avaliadas no teste padrão de germinação e nos testes de vigor (Tabela 11), apresentaram correlações baixas a altas para qualidade das sementes.

Analisando as estimativas de correlações entre os os caracteres considerados de baixa importância para o estudo da divergência com os demais caracteres, e considerando-se correlação alta aquela maior ou igual a 0,7 ($r \geq 0,7$) observa-se que os caracteres passíveis de descarte apresentam alta estimativa de correlação com pelo menos um dos caracteres não recomendados para descarte (Tabela 11) e que, portanto, deverão permanecer no estudo da divergência. Por exemplo, os caracteres passíveis de descarte, apresentam altas estimativas de correlação, por exemplo, com os caracteres avaliados no teste de envelhecimento acelerado conduzido a 45 ºC, e mesmo com outros caracteres avaliados em outros testes.

Por permitir a identificação de caracteres que pouco contribuem para a discriminação do material avaliado (Pereira et al., 2010), e com isto sugerir a eliminação desses caracteres em estudos semelhantes, a técnica de componentes principais tem despertado grande interesse entre os pesquisadores, pois, possibilita a redução de mão de obra, tempo e custos (Alves et al., 2003; Cruz e Regazzi, 1997). Portanto, diante desses resultados, confirma-se que a existência de variabilidade no potencial fisiológico entre sementes de diferentes árvores matrizes de *Handroanthus serratfolius*, corroborando com alguns trabalhos na literatura, a exemplo do verificado para *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur. (Oliveira, 2010), *Tabebuia chrysotricha* (Santos et al., 2009) e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (Valdovinos, 2016).

Tabela 11. Estimativas de correlações entre as 22 características de qualidade fisiológica de sementes avaliadas em 13 árvores matrizes de *Handroanthus serratifolius.*

	PN	IVG	II	VP	CRA	CPA	MSRA	MSPA	CE	GTF	PNTF	IVGTF	GDC	PNDC	IVGDC	GE42	PNE42	IVGE42	GE45	PNE45	IVGE45
G	0,96	0,81	-0,16	0,75	0,80	0,52	0,66	0,57	-0,83	0,88	0,71	0,70	0,53	0,51	0,44	0,89	0,86	0,86	0,78	0,77	0,78
PN		0,78	-0,16	0,74	0,83	0,63	0,76	0,69	-0,90	0,91	0,76	0,75	0,57	0,55	0,49	0,92	0,90	0,90	0,87	0,86	0,88
IVG			-0,65	0,98	0,72	0,59	0,58	0,53	-0,62	0,67	0,59	0,85	0,45	0,46	0,50	0,66	0,67	0,81	0,52	0,55	0,63
II				-0,76	-0,36	-0,34	-0,23	-0,07	0,11	-0,14	-0,17	-0,57	-0,28	-0,32	-0,43	-0,14	-0,18	-0,37	-0,04	-0,09	-0,16
VP					0,73	0,60	0,58	0,54	-0,60	0,64	0,58	0,85	0,48	0,49	0,54	0,64	0,65	0,80	0,51	0,54	0,62
CRA						0,69	0,87	0,81	-0,88	0,88	0,78	0,77	0,68	0,66	0,61	0,89	0,88	0,87	0,83	0,81	0,79
CPA							0,80	0,89	-0,69	0,64	0,71	0,81	0,63	0,61	0,73	0,66	0,67	0,76	0,67	0,72	0,78
MSRA								0,96	-0,87	0,80	0,69	0,75	0,61	0,59	0,58	0,80	0,78	0,76	0,80	0,78	0,76
MSPA									-0,83	0,72	0,68	0,73	0,59	0,57	0,62	0,72	0,71	0,72	0,76	0,75	0,75
CE										-0,95	-0,84	-0,77	-0,65	-0,62	-0,56	-0,95	-0,93	-0,87	-0,95	-0,92	-0,89
GTF											0,91	0,81	0,68	0,66	0,58	0,98	0,97	0,93	0,95	0,94	0,93
PNTF												0,84	0,58	0,56	0,55	0,85	0,86	0,88	0,85	0,88	0,90
IVGTF													0,59	0,59	0,65	0,76	0,79	0,89	0,71	0,75	0,81
GDC														0,99	0,95	0,76	0,77	0,75	0,76	0,78	0,76
PNDC															0,95	0,74	0,76	0,74	0,74	0,76	0,74
IVGDC																0,64	0,66	0,71	0,65	0,69	0,71
GE42																	0,99	0,93	0,96	0,95	0,93
PNE42																		0,95	0,96	0,96	0,94
IVGE42																			0,87	0,90	0,93
GE45																				0,99	0,95
PNE45																					0,98

Nota: PG, PN, IVG, II, VP, CRA, CPA, MSRA e MSPA - respectivamente, porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, índice de velocidade de germinação, índice de incerteza, valor pico da germinação, comprimento da raiz primária, comprimento de parte aérea, massa seca de raízes e, massa seca de parte aérea de plântulas, obtidas no teste padrão de germinação. CE - condutividade elétrica; GTF, PNTF, IVGTF - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação, obtidos no teste de frio; GDC, PNDC, IVGDC - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de deterioração controlada; GE42, PNE42, IVGE42 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 42 °C por 72 h; GE45, PNE45, IVGE45 - porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos no teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 45 °C por 72 h.

