

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. PELOS
TESTES DE RAIOS X, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, pH
DO EXSUDATO E GERMINAÇÃO**

KEVER BRUNO PARADELO GOMES

ORIENTADORA: Dr^a. ROSANA DE CARVALHO CRISTO MARTINS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

BRASÍLIA/DF: JULHO – 2013

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Terminalia
argentea* Mart. et Zucc. PELOS TESTES DE RAIOS X, CONDUTIVIDADE
ELÉTRICA, pH DO EXSUDATO E GERMINAÇÃO**

KEVER BRUNO PARADELO GOMES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

**Prof.^a Dr.^a Rosana de Carvalho Cristo Martins (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Orientadora)**

**Prof. Dr. Ildeu Soares Martins (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador Interno)**

**Prof.^a Dr.^a Êrika Barretto Fernandes Cruvinel (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília)
(Examinador Externo)**

**Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador suplente)**

Brasília, 26 de julho de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

GOMES, KEVER BRUNO PARADELO

Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Terminalia argenta* Mart. et Zucc. pelos testes de raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e germinação. [Distrito Federal] 2013.

xii, 73 p., 210 x 2,97 mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal

1. Teste de raios X.
3. Teste do pH do exsudato.

2. Teste de condutividade elétrica.
4. Teste de germinação.

I. EFL/FT/UnB

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GOMES, K. B. P. 2013. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. pelos teste de raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e germinação.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Publicação PPG EFL. DM 219/2013, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 72 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Kever Bruno Paradelo Gomes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. pelos teste de raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e germinação.

GRAU: Mestre ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação. Nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Kever Bruno Paradelo Gomes
QI 03, LT 960/980 APT 303, Leste Industrial, Gama.
72445-030 Brasília – DF – Brasil.

A DEUS E MINHA FAMÍLIA.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus que se faz presente em todos os momentos.

A meus pais, Sinval e Ney, e todos os membros de minha família.

Ao Instituto Federal de Brasília, que proporciona incentivo a qualificação aos seus servidores.

Aos docentes e técnicos administrativos que fazem da Universidade de Brasília um centro de excelência em ensino e pesquisa.

A prof^a. Dr^a. Rosana Martins, sua orientação e dedicação foram cruciais para a concretização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, seus ensinamentos são a base para a realização deste passo tão importante em nossa vida profissional.

Ao Dr. Francisco Guilhen por todo apoio oferecido na execução do projeto.

A Universidade de São Paulo, em especial a ESALQ/USP pela sua disposição em colaborar com esta pesquisa.

Aos colegas do laboratório de sementes e amigos especiais, Hernani, Ângela, Daniela, Kennya, Juliana, Rafael Cunha e Nádia por todo o apoio recebido por vocês, sou eternamente grato.

Aos pesquisadores que, com seus trabalhos, contribuíram para o progresso da ciência na área de sementes florestais.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência do teste de raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e sua relação com o teste de germinação para sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. Foram colhidos três lotes de sementes procedentes da região do Distrito Federal e cidades do entorno. Foi utilizado o equipamento digital Faxitron X-ray para realização do teste de raios X. Após as radiografias as sementes foram identificadas e classificadas de acordo com a morfologia interna em: Sementes Cheias, Vazias e/ou Mal formadas. O teste de condutividade elétrica e pH do exsudato foram realizados empregando-se o método individual em dois períodos de embebição, 30 (T1) e 60 (T2) minutos. Para cada categoria de sementes obtidas pelo teste de raios X, e posteriormente condutividade elétrica e pH do exsudato, foi realizado o teste de germinação. Utilizou-se o delineamento estatístico em esquema fatorial, com três lotes, três categorias (cheia, vazia e mal formada) e dois tempos (30 e 60 min.) de embebição. Os tratamentos foram replicados 20 vezes e as 10 unidades experimentais foram dispostas inteiramente ao acaso. Foram feitas análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. A categoria cheia para ambos os lotes foi a que apresentou uma maior frequência de sementes de *Terminalia argentea*, diferindo estatisticamente das categorias vazias e mal formadas. Pode-se verificar que o tempo de 30 min. exerce um maior efeito na separação dos lotes de sementes através do teste de condutividade elétrica, sendo este o melhor tratamento. O teste de condutividade elétrica e pH do exsudato individual não foram eficientes para apresentar confiabilidade satisfatória na estimação da porcentagem da viabilidade das sementes, porém, foram eficientes na distinção dos lotes. Os testes de raios X, de condutividade elétrica e de pH do exsudato foram eficientes na distinção dos lotes de sementes de *Terminalia argentea*. A importância de uma metodologia de fácil execução, visando estimar o poder germinativo dos lotes de sementes, ficou comprovada pelo teste de raios X em sementes de *Terminalia argentea* por ser um método rápido e confiável, portanto, também deve ser empregado para análise de vigor de outras espécies florestais.

Palavras chaves: Condutividade elétrica, germinação, pH do exsudato, raios X.

ABSTRACT

The objective of this present work was evaluate the efficiency of X-ray tests, electrical conductivity, pH of exudate test and its relation to the germination test for *Terminalia argentea* Mart. et Zucc seeds. There were chosen three sets of seeds from the area of Distrito Federal and nearby cities. The x-ray tests were conducted with the Faxitron X-ray digital equipment. After the radiography, the seeds were identified and ranked according to its internal morphology in: full seeds, empty or badly formed seeds. The electrical conductivity test and exudates tests were performed individually in two times of soaking, 30 (T1) and 60 (T2) minutes. For each category of seeds obtained from the X-ray tests, and lately electrical conductivity and pH of exudate test, the germination test was performed. It used a statistical factorial design, with three sets, three categories (full, empty and badly formed) and two times (30 and 60 minutes) of soaking. The treatments were replied 20 times and the 10 experiment units were disposed randomized. An analysis of variance (ANOVA) was performed and its averages were compared with the Tukey test, in a 5% probability level. The full category for both sets presented the higher frequency for *Terminalia argentea* seeds, differing statistically from the empty and badly formed categories. It was possible to verify that the 30 minutes times exerts grater effect in separating sets of seeds through the electrical conductivity test, being that the best for treatment. The electrical conductivity and pH of seed exudate individual tests weren't efficiency to present satisfactory trustworthiness in estimating the percentage of seeds viability, however, were proven efficiency in sets distinction. The X-ray tests, the electrical conductivity and the pH of exudate test were efficiency on sets distinction of *Terminalia argenta* seeds. The importance of an easy performable methodology, aiming to estimate the germination capacity of sets of seeds, was proven through the X-ray tests in *Terminalia argentea* seeds for being a fast and reliable method, therefore, should be applied in strength analysis of other forest species.

Key words: Electrical conductivity, germination, pH of exudate, X-rays.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 HIPÓTESE	3
1.3 OBJETIVO GERAL.....	4
1.3.1 Objetivos específicos.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 PRODUÇÃO DE SEMENTES FLORESTAIS	5
2.2 ANÁLISE DE SEMENTES FLORESTAIS	6
2.3 TESTE DE GERMINAÇÃO	9
2.4 TESTE DE RAIOS X	10
2.5 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	12
2.6 TESTE DE pH DO EXSUDATO.....	14
2.6 <i>Terminalia argentea</i> MART. et ZUCC.	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 COLETA DAS SEMENTES.....	19
3.2 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE.....	22
3.3 TESTE DE RAIOS X.....	22
3.4 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	25
3.5 TESTE DE pH DO EXSUDATO.....	25
3.5 TESTE DE GERMINAÇÃO.....	26
3.6 ANÁLISE DOS DADOS	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE.....	29
4.2 TESTE DE RAIOS X.....	31
4.3 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	41
4.4 TESTE DO pH DO EXSUDATO	50
4.5 TESTE DE GERMINAÇÃO.....	54
5. CONCLUSÃO.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Localização das matrizes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.....	20
Tabela 4.1. Umidade dos lotes de sementes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.....	29
Tabela 4.2. Estatística descritiva da média amostral (\bar{X}), variância (S^2), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV%) dos dados do teor de umidade de três lotes de sementes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	30
Tabela 4.3. Análise de variância para a frequência de sementes em cada categoria considerando os fatores Categorias de raios X e Lotes, bem como suas interações.	33
Tabela 4.4. Análise de variância das frequências de sementes das categorias de raios X e seu efeito com os Lotes.	33
Tabela 4.5. Análise de variância das frequências de sementes e sua relação com as categorias de raios X....	33
Tabela 4.6. Porcentagens de sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. obtidas em cada categoria de acordo com o teste de raios X.....	33
Tabela 4.7. Análise de variância da germinação e seu efeito com os lotes e categorias obtidas pelo teste de raios X, e suas interações.....	36
Tabela 4.8. Porcentagem de Germinação (%) de três lotes de sementes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. encontrada para as categorias cheias, vazia e mal formadas obtidas através da análise das imagens de sementes radiografadas.	37
Tabela 4.9. Análise de variância da regressão linear simples da variável independente (frequência observada) versus variável dependente (germinação) e sua correlação.	40
Tabela 4.10. Porcentagem de três lotes sementes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc em cada intervalo de condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente) acondicionadas em 50 mL de água deionizada a diferentes tempos de embebição.	42
Tabela 4.11. Análise de variância dos valores de condutividade elétrica individual de três lotes de sementes da espécie <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. e seus efeitos com o tempo e lote, bem como suas interações.	43
Tabela 4.12. Análise de variância dos valores de condutividade elétrica individual e seu efeito sobre o período de embebição dos três lotes utilizados.....	43
Tabela 4. 13. Análise de variância dos dados de condutividade elétrica individual e seu efeito sobre os lotes em função do tempo.	44
Tabela 4.14. Valores médios de condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente) de três lotes de sementes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. em dois períodos de embebição.....	44
Tabela 4.16. Análise de variância da regressão linear simples da variável condutividade elétrica individual com as respectivas plântulas normais e sementes não germinadas provenientes do teste de germinação.	48
Tabela 4.17. Análise de variância dos valores da porcentagem de vigor obtidas pelo teste do pH do exsudato e sua efeito sobre os lotes de sementes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc	50
Tabela 4.18. Análise de variância dos valores da porcentagem de vigor obtidas pelo teste do pH do exsudato e sua efeito sobre o período de embebição das sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc	50
Tabela 4.19. Valores médios de porcentagem de viabilidade de três lotes de sementes da espécie <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. obtidas pelo teste de pH do exsudato em dois tempos de embebição.	51