5 CONCLUSÕES

Quanto às árvores matrizes georreferenciadas de *Handroanthus serratifolius* tem-se que:

Os caracteres avaliados no teste padrão de germinação e nos testes de vigor comprovam a existência de variabilidade na qualidade fisiológica das sementes;

Nesse sentido recomenda-se que: 1) o teste de condutividade elétrica seja conduzido a 20 °C, com 25 sementes embebidas em 75 mL de água desionizada por 48 h; 2) o teste de frio pode ser conduzido a 10 °C por 3 dias, seguido do teste de germinação; 3) o teste de deterioração controlada pode ser conduzido na combinação de 20% de teor de água com posterior incubação por 24 h a 45 °C; 4) o teste de envelhecimento acelerado seja conduzido por 72 h nas temperaturas de 42 °C ou 45 °C;

A adoção de diferentes métodos de análise multivariada aponta a existência de divergência entre as árvores matrizes e possibilita, com confiabilidade, a identificação de grupos de árvores com características semelhantes e, ou divergentes em relação à qualidade fisiológica de sementes, sendo essas informações úteis e que poderão auxiliar em programas de produção de sementes e mudas de *Handroanthus serratifolius*;

A variabilidade e a divergência observadas entre as árvores matrizes indicam que a coleta de sementes deva ocorrer em árvores matrizes que pertençam a grupos distintos, notadamente naqueles em que as matrizes apresentam bom desempenho germinativo.

6 REFERÊNCIAS

Abdo MTN, Paula RC (2017) Electrical conductivity test for the determination of the physiological seed quality of *Croton floribundus* Spreng-Euphorbiaceae. **International Journal of Current Research** 9(7):54414-54419.

Aguiar RV, Cansian RL, Kubiak GB, Slaviero LB, Tomazoni TA, Budke JC, Mossi, AJ (2013) Variabilidade genética de *Eugenia uniflora* L. em remanescentes florestais em diferentes estádios sucessionais. **Revista Ceres** 60(2):226-233.

Alencar BJ, Barroso LC, Abreu JF (2013) Análise Multivariada de Dados no Tratamento da Informação Espacial: uma abordagem com análise de Agrupamentos. **Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática** 10(2):6-12.

Alves CZ, Godoy AR, Candido ACS, Oliveira NC (2012) Qualidade fisiológica de sementes de jiló pelo teste de envelhecimento acelerado. **Ciência Rural** 42(1):58-63**.**

Alves CZ, Godoy AR, Candido ACS, Sá ME (2011) Qualidade fisiológica de sementes de *Eruca sativa* L. pelo teste de deterioração controlada. **Ciência Rural** 41(12):2090-2095.

Alves CZ, Sá ME (2012) Adequação da metodologia do teste de envelhecimento acelerado em sementes de rúcula. **Semina: Ciências Agrárias** 33(1):2789-2798.

Alves MF (2014) **Populações hexaplóides e apomíticas de *Handroanthus serratifolius* (Vahl.) S. Grose (Bignoniaceae) com diferentes sistemas reprodutivos.** 73 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - UFU, Uberlândia.

Alves MF, Duarte MO, Oliveira PE, Sampaio DS (2013) Self-sterility in the hexaploid *Handroanthus serratifolius* (Bignoniaceae), the national flower of Brazil. **Acta Botanica Brasilica** 27(4):714-722.

Alves RM, Garcia AAF, Cruz ED, Figueira A (2003) Seleção de descritores botânico-agronômicos para caracterização de germoplasma de cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 38(7):807-818.

Andrade VHF (2015) **Modelos de crescimento para *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose em floresta de terra firme utilizando análise de anéis de crescimento.** 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - UFPR, Curitiba.

Araújo DAS (2008) **Algoritmos de Agrupamento Aplicados a Dados de Expressão Gênica de Câncer: Um Estudo Comparativo**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Comunicação) - UFRN, Natal.

Ataíde GM, Flores AV, Borges EEL (2012) Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de *Pterogyne nitens* Tull. durante o envelhecimento artificial. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 42(1):71-76.

Ataíde GM, Lima e Borges EE, Gonçalves JFC, Guimarães VM, Flores AV (2016) Alterações fisiológicas durante a hidratação de sementes de *Dalbergia nigra* ((Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Ciência Florestal** 26(2):615-625.

Azerêdo GA, Paula RC, Valeri SV (2011) Temperatura e substrato para a germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Scientia Forestalis** 39(92):479-488.

Azerêdo GA, Paula RC, Valeri SV (2016) Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. **Ciência Florestal** 26(1):193-202.

Barbieri, APP (2011) **Determinação do potencial fisiológico de sementes de arroz baseado na integridade das membranas celulares.** 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFSM, Santa Maria.

Barbosa RM, Costa DS, Sá ME (2011) Envelhecimento acelerado de sementes de espécies oleráceas. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 41(3):328-335.