Tabela 4.20. Análise de variância dos valores da porcentagem de vigor obtidas pelo teste do pH do exsudato e sua efeito sobre o período de embebição das sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	53
Tabela 4.21. Valores médios de porcentagem de vigor e de germinação (G), de sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. submetidas ao teste do pH do exsudato em dois tempos de embebição.	53
Tabela 4.22. Análise de variância da regressão linear simples das variáveis teste do pH do exsudato e teste de germinação para sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et. Zucc.	54
Tabela 4.23. Análise de variância dos lotes de sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. e sua interação com a porcentagem de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG).	55
Tabela 4.24. Valores médios da porcentagem de Germinação (%G), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) em dias, de três lotes de sementes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	55
Tabela 4.25. Análise de variância da regressão linear simples da variável porcentagem de germinação e sua relação com o índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	56
Tabela 4.26. Análise de variância da regressão linear simples da variável porcentagem de germinação e sua relação com o tempo médio de germinação de sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Aspecto do fuste levemente tortuoso, característico da espécie arbórea <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	16
Figura 2.2. Folhas e frutos da espécie florestal arbórea <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	17
Figura 2.3. Mudanças de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et. Zucc. produzidas no Viveiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília - <i>Campus Planaltina</i> , destinadas ao projeto de recuperação da bacia do rio São Bartolomeu - DF.	18
Figura 3.1: Esquema do trabalho.	19
Tabela 3.1. Localização das matrizes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	20
Figura 3.2 – Frutos de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. intacto (A) e beneficiado (B).	21
Figura 3.3. Equipamento digital Faxitron x-ray no laboratório de análise de imagem da ESALQ/USP.	23
Figura 3.4. Arranjo das sementes identificadas após o teste de raios X.	24
Figura 3.5. Fluxograma do desenho experimental.	27
Figura 4.1. Identificação da parte interna da semente de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. através da sua imagem radiografada: EX = região do eixo embrionário; EC = endocarpo.	31
Figura 4.2. Sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. classificadas como cheias (A), mal formadas (B) e vazias (C) através da análise das imagens radiografadas.	32
Figura 4.3. Sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. visualmente intactas (A, D e G), classificadas pela análise radiográfica em Semente Cheia (B), Semente mal formada (E) e Semente vazia (H); originando plântula normal (C) e sementes não germinadas e/ou mortas (F e I).	38
Figura 4.4. Diagrama de dispersão dos dados da regressão linear simples das variáveis categorias de raios X e sua associação com a germinação das sementes da espécie <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	41
Figura 4.5. Análise Box-plot de condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente), para plântulas normais (PN) e sementes não germinadas (NG) de três lotes de sementes (1, 2 e 3) de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	46
Figura 4.6. Valores médios de condutividade elétrica individual para Plântulas Normais (PN) e Sementes não Germinadas (NG) de três lotes de sementes (1, 2 e 3) da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.	47
Figura 4.7. Dispersão dos dados de regressão linear simples dos valores médios de condutividade elétrica individual e seu efeito sobre os resultados do teste de germinação.	49
Figura 4.8. Sementes de <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. embebidas em água destilada e classificadas como viáveis (A) e inviáveis (B) pelo teste de pH do exsudato a adição das soluções indicadoras.	52
Figura 4.09. Dispersão dos dados da regressão linear simples dos valores médios de porcentagem de germinação (%G) e sua interação com o índice de velocidade de germinação (IVG) em dias, de três lotes de sementes da espécie florestal <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc.	57

Figura 4.10. Dispersão dos dados da regressão linear simples dos valores médios de porcentagem de germinação (%G) e sua interação com o tempo médio de germinação (TMG) em dias, de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc..... 57

Figura 4.11. Germinação acumulada de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. no período de 70 dias..... 58

1 INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal nativa do bioma Cerrado encontra-se bastante fragmentada, em função do desenvolvimento do agronegócio brasileiro e estabelecimentos de áreas urbanas. O Cerrado foi identificado como um dos mais ricos e ameaçados ecossistema mundial, um *hotspot* da biodiversidade (MYERS et al., 2000). Conhecer as espécies florestais deste ecossistema é de suma importância para desenvolver estratégias governamentais de preservação de áreas representativas deste bioma (SANO et al., 2008). Assim, a conservação da vegetação pelo banco de sementes no solo, a recuperação de áreas degradadas, o estabelecimento de bancos de germoplasma, plantios comerciais para exploração econômica nos seus diversos fins, dependem da obtenção de sementes de boa qualidade para propagação das espécies selecionadas.

A importância da investigação científica em tecnologia de sementes se baseia no seu uso a fim de reduzir custos e desenvolver novas técnicas de produção em diversos experimentos, cujos objetivos seriam tanto a sua conservação ou a sua adaptação em empreendimentos comerciais e em programas de recuperação de áreas degradadas.

Considerável vetor tecnológico deflagrado pela sua valorização qualitativa, o setor de sementes destaca-se por ser um dos mais importantes insumos. Segundo Peske & Levien (2005), a demanda por sementes no Brasil tem apresentado crescente desenvolvimento, com expressividade para as principais culturas de importância comercial. Neste contexto, concentram-se grandes esforços no sentido do aumento de produtividade e nos parâmetros de avaliação dos padrões de qualidade dos lotes. A qualidade torna-se um importante aspecto na produção, beneficiamento e comercialização de sementes de espécies florestais, sendo este um elemento cada vez mais desejável para a competitividade da cadeia produtiva do setor de sementes.

A tecnologia para análises de sementes florestais, em especial as de ocorrência no bioma Cerrado, passam a ser valorizada pelo fato de fornecerem dados que evidenciem a qualidade física e fisiológica de um lote de sementes com finalidades imediatas para semeadura e armazenamento.

A crescente demanda por sementes de espécies arbóreas nativas do Cerrado tem gerado a necessidade do desenvolvimento de tecnologias para a avaliação da qualidade dessas sementes que é realizada por meio de testes, que na maioria das vezes, são

considerados destrutivos (SILVA et al., 2007). Os testes de condutividade elétrica, tetrazólio, pH de exsudato e germinação, são bastante utilizados atualmente para avaliação do potencial fisiológico dos lotes de sementes. Entretanto, novos recursos de pesquisas para avaliar a qualidade das sementes tem demonstrado grande eficiência, com resultados rápidos e não destrutivo, destacando-se a captura de imagens de sementes pela técnica de raios X.

O teste de raios X vem sendo empregado em programas de controle de qualidade de sementes para diversas espécies agrícolas e florestais. Essa alternativa para análise de sementes permite conservá-las para outros testes e compara a imagem com os resultados do teste de germinação. Segundo Mattos & Medeiros (2000), o benefício mais importante da técnica de raios X é o de fornecer, de imediato, uma indicação sobre as anormalidades morfológicas ou danos mecânicos eventualmente existentes e que prejudicam a germinação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Considerando os interesses econômicos e de conservação das espécies arbóreas do Cerrado, torna-se necessário intensificar as pesquisas referente a qualidade fisiológica das sementes de espécies deste Bioma.

As compensações ambientais como a reposição obrigatória de mata nativa nas propriedades rurais e a recuperação de áreas degradadas, visando atender a rigor das leis federais e estaduais, propiciaram o aumento na demanda de sementes de espécies florestais arbóreas nativas que constituem insumo básico nos programas de recuperação e de conservação do ecossistema (VECHIATO, 2010). Neste sentido, justifica-se a escolha da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. (Combretaceae) devido as inúmeras possibilidades de uso de seus produtos madeireiros e não madeireiros, com destaque para sua utilização em programas de recuperação de áreas degradadas.