Barbosa TP, Diniz Neto H (2013) Preparação de derivados do lapachol em meio ácido e em meio básico: uma proposta de experimentos para a disciplina de química orgânica experimental. **Revista Química Nova** 36(2):331-334.

Barros ASR, Dias MCLL (1992) Aferição de testes de vigor para sementes de milho. **Informativo ABRATES** 2(4):10-22.

Barros DI, Nunes HV, Dias DCFS, Bhering MC (2002) Comparação entre testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes** 24(2):12-16.

Barros SRB, Dias MCLL, Cicero SM, Krzyzanowski FC (1999) Teste de frio. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França Neto JB (Eds.) **Vigor de sementes:** conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p. 1-15.

Barrozo LM, Alves EU, Silva RS, Anjos Neto AP, Santos Neta MMS, Silva BF (2014) Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. **Bioscience Journal** 30(1):252-261.

Basajavarajappa BS, Shety, HS, Prakash HS (1991) Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated aging of maize seeds. **Seed Science and Technology** 2(2):279-286.

Benitez CAM (2014) **Qualidade fisiológica de sementes de soja e milho tratadas com produtos de referência e equivalentes**. 30 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - UFPel, Pelotas.

Bernardes PM, Lopes JC, Zanott RF, Motta LB, Mengarda LHG, Spadeto C (2015) Testes de deterioração controlada e de envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de repolho. **Nucleus** 12(1):51-58.

Bewley JD, Bradford K, Hilhorst H, Nonogaki H (2013) **Seeds:** Physiology of Development, Germinaton and Dormancy. New York: Springer**,** 392 p.

Bhéring MC, Dias DCFS, Barros DI, Dias LAS, Tokunisa DA (2003) Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrillus lanatus* Schrad) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes** 25(2):1-6.

Binotti FFS, Haga KI, Cardoso ED, Alves CZ, Sá ME, Arf O (2008) Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy** 30(2):247-254.

Biruel RP (2006) **Caracterização e germinação de sementes de *Aegiphyla sellowiana* Cham.** 131 f. Tese (Doutorado em Ciências, Ecologia e Recursos Naturais) - UFSCar, São Carlos.

Bonner FT (1998) Testing tree seeds for vigor: a review. **Seed Technology** 20(1):5-17.

Borges VP, Costa MAPC, Ribas RF (2014) Emergência e crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo em ambientes contrastantes de luz. **Revista Árvore** 3(38):523-531.

Brancalion PHS, Novembre ADLC, Rodrigues RR (2010) Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes** 32(4):015-021.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 395p.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2013) **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**, de 17 de janeiro de 2013, Brasília, DF: MAPA, 98 p.

BRASIL (2004) Decreto-lei nº 5.153, de 23 de julho de 2004. Regulamentação da Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas - SNSM, e dá outras providências. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, DF.

Byrum JR, Copeland LO (1995) Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. **Seed Science and Technology** 23(2):543-549.

Campos Filho EM, Sartorelli PAR (2015) **Guia de árvores com valor econômico**. São Paulo: Agroicone, 132 p.

Cardoso DL, Silva RF, Pereira MG, Viana AP, Araújo EF (2009) Diversidade genética e parâmetros genéticos relacionados à qualidade fisiológica de sementes em germoplasma de mamoeiro. **Revista Ceres** 56(5):572-579.

Carrero GC, Pereira RS, Jacaúna MA, Lima Júnior MJV (2014) **Árvores do Sul do Amazonas:** guia de espécies de interesse econômico e ecológico. Manaus, 57 p.

Carvalho CA, Silva JB, Alves CZ (2016) Envelhecimento acelerado em sementes de mogno. **Revista Ciência Agronômica** 47(4):691-699.

Carvalho NM (1994) O conceito de vigor em sementes. In: Vieira RD, Carvalho NM. **Teste de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, p. 164.

Carvalho, JA (2015) **Riqueza, divergência genética e padrão de qualidade morfológica de mudas de espécies florestais nativas produzidas em Minas Gerais.** 243 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - UFLA, Lavras.

Caseiro RF, Marcos Filho J (2002) Procedimentos para condução do teste de frio em sementes de milho: pré resfriamento e distribuição do substrato no interior da câmara fria. **Revista Brasileira de Sementes** 24(2):6-11.

Castro MLL (2019) **Adequação dos testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado para sementes de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos.** 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - UFRN, Macaíba.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais (2011) **Manual de Arborização.** Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 112 p.

Chatterjee S, Hadi AS (1986) Influential observations, high leverage points, and outliers in linear regression. **Statistical Science** 1(3):379-393.

Cícero SM, Vieira RD (1994) Teste de frio. In: Vieira RD, Carvalho NM. **Teste de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, 151-164 p.

Coradin VTR, Camargos JAA, Pastore TCM, Christo AG (2010) **Madeiras Comerciais do Brasil:** chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos. Brasília, DF: Laboratório de Produtos Florestais. CD-ROM.

Corrêa GC, Naves RV, Rocha MR, Chaves LJ, Borges JD (2008) Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) visando melhoramento génetico. **Bioscience Journal** 24(4):42-47.

Costa AM (2012) **Estudo do mecanismo de ação citotóxica de neftoquinonas sintéticas análogas do lapachol.** 75 f. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) - UFC, Fortaleza.