Os conhecimentos adquiridos através da pesquisa em Tecnologia de Sementes são extremamente importantes para a inserção da espécie florestal *Terminalia argentea* nas atividades comerciais de mudas nativas, principalmente para algumas espécies que possuem uma escassez de informação sobre a qualidade das suas sementes e de produção de mudas.

A produção de sementes e mudas de espécies arbóreas nativas vem exigindo um refinamento das técnicas de análise de sementes. Necessita-se, em imediato, desenvolver testes rápidos para avaliação de viabilidade de sementes, principalmente para aquelas com baixa capacidade de armazenamento e germinação lenta. Esses diferentes comportamentos fisiológicos obrigam uma rápida indicação da utilização dessas sementes, o que justifica o desenvolvimento de teste de curta duração (MATTOS, 2009).

O aprimoramento de técnicas rápidas e simples que forneçam, com precisão, informações a respeito de sementes nativas do Cerrado podem contribuir para a seleção de lotes em programas de controle de qualidade e, conseqüentemente, aumentar a eficiência do sistema de produção.

As espécies florestais são caracterizadas pela grande ocorrência de predação, sementes não verdadeiras e deficiência na formação do embrião. Desta maneira, o teste de raios X é recomendado por ser uma técnica viável no controle de qualidade de sementes das espécies florestais.

O teste de raios X é um método rápido e não destrutivo para análise das estruturas internas da semente, como os de condutividade elétrica e pH do exsudato, por isso deve ser empregado para verificação da viabilidade das sementes das espécies florestais do cerrado para detecção de sementes cheias, defeituosas ou vazias e com isso melhorar a qualidade dos lotes para utilização imediata ou para armazenamento, otimizando tempo e custo de produção nos processos de germinação e na formação de mudas. A utilização de raios X na definição morfológica interna e fisiológica de sementes florestais pode substituir os tradicionais testes de germinação.

A classificação das sementes de *Terminalia argentea* conforme a análise das imagens radiografadas pode servir como parâmetro para avaliação da qualidade fisiológica dos lotes de sementes.

1.2 HIPÓTESE

O teste de raios X em sementes apresenta a mesma precisão dos testes de germinação, pH do exsudato e de condutividade elétrica, para analisar a viabilidade dos lotes de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

1.3 OBJETIVO GERAL

Determinar a eficiência do teste de raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e sua relação com o teste de germinação para sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. (Combretaceae).

1.3.1 Objetivos específicos

- Utilizar a técnica de raios X na avaliação dos danos internos das sementes em estudo, visando determinar a qualidade do lote de sementes.
- Verificar os efeitos de danos nas sementes de *Terminalia argentea* na germinação.
- Verificar o tempo mais adequado de exposição das sementes da espécie estudada neste trabalho, aos testes de condutividade elétrica e pH do exsudato.
- Verificar a confiabilidade do teste de condutividade elétrica perante o teste de germinação.
- Verificar a confiabilidade do teste de pH do exsudato perante o teste de germinação.
- Verificar a associação dos testes de estimação do vigor dos lotes de sementes com os respectivos resultados do teste de germinação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO DE SEMENTES FLORESTAIS

O interesse na propagação de espécies florestais nativas tem se intensificado devido à ênfase na problemática ambiental, ressaltando-se a necessidade de recuperação de áreas degradadas e recomposição da paisagem (MORAIS, 2004; LIMA JUNIOR, 2010).

A propagação de diversas espécies florestais nativas encontra sérios gargalos em decorrência do baixo nível de conhecimento sobre as características fisiológicas e morfológicas de suas sementes. Este cenário, segundo Machado (2002), representa uma limitação em qualquer programa de maior extensão que necessite periodicamente de sementes de alta qualidade para a propagação das espécies, visando à preservação e utilização com os mais diversos interesses.

As espécies florestais nativas ocupam importante e crescente espaço no mercado de sementes (AGUIAR, 1995). Entretanto, até o momento, permanece um vazio para se formalizar as atividades de comercialização e controle de qualidade com sementes procedentes de espécies nativas, tanto por carência de conhecimento do comportamento biológico de muitas espécies como de padrões estabelecidos para a sua comercialização (WIELEWICKI et al., 2006).

De acordo com Cherobini (2006), o uso de testes mais rápidos para a avaliação da qualidade das sementes é importante por fornecer ao viveirista uma noção precisa quanto ao comportamento na semeadura. No entanto, apesar da importância da produção de sementes, muitos fatores biológicos e ambientais interferem na aquisição de sementes com as qualidades genéticas e fisiológicas desejáveis (MORA et al., 1981). As sementes devem ser obtidas de modo a garantir a qualidade, a sanidade e o vigor necessário para um bom desempenho na etapa de produção de mudas (RIBEIRO et al., 2001).

A produção de sementes de alta qualidade requer cuidados especiais, pois a desatenção durante as diversas fases de sua obtenção pode acarretar a recusa de lotes ou mesmo de toda a produção (TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977). Ter um embasamento científico para produção de sementes de uma espécie significa explorá-la em sua máxima capacidade a um baixo custo. No Brasil, as espécies florestais nativas utilizadas para diversos fins comerciais vêm ganhando destaque, principalmente pelo fato do país tropical apresentar características extremamente favoráveis ao cultivo das mesmas.

A aquisição de sementes de alto padrão qualitativo pode ser limitada pelos baixos níveis de informações científicas, comprometendo a rentabilidade do empreendimento (LIMA JUNIOR, 2010). As possíveis consequências podem ser limitações germinativas, de adaptabilidade a campo, porcentagem de sobrevivência, elevação do custo de produção e baixa produtividade. Conhecer estes parâmetros é extremamente importante para se determinar a qualidade de cada lote de sementes. De acordo com Martins (2004), é necessário que haja disponibilidade de protocolos de germinação de sementes, bem como o conhecimento das condições necessárias e adequadas para o crescimento inicial das plantas. Apesar do aumento considerável de dados sobre sementes de espécies arbóreas nativas, muitas ainda carecem de informações básicas referentes às condições ideais de germinação (OLIVEIRA & FARIA, 2009).

A produção de sementes de alta qualidade, de acordo com Flores et al. (2011), é importante para qualquer programa de produção de mudas. A produção de sementes de baixo poder germinativo significa altos custos iniciais indesejáveis, e, desta maneira, as etapas de produção de sementes devem ser planejadas para obtenção de sementes com qualidade satisfatória e em quantidades suficientes (NOGUEIRA & MEDEIROS, 2007).

2.2 ANÁLISE DE SEMENTES FLORESTAIS

A análise de sementes é o exame de uma amostra com a finalidade de estabelecer a qualidade das sementes de um determinado lote, sendo esta definida por parâmetros genético, físico, fisiológico e sanitário (LOPES & NASCIMENTO, 2009).

O aprimoramento da ciência a respeito da tecnologia de sementes e de suas características morfológicas e ecofisiológicas das espécies florestais torna-se de grande importância para a conservação dos diversos ecossistemas, pois, fornecem dados que expressão a qualidade física e fisiológica dos lotes de sementes para fins de semeadura, armazenamento e comercialização, bem como a manutenção da biodiversidade (FLORES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2006) .

A adequação de técnicas em análise de sementes florestais e a busca por novas metodologias assumem um importante papel dentro de pesquisas em tecnologia de sementes, fornecendo dados que cujos objetivos seriam tanto a preservação como a utilização dessas espécies, com os mais variados interesses econômicos, bem como a produção de sementes melhoradas geração após geração (ANDRADE & PEREIRA, 1994; SMIDERLE & SOUZA, 2003). As Regras para Análise de Sementes detêm os

procedimentos básicos exigidos para a obtenção de amostras, para os métodos de avaliação, para interpretação e indicação de resultados de análise dos lotes de sementes para a produção e comercialização (BRASIL, 2009). É de fundamental importância que os métodos padronizados forneçam dados precisos e confiáveis (LIMA JUNIOR, 2010).

O vigor é um dos aspectos mais importantes na análise da qualidade de sementes, ponderando que o processo de deterioração está diretamente relacionado com a perda do vigor (CHEROBINI et al., 2008). Marcos Filho (1994) descreve que o vigor das sementes é reflexo de um conjunto de características ou propriedades que definem o seu potencial fisiológico, ou seja, o comportamento quando são expostas às diferentes condições ambientais. Para o International Seed testing Association (ISTA, 1995), o vigor de sementes é o somatório das propriedades que determinam o nível do potencial da atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e emergência de plântula. O desenvolvimento de métodos para determinar o vigor de sementes tem por base o conhecimento de que o processo de deterioração tem início imediatamente após a maturidade fisiológica e prossegue enquanto as sementes permanecem em campo, durante a colheita, processamento e armazenamento (KRZYZANOWSKI et al., 1991).