Cruz CD (2001) **Programa GENES**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 648 p.

Cruz CD, Carneiro PCS, Regazzi AJ (2014) **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, 688p.

Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. (1997) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: UFV, 306-313p.

Czabator FJ (1962) Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. **Forest Science** 8(4):386-396.

Delazeri P, Garlet J, Souza GF (2016) Teste de condutividade elétrica em lotes de sementes de *Schinus molle* L. **Floresta e Ambiente** 23(3):413-417.

Delouche J (2002) Germinação, deterioração e vigor da sementes. **Seed News** 6(6):24-31.

Demir I, Mavi K, Kenanoglu BB, Matthews S (2008) Prediction of germination and vigour in naturally aged commercially available seeds lots of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) using the bulk conductivity method. **Seed Science and Technology** 36(3):509-523.

Dias DCFS, Marcos Filho J (1995) Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares. I. Condutividade elétrica. **Informativo ABRATES** 5(1):26-36.

Dotto L, Silva VN (2017) Envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de *Parapiptadenia rígida.* **Agrarian Academy** 4(7):219.

Dutra AS, Medeiros Filho S (2008) Teste de deterioração controlada na determinação do vigor em sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes** 30(1):19-23.

Dutra AS, Vieira RD (2004) Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural** 34(3):715-721.

Epifano F, Genovese S, Fiorito S, Mathieu V, Kiss R (2014) Lapachol and its congeners as anticancer agents: A review. **Phytochemistry Reviews** 13(1):37-49.

Fadini M (2014) **Divergência de acessos de fruteira pão (*Artocarpus incisa L.*) através de inter-relações entre os descritores morfológicos.** 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - UFRB, Cruz das Almas.

Ferreira DF (2007) **Sisvar**: Versão 5.1 (Build 72). [S.l.]: DEX/UFLA.

Ferreira JCB (2016) **Avaliação da qualidade fisiológica e ozonização de sementes de *Aegiphila sellowiana* Cham.** 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - UNB, Brasília, DF.

Fessel AS, Panobianco M, Souza CR, Vieira RD (2010) Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia** 69(1):207-214.

Fiordalisi, SAL (2012) **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de espécies olerícolas.** 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - UFSC, Florianópolis.

Flavio JJP, Paula RC (2010) Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica em sementes de *Dictyoloma vendellianum* A. Juss. **Scientia Forestalis** 38(87):391-399.

Flávio, JJP (2010) **Divergência genética entre árvores matrizes de *Guazuma ulmifolia* Lam.** 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Fonseca AFA, Sediyama T, Cruz CD, Sakaiyama NS, Ferrão MAG, Ferrão RG, Bragança SM (2006) Divergência genética em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 41(4):599-605.

França Neto JB, Krzyzanowski FC, Henning AA (2011) Sementes de soja de alta qualidade: a base para altas produtividades. In: CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR, **Anais...** Risario: Asociación de la Cadena de la Soja Argentina. CD-ROM.

Frandoloso DCL (2016) **Avaliação do vigor de sementes de alface pelo teste de envelhecimento acelerado.** 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - UFPel, Pelotas.

Garcia LC, Nogueira AC, Abreu DCA (2004) Influência do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan – Mimosaceae. **Ciência Florestal** 14(1):85-90.

Gomes JP, Oliveira LM, Ferreira PI, Batista F (2016) Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de Myrtaceae. Ciência Florestal 26(4):285-293.

Gonçalves LHN (2013) **Qualidade fisiológica e expressão de proteínas em sementes de *Handroanthus serratifolia* submetidas à secagem**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) - UFLA, Lavras.

Gonzales JLS (2007) **Variabilidade da germinação e caracteres de sementes entre matrizes de Farinha-Seca [*Albizia hassleri* (Chod.) Burkart.] - Fabaceae.** 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Gonzales JLS, Paula RC, Valeri SV (2009) Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. Fabaceae-Mimosoideae. **Revista Árvore** 33(4):625-634.

Gonzales JLS, Valeri SV, Paula RC (2011) Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis** 39(90):171-181.

Gordin CRB (2015) **Testes de vigor e viabilidade em sementes de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.).** 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - UFGD, Dourados.

Goulart LS, Tillmann MAA (2007) Vigor de sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.) pelo teste de deterioração controlada. **Revista Brasileira de Sementes** 29(2):179-186.

Groot SPC, Surki AA, De Vos RCH, Kodde J (2012) Seed storage at elevated partial pressure of oxygen, a fast method for analysing seed ageing under dry conditions. **Annals of Botany** 110(6):1149-1159.

Guareschi DG, Lanzarini AC, Lazarotto M, Gonzatto C, Barbieri G (2015) Envelhecimento acelerado de sementes e qualidade de plântulas de *Bauhinia forficata* Link em diferentes substratos e tamanhos de tubetes. **Revista Agro@mbiente On-line** 9(1):65-71.

Guedes RS, Alves EU, Gonçalves EP, Viana JS, Bruno RLA, Colares PNQ (2009) Physiological response of *Erythrina velutina* Willd. seeds to accelerated aging. **Semina: Ciencias Agrárias** 30(2):323-330.

Guedes RS, Alves EU, Oliveira LSB (2013a) Teste de envelhecimento acelerado em sementes de *Chorisia glaziovii* (Kuntze) (Malvaceae). **Bioscience Journal** 29(2):378-385.

Guedes RS, Alves EU, Oliveira LSB, Andrade LA, Gonçalves EP, Melo PARF (2011) Accelerated aging in evaluating the quality of seed physiology of *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias** 32(2):443-450.

Guedes RS, Alves EU, Viana JS, Gonçalves EP, Lima CR, Santos SRN (2013b) Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal** 23(1):45-53.

Guollo K, Possenti JC, Felippi M, Del Quiqui EM, Loiola TM (2017) Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica. **Colloquium Agrariae** 13(1):86-92.

Haesbaert FM, Lopes SJ, Mertz LM, Lúcio AD, Huth C (2017) Tamanho de amostra para determinação da condutividade elétrica individual de sementes de girassol. **Bragantia** 76(1):54-61.

Hampton JG, TeKrony BH (1995) Controlled deterioration test. In: Hampton JG, TeKrony DM. **Handbook of vigour test methods**. Zurich: International Seed Testing Association, 70-78 p.

Henning FA, Mertz LM, Jacob Junior EA, Machado RD, Fiss G, Zimmer PD (2010) Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia** 69(3):727-734.

Hoskem BCS (2014) **Época de plantio de grão-de-bico em montes claros.** 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - UFMG, Montes Claros.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2014) **Informações sobre madeiras**. São Paulo. Disponível em: <http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca>. Acesso em: 5 set. 2014.

ISTA - International Seed Testing Association (2011) **International Rules for Seed Testing**. Bassersdorf: International Seed Testing Association, 60p. (Documentos, 41).

Julião ALK (2014) **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho por meio da análise de imagem e testes de germinação e vigor.** 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - UNB, Brasília, DF.

Justino EV, Boiteux LS, Fonseca MEN, Silva Filho JG, Nascimento WM (2015) Determinação da maturidade fisiológica de sementes de pimenta dedo de moça *Capsicum baccatum* var. *pendulum.* **Horticultura Brasileira** 33(3):324-331.

Kikuti ALP, Marcos Filho J (2008) Physiological potential of cauliflower seeds. **Scientia Agricola** 65(4):374-380.

Labouriau LG (1983) **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 147p.

Labouriau LG, Agudo M (1987) Physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. I. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 59(1):37-56.

Leão NVM, Felipe SHS, Shimizu ESC, Santos Filho BG, Kato OR, Benchimol RL (2015) Biometria e diversidade de temperaturas e substratos para a viabilidade de sementes de ipê amarelo. **Informativo ABRATES** 25(1):50-54.

Lemes ES, Oliveira S, Rodrigues RR, Almeida AS, Meneghello GE, Tunes LM (2015) Avaliação do potencial fisiológico de lotes de aveia preta por meio do teste de condutividade elétrica. **Tecnologia & Ciência Agropecuária** 9(2):5-10.

Levene H (1961) Robust tests for equality of variances. In: Olkin I et al. (Eds.) **Contributions to Probability and Statistics**: Essays in Honor of Harold Hotelling, Palo Alto: Stanford University Press, p. 279-292.

Lima CR, Bruno RLA.; Silva KRG, Pacheco MV, Alves EU (2014) Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tull.) L. P. Queiroz. **Revista Ciência Agronômica** 45(2):370-378.

Lima DC (2015) **Avaliação do vigor e germinação de sementes de soja a partir da análise de imagens de plântulas.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - USP, São Carlos.

Lima LB, Marcos Filho J (2011) Procedimentos para condução de testes de vigor baseados na tolerância ao estresse térmico em sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes** 33(1):045-053.

Lima TC, Medina PF, Fanan S (2006) Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes** 28(1):106-113.

Loeffler LM, TeKrony DM, Egli DB (1988) The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology** 12(1):37-53.

Loeffler NL, Meier JL, Burris JS (1985) Comparison of two cold test procedures for use in maize drying studies. **Seed Science and Technology** 13(3):653-658.

Lohmann L G (2018) **Bignoniaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Disponivel em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB114113>. Acesso em: 01 mai. 2018.

Lohmann LG (2015) **Bignoniaceae in lista de espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB117466>. Acesso em: 09 jan. 2015.

Lopes MM, Sader R, Paiva AS, Fernandes AC (2010) Teste de envelhecimento acelerado em sementes de quiabo. **Bioscience Journal** 26(4):491-501.

Lopes RR, Franke LB (2010) Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de azevém (*Lolium multiflorum* L.). **Revista Brasileira de sementes** 32(1):123-130.

Lorentz LH, Nunes UR (2013) Relações entre medidas de qualidade de lotes de sementes de arroz. **Revista Ciência Agronômica** 44(4):798-804.

Maguire JD (1962) Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science** 2(2):176-177.

Marcos Filho J (1999) Testes de vigor: importância e utilização. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França Neto JB (Eds.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. p. 1.1-1.21.