O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) é um índice calculado a partir dos dados de contagem de sementes germinadas e que tem por objetivo estabelecer as diferenças na velocidade de germinação de acessos, grupos ou lotes de sementes muito utilizado para se determinar o vigor da maioria das espécies florestais (BRASILEIRO et al., 2008). Baseia-se no princípio de que os lotes que apresentam maior velocidade de germinação das sementes são os mais vigorosos, ou seja, há uma relação direta entre a velocidade de germinação e o vigor das sementes (BRASIL, 1992; MAGUIRE, 1962). A determinação da qualidade fisiológica das sementes através da massa seca e/ou fresca das plântulas também é muito empregada. Quanto maiores os valores de matéria seca e fresca de plântulas, mais vigorosas são consideradas as amostra do lote de sementes (NAKAGAWA, 1999).

A avaliação da qualidade fisiológica é um parâmetro importante a ser considerado em um programa de produção de sementes. Para Sarmiento & Villela (2010), o conhecimento sobre o comportamento fisiológico das sementes florestais nativas é de suma importância para a sua conservação. Testes que forneçam resultados em períodos de tempo com maior rapidez, são os mais demandados para agilizar as tomadas de decisão nas

diversas etapas da cadeia produtiva (BHERING et al., 2005). A agilidade na obtenção de resultados torna-se imprescindível nos programas de controle de qualidade das empresas fornecedoras de sementes florestais. Para Luz et al. (2010), testes rápidos tem se demonstrado importantes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes, pois demandam um período de tempo curto para fornecer dados que podem ser analisados em imediato.

Um dos aspectos mais pesquisados nos últimos anos tem sido a qualidade fisiológica das sementes, em decorrência de estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas após a sua maturação (AGUIAR et al., 2010). A época de colheita, tanto na árvore quanto no solo, nem sempre coincide com o seu pleno vigor e a colheita feita antes ou após o amadurecimento poderá implicar desfavoravelmente a produção de mudas (BORGES & BORGES, 1979). A partir da fertilização, o óvulo fecundado sofre uma série de modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas, que culminam com a formação da semente madura, compreendendo este conjunto de transformações, o processo de maturação das sementes (PIÑA-RODRIGUES & AGUIAR, 1993; MATEUS et al., 2011).

O ponto de maturidade fisiológica pode variar em função da espécie e do local, havendo, portanto, a necessidade de estabelecimento de parâmetros que permitam a definição da época adequada de colheita, denominados de índices de maturação (PIÑA-RODRIGUES & AGUIAR, 1993). O acompanhamento do desenvolvimento das sementes é feito com base nas modificações que ocorrem em algumas características físicas e fisiológicas, como: tamanho, teor de água, conteúdo de massa seca acumulada, germinação e vigor (SILVEIRA et al., 2002; MARCOS FILHO, 2005). Para Aguiar et al., (1993), o ponto de maturidade fisiológica é variável entre e dentro da espécie, de acordo com o habitat natural. Alguns trabalhos desenvolvidos no Brasil com espécies nativas, segundo Piña-Rodrigues & Aguiar (1993), demonstraram que a mudança de coloração dos frutos é um bom indicador de campo de maturidade fisiológica para grande parte das espécies arbóreas nativas de diversos biomas.

Corvello et al. (1999), ao analisar sementes de *Cedrela fissilis* Vell., determinaram que o teor de água nas sementes reduz significativamente logo no início do processo de maturação fisiológica, 27 semanas após a antese, chegando a atingir os menores percentuais na última colheita (35ª semana após a antese). Já em sementes de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth), Brenan (L.) Harms o teor de água das sementes se manteve elevado até os 220 dias após a frutificação ocasião, na qual as sementes

expressavam valores máximos de massa seca, germinação e vigor (SOUZA & LIMA, 1985). Para sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, Borges et al. (1980) verificaram que o teor de água encontrava-se em torno de 22%, no ponto de maturidade fisiológica, o qual coincidiu com a máxima porcentagem de germinação.

As espécies florestais nativas possuem grande potencial para o uso comercial e para recuperação de áreas degradadas; entretanto, as análises para viabilizar e maximizar a sua posição no mercado de sementes e de produção de mudas ainda fazem-se necessárias (SARMENTO & VILLELA, 2010).

2.3 TESTE DE GERMINAÇÃO

Apesar da dimensão e da importância do bioma Cerrado, a germinação das sementes de suas espécies só foi estudada com mais intensidade, em diferentes níveis e aspectos, a partir da década de 60 (LABOURIAU, 1996).

O processo fisiológico da germinação inicia-se com a entrada da água na semente, a embebição e termina com o início do alongamento do eixo embrionário, mais conhecido como radícula. Para análise de sementes considera-se que a germinação inicia-se na embebição e termina com a formação da plântula (RIBEIRO et al., 2001). A água é o fator imprescindível, pois é com a absorção de água por embebição que se inicia o processo da germinação. Para que isso aconteça, há a necessidade de que a semente alcance um nível adequado de hidratação, a qual permite a reativação dos processos metabólicos (LABOURIAU, 1996). Espécies nativas tropicais em sua maioria possuem exigências específicas de germinação, podendo variar de espécie para espécie (LUNA et al., 2009).

O teste de germinação consiste em determinar o potencial germinativo de um determinado lote de forma a avaliar a qualidade fisiológica das sementes para os seus diversos fins (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Como se trata de um teste de controle de qualidade, deve ser realizado em condições ideais de laboratório sob controle de luz, umidade e de temperatura (FERREIRA & BORGHETTI, 2004).

Para avaliar a qualidade de determinado lote de sementes em laboratório, é necessário dispor de um padrão de germinação para cada espécie, pois cada uma apresenta sementes com características distintas quanto ao seu comportamento fisiológico e germinativo (WIELEWICKI et al., 2006). Dessa forma, pesquisas que contribuam para a geração de conhecimentos técnicos de espécies nativas, bem como métodos para uma

padronização dos testes de vigor e germinação dessas espécies são eficazes (ABDO & PAULA, 2006).

Para Carvalho e Nakagawa (2000) o teste de germinação é o principal critério utilizado na avaliação da qualidade fisiológica das sementes, o que permite conhecer o potencial germinativo de uma dada espécie. O resultado é utilizado para determinar a taxa de semeadura e a comparação de valores qualitativos dos lotes para a comercialização. A análise de germinação sob o ponto de vista de Martins Netto & Faiad (1995), é importante para avaliar a qualidade do germoplasma coletado e verificar sua potencialidade para conservação em bancos de germoplasma *ex situ*.

Brançalion et al. (2010), ao estudarem a padronização do teste de germinação para sementes de espécie arbóreas brasileiras, determinaram que a temperatura constante a 25° C é a mais adequada para condução dos teste de germinação em espécies do bioma Cerrado e da Mata Atlântica. Em estudos de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (canafístula) Oliveira et al. (2008), determinaram que a temperatura de 30 ° C e o substrato de rolo de papel proporcionaram as condições ideais para a ocorrência da germinação em um maior tempo.

2.4 TESTE DE RAIOS X

A análise de sementes é considerada uma atividade dinâmica constantemente evoluída, caracterizada pelas melhorias contínuas do desenvolvimento de processos e padronização. Para Guedes et al. (2011), a padronização desses métodos deve ser constantemente reavaliada mediante aplicação de testes de referência, de testes alternativos e da determinação de novas metodologias.

A análise de sementes através das imagens radiográficas é uma alternativa relativamente recente para classificar os diversos aspectos das sementes. Neste sentido a captura e o processamento da imagem radiografada, tem permitido o estabelecimento de relações entre integridade, morfologia e determinação do potencial fisiológico das sementes (MARCUS FILHO et al., 2010).

Um dos requisitos básicos para identificação de problemas associados com o potencial fisiológico de sementes é a averiguação da sua morfologia interna. Estudos dirigidos para avaliação da morfologia interna de sementes têm sido executados pela

técnica de análise de imagens. Dentro os métodos utilizados para esta finalidade, destaca-se o teste de raios X (GOMES JUNIOR, 2010).

O teste de raios X vem sendo empregado em programas de qualidade e como auxiliar nos estudos morfológicos e fisiológicos para diversas espécies agrônômicas e florestais (MELO et al., 2009). Essa técnica foi inicialmente utilizada por Simak & Gustafsson (1953), na avaliação da qualidade de sementes de *Pinus sylvestris* L., por apresentar a vantagem de não alterar a viabilidade das sementes (SIMAK et al., 1989), permitindo que as mesmas sejam semeadas para comparação com o teste de germinação, possibilitando o estudo da germinação em relação à imagem radiográfica. Segundo Gomes Junior et al. (2012) métodos não destrutivos são desejáveis para uma avaliação precisa da morfologia interna das sementes.

O uso da radiografia por meio de raios X de baixa energia para avaliação da qualidade física das sementes é indicado pela ISTA (1996) que o considera um método rápido e não destrutivo, prescrevendo-o com a finalidade básica de detectar e analisar as estruturas internas das sementes, permitindo a visualização de sementes cheias, vazias, mal formadas, com danos mecânicos ou ataque de insetos e fungos, e em alguns casos, possibilitando a detecção de anormalidades no embrião, além do seu estágio de desenvolvimento (SIMAK & GUSTAFSSON, 1953; SIMAK et al., 1989). Nessa circunstância, sementes da amostra destinada ao teste de germinação são previamente radiografadas e classificadas, de acordo com o perfil morfológico visualizado.