Marcos Filho J (2001) Pesquisa sobre vigor de sementes de hortaliças. **Informativo ABRATES** 11(2):63-75.

Marcos Filho J (2005) **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ. 495 p.

Marcos Filho J (2011) **Testes de vigor**: dimensão e perspectivas. **SeedNews**, Pelotas. (Documentos, 1) Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/_html/site/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=9> . Acesso em: 28 ago. 2015.

Marcos Filho J (2015) **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES. 659 p.

Marcos Filho J, Fonseca MCB, Mazzotti MA (1978) Teor de umidade da semente e comportamento da soja no teste de envelhecimento rápido. **Pesquisa agropecuária Brasileira** 13(3):11-16.

Marcos Filho J, Kikute ALP, Lima LB (2009) Métodos para Avaliação do Vigor de Sementes de Soja, Incluindo a Análise Computadorizada de Imagens. **Revista Brasileira de Sementes** 31(1):102-112.

Marcos Filho J, Novembre ADLC (2009) Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: Nascimento WM (Eds.) **Tecnologia de sementes de hortaliças.** Brasília: EMBRAPA Hortaliças. p. 185-243.

Marcos Filho J, Silva WR, Novembre ADC, Chamma HMCP (1990) Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 25(12):1805-1815.

Marcos Filho, J (2013) Importância do potencial fisiológico da semente de soja. **Informativo ABRATES** 23(1):21-24.

Martinelli-Seneme A, Hoffman S, Possamai E (2008) Colheita e germinação de sementes de ipê (*Tabebuia chrysotricha*). **Scientia Agraria** 9(4):419-423.

Matos JMM (2009) **Avaliação do teste de pH de exsudato na verificação de viabilidade de sementes florestais.** 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - UNB, Brasília, DF.

Matthews S, Demir I, Celikkol T, Kenanoglu BB, Mavi K (2009) Vigour tests for cabbage seeds using electrical conductivity and controlled deterioration to estimative emergence in transplant modules. **Seed Science and Technology** 37(3):736-746.

McDonald MB (1999) Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology** 27(1):177-237.

Medeiros MA, Torres SB, Negreiros MZ, Madalena JAS (2014) Testes de estresse térmico em sementes de melão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 9(1):7-13.

Medeiros MLS (2015) **Testes para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam.** 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - UFRN, Macaíba.

Medeiros MLS, Demartelaere ACF, Pereira MD, Pádua GVG (2019) Adequação do teste de lixiviação de potássio em sementes de *Moringa* oleifera. **Ciência Florestal** 29(2):941-949.

Melo SMB (2017) **Alterações fisiológicas e oxidativas durante o armazenamento em sementes de *Moringa oleifera* Lam.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - UFRN, Macaíba.

Mendes RC, Dias DCFS, Pereira MD, DIAS LAS (2010) Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Ciência e Agrotecnologia** 34(1):114-120.

Mendonça EAF, Azevedo SC, Guimarães SC, Albuquerque MCF (2008) Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Sementes** 30(3):1-9.

Miguel MH, Carvalho MV, Beckert OP, Marcos Filho J (2001) Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de algodão. **Scientia Agricola** 58(4):741-746.

Milani M, Menezes NL, Lopes SJ (2012) Teste de condutividade elétrica para avaliação do potencial fisiológico de sementes de canola. **Revista Ceres** 59(3):374-379.

Miranda G (2018) **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de *Mimosa caesalpiniifolia* Benth.** 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - UFRPE, Recife.

Miranda PRM, Ferraz IDK (1999) Efeito da temperatura na germinação de sementes e morfologia da plântula de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg. **Revista Brasileira de Botânica** 22(2):303-307.

Moraes CE, Lopes JC, Farias CCM, Maciel KC (2016) Qualidade fisiológica de sementes de *Tabernaemontana fuchsiaefolia* A. DC em função do teste de envelhecimento acelerado. **Ciência Florestal** 26(1):213-223.

Mota LHS, Scalon SPQ, Heinz R (2012) Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal** 3(22):423-431.

Nakagawa J (1999) Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França Neto JB (Ed.) **Vigor de sementes:** conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p.1-24.

Ohlson OC, Krzyzanowski FC, Caieiro JT, Panobianco M (2010) Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. Revista **Brasileira de Sementes** 32(4):118-124.

Oliveira ACS, Martins GN, Silva RF, Vieira HD (2009) Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Inter Cience Place** 2(4):1-21.

Oliveira AKM, Alves FF, Fernandes V (2018) Germinação de sementes de *Vochysia divergens* após armazenamento em três ambientes. **Ciência Florestal** 28(2):525-531.

Oliveira AKM, Ribeiro JWF, Pereira KCL, Silva CAA (2014) Germinação de sementes de paineira-do-campo (*Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) A. Robyns) em diferentes temperaturas. **Científica** 42(4):316-324.

Oliveira GL, Hilst PC, Silva LJ, Sekita MC, Dias DCFS (2015) Teste de frio para avaliação do potencial fisiológico de sementes de Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Bioscience Journal** 31(2):509-517.

Oliveira GM, Matias JR, Ribeiro RC, Barbosa LG, Silva JESB, Dantas BF (2014) Germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Caatinga em diferentes temperaturas. **Scientia Plena** 10(4):1-6.