A qualidade da imagem obtida permanentemente formada no filme radiográfico de acordo com Bino et al. (1993), varia em função da espessura, densidade, composição da semente e comprimento de onda que as sementes foram submetidas. Desta forma, após a disposição das sementes sobre o filme e subsequentemente a radiação, formam-se imagens claras nas regiões mais densas, as quais os raios X não atravessaram, e imagens escuras nas regiões menos densas (ISTA, 1999). Cada equipamento de raios X requer diferentes regulagens de tempo de exposição e voltagens para gerar melhor imagem (BRASIL, 2009). As radiografias são facilmente conservadas, reproduzidas e podendo ser analisadas a qualquer tempo (MENEZES et al., 2005).

Dados sobre a existência de sementes defeituosas e vazias é desejável, já que pode influenciar nos resultados de germinação (CRAVIOTTO et al., 2002). Sementes morfolologicamente perfeitas, identificadas pelo teste de raios X, podem originar plântulas normais ou anormais e as sementes podem estar dormentes ou mortas (PUPIM et al.,

2008). Para Oliveira et al. (2004), o teste de raios X é útil para verificar danos as sementes submetidas a determinados beneficiamentos onde podem ser fisicamente alteradas e os danos não serem visíveis a ótica humana.

Segundo Machado (2002) a aplicação da técnica de raios X é bastante promissora em análise de sementes florestais, principalmente aqueles de grande relevância econômica e ecológica, cuja meios de propagação, inviabiliza a execução de outros métodos para a avaliação da qualidade de sementes que se baseiam no exame do embrião. A técnica de raios X segundo Carvalho & Oliveira (2006), possibilita uma diagnose rápida fornecendo informações relevantes para o trabalho científico e controle de qualidade de sementes.

Essa técnica de análise de imagens radiográficas tem sido aprimorada e já foi comprovada a sua eficiência na identificação de propriedades não visíveis a ótica humana e sua relação com o potencial fisiológico em sementes de *Cedrella fissilis* Vell. (MASETTO et al., 2008); *Peltophorum dubium* (OLIVEIRA et al., 2003) e *Lithraea molleoides* (MACHADO & CÍCERO, 2003). Amaral et al. (2011), observaram que as imagens de raios X em sementes de *Tabebuia heptaphylla* permitiram visualizar o grau de desenvolvimento dos embriões, possibilitando notar anormalidades embrionárias, que provavelmente tiveram origem durante a maturidade fisiológica dos frutos. Espécies florestais da família Lauraceae foram analisadas por Carvalho et al. (2009), onde sementes identificadas com o embrião mal formado pelo teste de raios X, apresentaram-se como mortas no teste de germinação. Pinto et al. (2009), indicam o teste de raios X para avaliação do vigor de sementes de pinhão manso, sendo este procedimento útil para observar as estruturas essenciais das sementes.

Testes de análise de imagens para determinar a qualidade fisiológica de lotes de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc., não foram encontrados na literatura.

2.5 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

O teste de condutividade elétrica é mencionado pela Associação Internacional de Análise de Sementes (ISTA) como um dos mais importantes testes para estimar o vigor dos lotes de sementes, uma vez que apresenta base teórica consistente, objetividade, rapidez, facilidade de execução e possibilidade de ser padronizado como teste rotineiro devido sua reprodutividade (VIEIRA et al., 1994; SANTOS & PAULA, 2005).

O teste de condutividade elétrica avalia a qualidade das sementes de uma forma indireta, uma vez que informa a quantidade de lixiviados na solução de embebição de

sementes. Os solutos lixiviados com propriedades eletrolíticas possuem cargas elétricas que podem ser medidas com o auxílio do equipamento de condutivímetro. Os menores valores, correspondentes a menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico, ou seja, sementes mais vigorosas, revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas membranais das células (KRZYZANOWSKI et al., 1999). Desta forma, o método, segundo Vieira & Krzyzanowski (1999), baseia-se na modificação da resistência elétrica, causada pela lixiviação de eletrólitos dos tecidos da semente para água em que ficou imersa. Os resultados da condutividade elétrica podem ser influenciados por vários fatores com a presença de sementes danificadas fisicamente, tamanho da semente, genótipo de uma mesma espécie, teor de água das sementes, período e temperatura de embebição (KRZYZANOWSKI et al., 1999).

A avaliação da condutividade elétrica pode ser conduzida por dois métodos: condutividade de massa e condutividade individual. Entretanto, segundo Souza (2007), tanto o sistema de massa como o individual são de fácil padronização, pois são realizados em condições de laboratório.

O teste de condutividade elétrica de massa é tido como um dos testes de vigor mais promissores quanto à possibilidade de padronização de metodologia. Um fator de grande relevância para essa padronização está relacionado aos períodos de embebição, pois estes influenciam, de forma direta, a avaliação da condutividade e têm como objetivo agilizar a obtenção de resultados (POWELL, 1998).

A determinação da condutividade elétrica individual de sementes foi proposta por Steere et al. (1981), para avaliar o vigor de sementes. O método foi criado para corrigir problemas na realização do teste de condutividade em amostra com sementes danificadas ou duras, que apresentam variações na capacidade de lixiviação dos solutos. De maneira geral, o princípio do teste de condutividade elétrica individual é o mesmo do sistema massal, bem como as preocupações com os fatores que influenciam os resultados.

Testes realizados com diferentes espécies segundo Dias & Marcos Filho (1996), têm mostrado que o baixo poder germinativo é diretamente proporcional ao aumento da liberação de solutos, indicando que a avaliação da condutividade elétrica é um método rápido e demonstra facilidade de ser padronizado.

Gonzales & Valeri (2011), sugerem o emprego do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Zeyheria tuberculosa*

(bignoniaceae), para esses autores o curto período de tempo e baixo custo faz-se vantajoso para utilização desse teste para determinar o vigor dos lotes de sementes.

Diversos autores, como Hepburn et al. (1984) e Dias & Marcos Filho (1996), recomendam a utilização de um valor de condutividade denominado ponto de partição para estimar a viabilidade de cada espécie, ou seja, separar as sementes viáveis de sementes não viáveis, quando estas apresentarem condutividade abaixo ou acima desse ponto de partição, respectivamente. Este valor é determinado empiricamente de acordo com a espécie estudada.

2.6 TESTE DE PH DO EXSUDATO

Os testes de vigor baseados na integridade dos sistemas de membranas das sementes vêm merecendo especial atenção, por identificar o processo de deterioração na sua fase inicial e permitir que medidas corretivas sejam tomadas para reduzir ou minimizar o seu efeito na qualidade fisiológica da semente. Dentre os métodos que se baseiam nesse princípio destacam-se os teste de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e pH do exsudato (MENEZES, 2013).

De acordo com Piña-Rodrigues et al. (2004), o teste de pH do exsudato é um técnica bioquímica que se baseia nas reações químicas que ocorrem no processo de deterioração e que podem determinar a redução da viabilidade das sementes. O teste se baseia em que sementes em avançado grau de deterioração liberam mais íons H^+ , tornando o meio em que se encontra mais ácido.

O processo de deterioração tem como alteração bioquímica inicial a desestruturação do sistema de membranas ao nível celular (KOOSTRA & HARRINGTON, 1973). A desestruturação de membrana leva a um desequilíbrio na sua capacidade de regular o fluxo de solutos, em ambos os sentidos, tanto na célula como na organela (RIBEIRO, 2000).

A perda da integridade ou descontinuidade das membranas, com a consequente lixiviação de íons e metabólitos voláteis, em quantidades diferentes, ocorrem em função do grau de deterioração das sementes (CHEN & BURRIS, 1991). Segundo Peske e Amaral (1994), os açúcares, os ácidos orgânicos e os íons contribuem na acidificação do meio e provocam a diminuição do pH do exsudato de sementes, as mais deterioradas apresentam maior lixiviação, e conseqüentemente, exsudatos com maior poder tampão. Em contrapartida, as sementes menos deterioradas lixiviam menos, propiciando um menor poder tampão na água de embebição.

Dentre as soluções usadas como indicadoras de pH está a solução de fenolftaleína. O teste de pH do exsudato com fenolftaleína foi utilizado para determinar a viabilidade de sementes de soja por Amaral e Peske (1984), e de feijão por Fernandes et al. (1987). Segundo estes pesquisadores o tempo de 30 minutos para embebição é o mais eficiente para estimar o poder germinativo das sementes.

2.6 *Terminalia argentea* MART. et ZUCC.

Terminalia argentea Mart. et Zucc. popularmente conhecida como capitão, capitão do mato, capitão do campo ou pau de bicho, pertence a família Combretaceae (LORENZI, 2008).

Espécie pioneira de porte arbóreo (Figura 2.1) podendo alcançar até 16 metros de altura, encontrada na região do Centro-Oeste e do Sudeste, abundante no cerrado e na floresta semidecídua; ocorre preferencialmente em topos de morros e alto de encostas onde o solo é bem drenado, tanto na mata primária como em formações secundárias (SILVA et al., 2004).



Figura 2.1. Aspecto do fuste levemente tortuoso, característico da espécie arbórea *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Fonte: o autor.

Apresenta boa adaptabilidade em programas de recuperação de áreas degradadas devido a sua excelente adaptação a solos pobres, portanto deve ser recomendada em projetos que visam a manutenção da biodiversidade (LORENZI, 2008; FERREIRA, 1998). Devido obter características de madeira pesada e dura, possui excelentes utilidades no uso dos seus produtos madeireiros (FERREIRA et al., 1998). Destaca-se também o uso de produtos não-madeireiros desta espécie florestal, como uso medicinal através do xarope da casca utilizado contra tosse; tanto a casca quanto a resina adstringentes, podem ser utilizadas para resolver problemas de aftas e de resfriado e a cinza obtida de sua queima é útil para o curtimento do couro e para o preparo da soda para sabão (LORENZI, 2008).

Espécie de beleza exuberante, contendo como característica morfológica folhas concentradas no ápice do ramo (Figura 2.2), alternas espiraladas, quando novas de coloração prateada; flores amarelas, actinomorfas, com anteras rimosas e ovário ínfero; é comum encontrar espécies de capitão do campo sendo utilizadas em jardins urbanos (LORENZI, 2008).



Figura 2.2. Folhas e frutos da espécie florestal arbórea *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.
Fonte: O autor.

Sua floração pode ser observada durante os meses de julho a setembro. A característica alada do fruto confere a espécie, adaptação para dispersão anemocórica. Este mecanismo de dispersão, comum no cerrado e cerradão, pode ser verificado em aproximadamente 41% das espécies deste bioma (OLIVEIRA & MOREIRA, 1992). Os frutos devem ser obtidos diretamente da árvore quando iniciarem a queda espontânea, ou recolherem no banco de sementes após a queda. As sementes podem ser armazenadas com garantia de viabilidade por um período superior a oito meses (SANO et al., 2008; LORENZI, 2008). O padrão de germinação semi-hipógeo, apresentado pelo capitão-do-campo, é considerado por Oliveira (1993), como intermediário entre as espécies que

apresentam germinação epígea e hipógea, pois, expõem os cotilédones inseridos ao nível da superfície do solo, sendo estes fanerocotiledonares.

O beneficiamento dos frutos para a produção de mudas consiste segundo Scremin-Dias et al. (2006) eliminação das partes aliformes dos frutos e escarificação mecânica. Este procedimento segundo os autores favorecem a entrada de água na semente para desencadear o processo de germinação. A produção de mudas (Figura 2.3) da espécie segundo Lorenzi (2008), deve ser executada em canteiro semi-sombreado contendo substrato arenoso em sua composição. No entanto, Oliveira & Faria (2009) obtiveram resultados eficientes na germinação de sementes de *Terminalia argentea* utilizando substrato argiloso. Esses autores consideraram que a presença de argila nos substratos permitiu uma maior retenção de água, influenciando positivamente na germinação da espécie. A porcentagem de emergência de plântulas é moderada, porém sua germinação é lenta segundo o autor.



Figura 2.3. Mudas de *Terminalia argentea* Mart. et. Zucc. produzidas no Viveiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília - *Campus Planaltina*, destinadas ao projeto de recuperação da bacia do rio São Bartolomeu - DF.

Fonte: o autor.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes e Viveiros Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (Brasília-DF) e no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) na cidade de Piracicaba, SP. Os procedimentos adotados neste estudo estão representados no fluxograma abaixo (Figura 3.1).

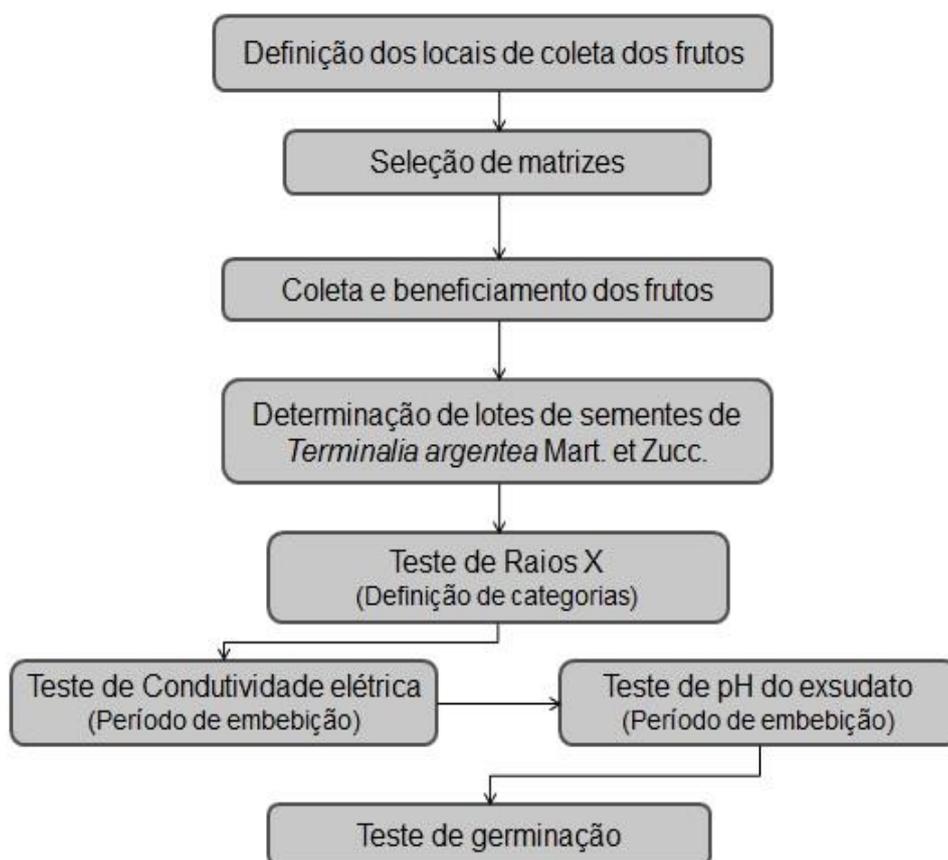


Figura 3.1: Esquema do trabalho.

3.1 COLETA DAS SEMENTES

Foram coletados frutos-sementes secos indeiscentes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. (capitão do campo), em áreas de cerrado *sensu stricto* do Distrito

Federal no mês de setembro de 2012, considerando o vigor, porte e sanidade das matrizes selecionadas.

Os locais de coletas dos frutos foram especificamente na Fazenda Água Limpa (lote 01), áreas externas do Campus Darcy Ribeiro (lote 02) e região do entorno da cidade de Brasília (lote 03). A escolha das regiões de obtenção dos frutos, bem como a distinção dos lotes de sementes, foram em razão de fragmentos de vegetação encontrados em centros urbanos, Área de Proteção Ambiental (APA) destinada a conservação e proteção do ecossistema e matrizes identificadas ao longo da rodovia de ligação da Cidade de Brasília à Cristalina – GO (BR 040) em ambientes degradados.

Os fragmentos de vegetação de onde se localizam as matrizes da espécie em estudo foram devidamente georreferenciados com o auxílio do equipamento GPS GARMIM Vista (Tabela 3.1). Este procedimento de localização *in loco* das espécies tem por finalidade facilitar o acesso às matrizes para coletas futuras.

Tabela 3.1. Localização das matrizes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Lote	Matriz	Coordenadas Geográficas	Ponto de Referência
1	01	S 15° 77. 406' W 47° 86. 519'	UnB – <i>Campus</i> Darcy Ribeiro
	02	S 15° 77. 323' W 47° 86. 494'	UnB – <i>Campus</i> Darcy Ribeiro
	03	S 15° 77. 396' W 47° 86. 598'	UnB – <i>Campus</i> Darcy Ribeiro
	04	S 15° 77. 267' W 47° 86. 449'	UnB – <i>Campus</i> Darcy Ribeiro
	05	S 15° 77. 477' W 47° 86. 546'	UnB – <i>Campus</i> Darcy Ribeiro
	06	S 15° 77. 764' W 47° 86. 832'	UnB – <i>Campus</i> Darcy Ribeiro
	07	S 15° 77. 441' W 47° 86. 485'	UnB – <i>Campus</i> Darcy Ribeiro
	08	S 15° 77. 566' W 47° 86. 554'	UnB – <i>Campus</i> Darcy Ribeiro
2	09	S 15° 57. 000' W 47° 58. 515'	Fazenda Água Limpa - UnB
	10	S 15° 59. 020' W 47° 60. 320'	Fazenda Água Limpa - UnB
3	11	S 16° 27. 050' W 47° 48. 280'	Cidades do entorno – BR 040 (Goiás)
	12	S 16° 27. 320' W 47° 48. 081'	Cidades do entorno – BR 040(Goiás)
	13	S 16° 29. 157' W 47° 48. 325'	Cidades do entorno – BR 040(Goiás)
	14	S 16° 39. 378' W 47° 43. 233'	Cidades do entorno – BR 040(Goiás)
	15	S 16° 37. 087' W 47° 82. 829'	Cidades do entorno – BR 040 (Goiás)
	16	S 16° 36. 332' W 47° 45. 471'	Cidades do entorno – BR 040 (Goiás)
	17	S 16° 36. 445' W 47° 45. 335'	Cidades do entorno – BR 040 (Goiás)
	18	S 16° 38. 339' W 47° 82. 554'	Cidades do entorno – BR 040 (Goiás)
	19	S 16° 44. 571' W 47° 81. 112'	Cidades do entorno – BR 040 (Goiás)
	20	S 16° 62. 698' W 47° 74. 121'	Cidades do entorno – BR 040 (Goiás)

Foram selecionadas 20 matrizes; sendo 8 no lote 1, 2 no lote 2 e 10 no lote 3. A coleta foi realizada adotando as recomendações de Lorenzi (2008), onde os frutos-sementes foram obtidos diretamente da árvore, próximo do período de maturidade fisiológica, com o auxílio de um podão e lona para facilitar o recolhimento dos mesmos.