Oliveira LM, Davide AC, Carvalho MLM (2008) Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert - Fabaceae. **Floresta** 38(3):545-551.

Oliveira LZ (2010) **Variabilidade genética de caracteres morfológicos e germinação de *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur. (Bignoniaceae) no Município de Macapá, AP.** 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Oliveira S (2012) **Tecnologia de sementes florestais**: espécies nativas. Curitiba: Editora UFPR, 404 p.

Olmstead RG, Grose SO (2007) Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuias*. I. (Bignonoaceae). **Systematic Botany** 32(3):660-670.

Pereira FJ, Polo M (2011) Growth and ion accumulation in seedlings of *Handroanthus serratifolius* (VAHL.) cultivated in saline solution. **Scientia Forestalis** 39(92):441-446.

Pereira MC, Chalfoun SM, Carvalho GR, Savian TV (2010) Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaiba. **Acta Scientiarum Agronomy** 32(4):635-641.

Pereira MD, Martins Filho S (2012) Adequação da metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* DUNAL). **Revista Agrarian** 5(16):93-98.

Pereira MD, Martins Filho S, Laviola BG (2012) Envelhecimento acelerado em sementes de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 42(1):119-123.

Pereira SR, Giraldelli GR, Laura VA, Souza ALT (2011) Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de Jatobá-do-Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae - Caesalpinoideae). **Revista Brasileira de Sementes** 33(1):141-148.

Peske ST, Baudet LM (2012) Beneficiamento de sementes. In: Peske ST, Villela FA, Meneghello, GE **Sementes:** Fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: UFPel, p. 423-480.

Powell AA, Matthews S (1981) Evaluation of controlled deterioration: a new vigour test for small seed vegetable. **Seed Science Technology** 9(22):633-40.

R Development Core Team (2019) **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, p. Disponível em: < https://www.R-project.org/ >. Acesso em: 31 mar. 2019.

Ramalho MAP, Santos JB, Pinto CABP (2012) **Genética na agropecuária.** Lavras:UFLA, 472 p.

Rosa SDVF, Pinho EVRV, Vieira MGGC, Veiga RD (2000) Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes** 22(1):54-63.

Roveri Neto A (2014) **Divergência genética entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil. para características de frutos e sementes.** 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Roveri Neto A, Paula RC (2017) Variabilidade entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil para características de frutos e sementes. **Revista Ciência Agronômica** 48(2):318-327.

Royston JP (1995) REMARK AS R94: A remark on algorithm AS 181: The W-test for normality. **Journal of the Royal Statistical Society** 44(4):547-551.

Sabino M, Korpan C, Ferneda BG, Silva AC (2016) Crescimento de mudas de ipês em diferentes telas de sombreamento. **Nativa** 4(2):61-65.

Salustiano EJS, Netto CD, Fernandes RF, Silva AJM, Bacelar TS, Castro CP, Buarque CD, Maia RC, Rumjamanek VM, Costa PRR (2010) Comparison of the cytotoxic effect of lapachol, alpha-lapachone and pentacyclic 1,4-naphthoquinones on human leukemic cells. **Investigational New Drugs** 28(2):139-44.

Santana DG, Anastácio MR, Lima JÁ, Mattos MB (2010) Germinação de sementes e emergência de plântulas de pau-santo: uma análise crítica do uso de correlação. **Revista Brasileira de Sementes** 32(3):134-140.

Santana DG, Ranal MA (2004) **Análise da germinação**: um enfoque estatístico. Brasília: Editora UnB, 247p.

Santos BWC (2014) **Análises biométricas de características bromatológicas de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) de maior teor de óleo provenientes de mercados de Porto Velho.** 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - UFAM, Itacoatiara.

Santos FS, Paula RC, Sabonaro DZ, Valadares J (2009) Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) StandI. **Scientia Forestalis** 37(82):163-173.

Santos JF (2016) **Armazenamento, tolerância à dessecação e o potencial fisiológico de sementes de híbridos de milho e seus recíprocos.** 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Santos MA, Braga LF, Rondon Neto RM, Sorato AMC (2015) Aspectos morfológicos e fisiológicos da germinação e morfometria de frutos e sementes de *Swartzia recurva* POEP. (Fabaceae). **Ciência e Natura** 37(3):34-54.

Santos SRG, Paula RC (2005) Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs – Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes** 27(2):136-145.

Santos SRG, Paula RC (2009) Teste de vigor para avaliação fisiológica de sementes de *Sebastiana commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Forestalis** 37(81):007-016.

Seo M, Nambara E, Choi G, Yamaguchi S (2009) Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. **Plant Molecular Biology** 69(4):463-472.

Shin EC, Craf BD, Pegg RB, Phillips RD, Eitenmille RR (2010) Chemometric approach to fatty acid profiles in Runner-type peanut cultivars by principal component analysis (PCA). **Food Chemistry** 119(3):1262-1270.

Silva DG, Carvalho MLM, Nery MC, Oliveira LM, Caldeira CM (2011) Alterações fisiológicas e bioquímicas durante o armazenamento de sementes de *Tabebuia serratifolia.* **Cerne** 17(1):1-7.