Após a coleta dos frutos, foi realizado o beneficiamento retirando-se, com o auxílio de uma tesoura de poda, as expansões aliformes do fruto, para facilitar a aplicação dos testes de análise tecnológica das sementes (Figura 3.2). Posteriormente foi realizada uma escarificação mecânica, dando um pequeno corte com o auxílio de um estilete na parte lateral do fruto.



Figura 3.2 – Frutos de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. intacto (A) e beneficiado (B).

Os frutos foram homogeneizados e armazenados em sacos de papel até a realização dos testes em condições de laboratório. As amostras para realização dos testes foram retiradas ao acaso de cada lote de sementes.

Os frutos de sementes de capitão do campo foram submetidos ao processo de assepsia, para se evitar possível contaminação. Assim, as referidas sementes foram imersas em solução de hipoclorito de sódio com 2% de cloro ativo por um período de 10 minutos. Após o tempo indicado, as sementes foram lavadas em água corrente por 10 minutos, sendo secas por papel toalha, e deixadas sobre uma bancada por um período de 2 4 horas. Em seguida, foram armazenadas em sacos de papel, mantidas em temperatura ambiente até a realização dos testes.

3.2 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE

Em cada lote foram retirados três amostras de 10 sementes para determinar o teor de umidade. O peso das amostras foi determinado através de uma balança digital de precisão de 0,001g. Em seguida, foi determinado o teor de água pelo método padrão de estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por um período de 24 horas (BRASIL, 2009).

A determinação do teor de umidade (%) foi através da fórmula estabelecida pelas Regras para análise de sementes (BRASIL, 2009):

$$\% \text{ de umidade (U)} = \frac{100 (P - p)}{P - t}$$

Onde:

P = peso inicial, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida;

p = peso final, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca;

t = tara, peso do recipiente com sua tampa.

O resultado final foi obtido através da média aritmética das porcentagens de cada uma das repetições e suas medidas de dispersão central.

3.3 TESTE DE RAIOS X

Esta etapa do experimento foi realizada no Laboratório de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, na cidade de Piracicaba, SP. Para obtenção das imagens radiográficas das sementes foi utilizado o equipamento digital Faxitron X-ray, modelo MX-20 DC-12, acoplado ao computador Core 2 Duo (3.16 GHz, 2 GB de memória RAM, Hard Disk de 160 GB) e monitor MultiSync LCD1990SX de 17 polegadas) (Figura 3.3).



Figura 3.3. Equipamento digital Faxitron x-ray no laboratório de análise de imagem da ESALQ/USP.

Foram radiografadas 200 sementes de cada lote (20 repetição de 10 sementes) e as radiografias foram obtidas com as sementes posicionadas a 28,0 cm da fonte de emissão de raios X. A intensidade de radiação e o tempo de exposição das sementes aos raios X foi determinada automaticamente pelo aparelho de raios X.

Para o posicionamento adequado das sementes durante a exposição aos raios X foi utilizada fita dupla face transparente aderida sobre uma transparência de retro projeção (29,7 x 21,0 x 0,1 cm). Após as radiografias, as sementes foram colocadas em células individualizadas de uma bandeja de plástico (100 células/bandeja) para posterior germinação (Figura 3.4). Antes do início dos testes foi feita uma calibragem automática no equipamento.

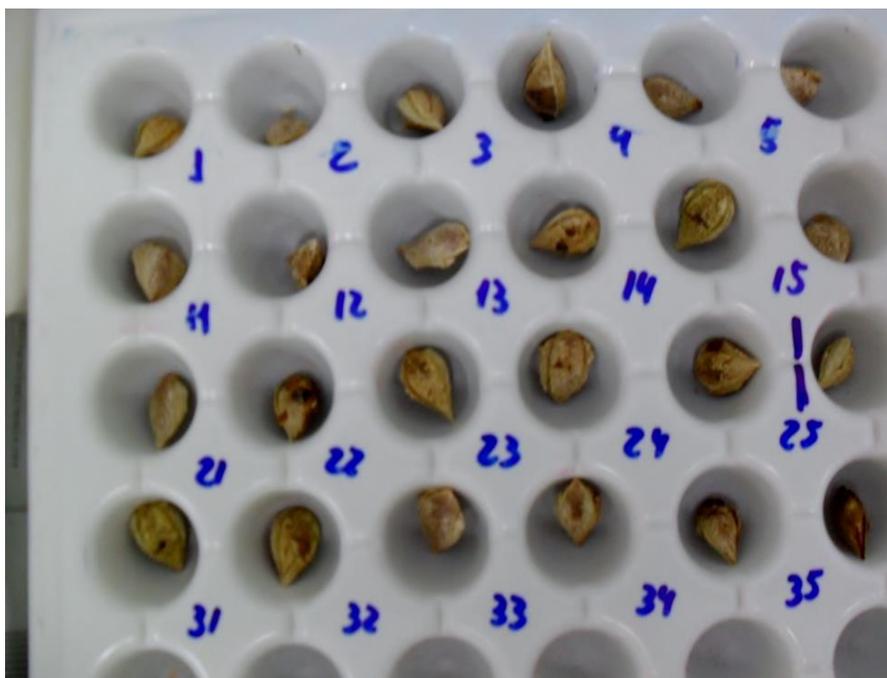


Figura 3.4. Arranjo das sementes identificadas após o teste de raios X.

Em seguida as sementes foram classificadas de acordo com a morfologia interna visualizada nas imagens radiográficas. Foram consideradas três categorias de sementes: Cheias, vazias e/ou mal formadas. Foram consideradas sementes cheias aquelas que obtiveram os seus tecidos internos totalmente formados, preenchendo toda a cavidade do interior do fruto. Sementes sem tecido, com a cavidade interna totalmente ausente, foram classificadas como vazias. Foram consideradas sementes mal formadas aquelas que obtiveram o seu embrião danificado, rachaduras e a cavidade embrionária não completa no perímetro interno do fruto.

A interpretação dos resultados de raios X foi feita por meio do confronto da imagem radiográfica com a respectiva imagem da plântula normal, anormal ou semente morta e/ou dormente após o teste de germinação. Os resultados do teste de raios X foram expressos em porcentagem, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

As plântulas normais, bem como as sementes não germinadas durante o período de tempo previsto para o teste, foram fotodocumentadas por uma câmera digital Samsung, modelo S1.3. As sementes foram postas para germinar em condições de laboratório a 25° C com fotoperíodo de 8 horas diárias de luz.

3.4 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Este teste foi realizado com o intuito de se investigar o comportamento das sementes da espécie objeto deste trabalho com cargas elétricas distintas, sob a ótica do teste de germinação convencional.

O teste de Condutividade Elétrica foi realizado no Laboratório de Sementes Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, empregando-se o método individual. Para cada lote, 10 repetições de 10 sementes foram postas em recipientes individualizados contendo 50 mL de água deionizada e colocadas para embeber por 30 (T1) e 60 (T2) minutos. A seguir, os recipientes foram alocados em germinadores de temperatura constante a 25 °C com fotoperíodo de 8 horas de luz.

Após cada período de embebição, efetuou-se a leitura da condutividade elétrica da solução na qual as sementes estavam imersas, utilizando-se um condutivímetro digital de bancada QUISMI com precisão de +/- 1%, e os resultados calculados expressos em $\mu\text{s cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de sementes. Por não ser um teste destrutivo, após a análise do teste de condutividade elétrica, as sementes foram identificadas e submetidas aos testes de pH de exsudato e germinação.

Após o teste de germinação das sementes de *Terminalia argentea*, foi determinado o ponto de partição, para avaliação da viabilidade pelo teste de condutividade elétrica, sendo cada semente classificada em categorias de acordo com o tipo de estrutura a que deu origem: plântula normal, plântula anormal, semente dormente e/ou morta, e posteriormente comparadas com os dados do teste de condutividade elétrica.