Silva JB, Vieira RD (2012) Deterioração controlada para avaliar o potencial fisiológico de sementes de beterraba. **Horticultura Brasileira** 30(3):379-384.

Silva JB, Vieira, RD (2010) Deterioração controlada em sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes** 32(1):69-76.

Silva MLM, Alves EU, Alcântara Bruno, RS, Santos-Moura SS, Santos Neto AP (2016) Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* O. Kuntze submetidas aoestresse hídrico em diferentes temperaturas. **Ciência Florestal** 26(3):999-1007.

Silva NR, Padovani CR (2006) Utilização de componentes principais em experimentação agronômica. **Energia na Agricultura** 21(4):98-113.

Silva VN, Cicero SM (2014) Análise de imagens de plântulas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira** 32(2):145-151.

Soares MM, Conceição PM, Dias DCFS, Alvarenga EM (2010) Testes para avaliação do vigor de sementes de Sorgo com ênfase à condutividade elétrica. **Ciência e Agrotecnologia** 34(2):391-397.

Sodré LL (2006) **Diversidade de espécies de mudas de árvores nativas de mata atlântica em viveiros do estado do Espírito Santo.** 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - UFRJ, Seropédica.

Soto-Gonzales JL, Valeri SV, Paula RC (2011) Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis** 39(90):171-181.

Sousa NR (2003) **Variabilidade genética e estimativas de parâmetros genéticos em germoplasma de guaranazeiro**. 99 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - UFLA, Lavras.

Souza GF, Garlet J, Delazeri P (2016) Teste de condutividade elétrica em sementes de *Jacaranda micranta*. **Pesquisa Florestal Brasileira** 36(85):79-83.

TeKrony DM (2003) Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science and Technology** 31(2):435-447.

Tilmmann MAA, Menezes NL (2012) Análise de Sementes. In: Peske ST, Villela FA, Meneghello GE. **Sementes**: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 573p.

Toledo MZ, Fonseca NR, Cesar ML, Soratto RP, Cavariani C, Crusciol CAC (2009) Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 39(2):124-133.

Torres SB, Dantas AH, Pereira, MFS, Benedito CP, Silva FHA (2012) Deterioração controlada em sementes de coentro. **Revista Brasileira de Sementes** 34(2):319- 326.

Torres SB, Paiva EP (2009) Teste de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de jiló. **Caatinga** 22(3):35-39.

Trevizor T (2011) **Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical amazônica no estado do Pará.** 214 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - USP, Piracicaba.

Tunes LM, Pedroso DC, Badinelli PG, Tavres LC, Rufino CA, Barros ACSA, Muniz MFB (2011) Envelhecimento acelerado em sementes de azevém com e sem solução salina e saturada. **Ciência Rural** 41(1):33-37.

Tunes LM, Tavares LC, Barros ACSA (2012) Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. **Revista de Ciências Agrárias** 35(1):120-127.

Valdovinos TM (2016) **Divergência genética entre árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos a partir de caracteres biométricos de frutos e sementes e de qualidade fisiológica de sementes.** 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Valdovinos TM, Paula RC (2017) Diversidad genética de *Handroanthus heptaphyllus* a partir de calidad fisiológica de semillas. **Bosque** 38(2):327-336.

Valladares GS, Gomes EG, Mello JCCBS, Pereira MG, Anjos LHC, Ebeling AG, Benites VM (2008) Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 32(1):285-296.

Vasconcelos MC, Costa JC, Silva-Mann R, Ferreira RA (2018) Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* por diferentes metodologias. **Agropecuária Científica do Semiárido** 14(4):311-317.

Vásquez E, Montiel F, Vásquez Ramos JM (1991) DNA ligase activity in deteriorated maize axis during germination: a model relating effects in DNA metabolism in seeds to loss of germinability. **Seed Science Research** 1(2):269-273.

Vazquez GH, Bertolin DC, Spegiorin CN (2011) Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Biociências** 9(1):18-24.

Velasques NC (2016) **Seleção de árvores matrizes e indicação de áreas de coleta de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi.** 65 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - UFSC, Florianópolis.

Vieira BGTL, Vieira RD, Krzyzanowski FC, França Neto JB (2010) Alternative procedure for the cold test for soybean seeds. **Scientia Agricola** 67(5):540-545.

Vieira RD, Krzyzanowski FC (1999) Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski FC, Vieira RD, França Neto JB (Ed.) **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p. 4.1-4.26.

Vieira RD, Penariol AL, Perecin D, Panobianco M (2002) Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 37(9):1333-1338.

Wielewicki AP, Leonhardt C, Schlindwein G, Medeiros ACS (2006) Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes** 28(3):91-197.

Zappi DC, Filardi FLR et al. (2015) Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia** 66(4):1085-1113.

Zucareli C, Cavariani C, Oliveira EAP, Nakagawa J (2011) Métodos e temperaturas de hidratação na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica** 42(3):684-692.

Zuchi J, Camelo GN, Silva GP, Gavazza MIA, Sales JF (2016) Testes e métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de baru. **Global Science and Technology** 9(3):31-38.