3.5 TESTE DE pH DO EXSUDATO

O teste de pH do exsudato foi realizado no Laboratório de Sementes Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, empregando-se o método individual. Foram formuladas duas soluções indicadoras, a primeira sendo uma solução de fenolftaleína (composta de 1g de fenolftaleína dissolvida em 100 mL de álcool absoluto, e a adição de 100 mL de água destilada e fervida) e a segunda uma solução de carbonato de sódio (composta de 8,5 g/L de água destilada e fervida). Estas concentrações das soluções indicadoras foram baseadas na metodologia utilizada por Cabrera & Peske (2002).

Foram empregados dois tratamentos, 30 (T1) e 60 (T2) minutos, os mesmos utilizados no teste de condutividade elétrica individual. Desta forma, 10 repetições de 10 sementes foram inseridas em recipientes contendo 50 mL de água destilada, e levadas para embeber por 30 e 60 minutos em câmara de temperatura constante a 25 °C. Após este período, adicionou-se ao conjunto uma gota de cada solução indicadora, que foram misturados com o auxílio de bastonetes de vidro. A leitura foi realizada imediatamente após o contato das soluções indicadoras com a solução de embebição.

A interpretação foi analisada quanto a coloração do meio, quando rosa, considerou-se semente viável (meio básico), e quando transparente semente inviável (meio ácido), sendo os resultados expressos em porcentagem de sementes para cada categoria.

3.5 TESTE DE GERMINAÇÃO

Para cada categoria de sementes obtidas pelo teste de raios X, e posteriormente condutividade elétrica e pH do exsudato, foi realizado o teste de germinação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), no Laboratório de Sementes e Viveiros Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília.

As sementes de *Terminalia argentea* previamente numeradas foram postas em rolos de papel filtro sob uma bandeja identificada, e acondicionados em câmaras de temperatura constante calibrada para 25 °C com fotoperíodo de 8 horas/dia. Para embebição das sementes posta para germinar foi utilizado água destilada na proporção 2,5 vezes sua massa. Desta forma, 20 repetições de 10 sementes, de cada lote foram submetidos ao teste de germinação. O período para análise da germinação foi de 70 dias.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: Porcentagem de Germinação, Índice de Velocidade de Germinação e Tempo Médio de Germinação. As contagens do número de sementes germinadas foram feitas diariamente, sempre no mesmo horário, considerando como critério de germinação a protrusão da radícula (2 mm). Ao final do teste foi computado a porcentagem de plântulas normais.

Os dados obtidos foram expressos em porcentagem final de Germinação (%G), porcentagem de plântulas normais (PNL), Índice de Velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de acordo com o método proposto por Maguire (1962).

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os procedimentos adotados neste trabalho encontram-se no fluxograma a seguir (Figura 3.5).

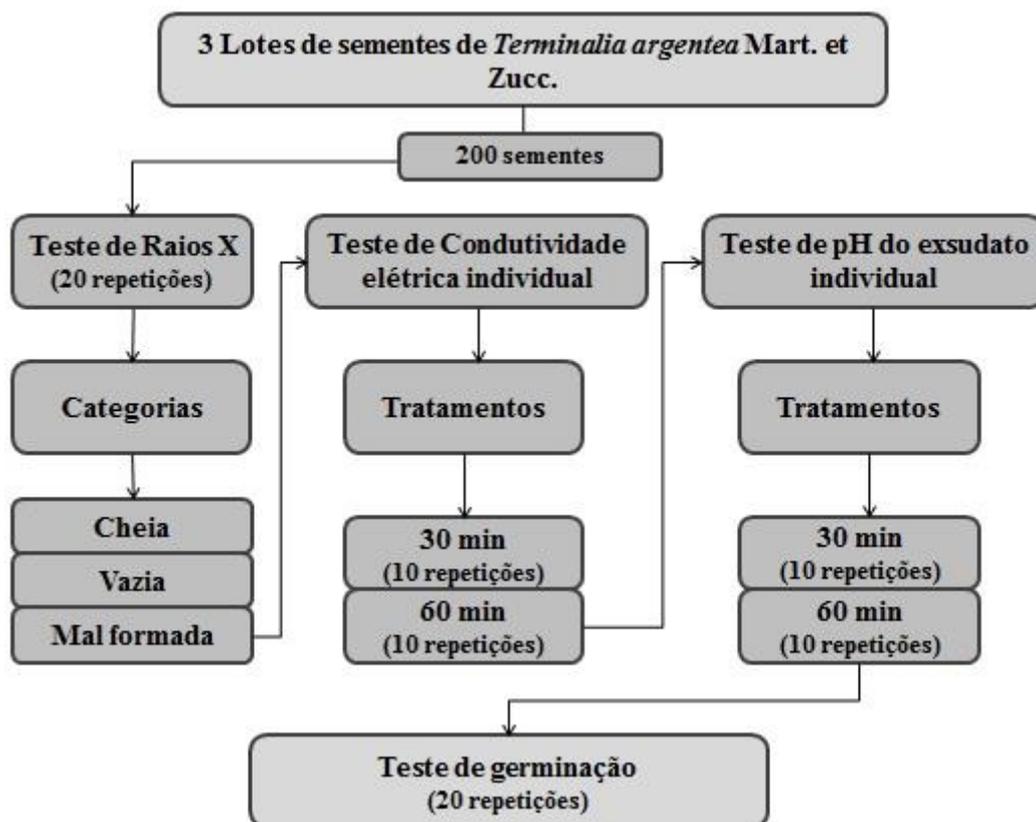


Figura 3.5. Fluxograma do desenho experimental.

Os resultados obtidos para a porcentagem de germinação foram transformados em $\text{arc seno } \sqrt{X}/100$. Para cada teste (raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e germinação), utilizou-se o delineamento estatístico em esquema fatorial, com três lotes, três categorias (cheia, vazia e mal formada) e dois tempos (30 e 60 min) de embebição.

Os tratamentos foram replicados 20 vezes e as 10 unidades experimentais foram dispostas inteiramente ao acaso. Foram feitas análises da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Com base nas significâncias ou não das interações, foram realizados vários desdobramento. Para essas análises foi utilizado o software SAEG (SAEG, 2007).

Os valores que foram transformados para realização da análise estatística, tiveram os seus resultados expressos através das médias dos dados originais, com a finalidade de melhor interpretação do teste.

No teste de raios X os resultados foram analisados de forma comparativa, procurando estabelecer as identificações das classes de sementes radiografadas com as respectivas plântulas normais e/ou anormais e sementes não germinadas após o teste de germinação.

Os resultados do teste de condutividade elétrica foram apresentados em intervalos de condutividade e analisados mediante a comparação com os resultados do teste de germinação. Para a determinação do ponto de partição foi utilizado o gráfico Boxplot através da utilização do software IBM SPSS statistics 20.0 (IBM SPSS, 2011).

O teste do pH do exsudato foi analisado mediante a porcentagem de sementes viáveis e inviáveis, e posteriormente relacionados com os dados do teste de germinação.

Foram feitas análise de regressão e de correlação do resultado do teste de germinação como os respectivos testes de raios X, condutividade elétrica e pH do exsudato.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE UMIDADE

Os frutos de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. (capitão do campo) armazenados por um período de três meses até a realização dos testes de vigor, mantiveram-se com baixo teor de umidade, conforme demonstra a tabela a seguir (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Umidade dos lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Lote	Teor de umidade (%)
1	9,2
2	9,4
3	10,1

Os valores obtidos foram inferiores aos apresentados por Oliveira & Faria (2009), que constataram o teor de umidade das sementes de *Terminalia argentea* recém-colhidas oriundos da região do Pantanal Mato-grossense de 20,6% de teor de água, diferentes dos dados observados neste estudo que são frutos colhidos em regiões do bioma Cerrado *sensu stricto*. Resultados superiores foram encontrados em espécie do mesmo gênero por Ivani et al. (2008), ao avaliarem a germinação de sementes de *Terminalia catappa* L. (Combretaceae), tendo sido verificado cerca de 30% do teor de água nas sementes analisadas. Dados inferiores do teor de umidade também foram encontrados por Netto e Faiad (1995) em sementes de capitão-garrote (*Terminalia fagifolia* - Combretaceae), cerca de 6 % de teor de água foi constatado pelo método padrão estufa por estes autores. Para Brasil (2009), no método padrão estufa a água contida nas sementes é extraída em forma de vapor pela aplicação de calor sob condições controladas assegurando sua remoção máxima.

O baixo teor de umidade encontrado nos frutos de *Terminalia argentea* permitiu uma boa visualização das estruturas internas das sementes. Segundo Simak (1991), o teor de água das sementes pode influenciar a densidade ótica, ou seja, quanto menor a umidade, maior a densidade ótica, o que facilitaria a visualização das partes internas das sementes através da imagem radiográfica. Souza et al. (2008), avaliando sementes de *Platypodium*

elegans Vog (jacarandá-branco), verificaram que o baixo teor de água das sementes (6 - 8%) levou a uma maior densidade ótica, possibilitando melhor visualização da morfologia interna das sementes radiografadas. Vale ressaltar que cada espécie possui características próprias de densidade e composição, que são fatores que interferem na visualização das partes das sementes (ALMEIDA et al., 2007).

Para Toledo & Marcos Filho (1977) o teor de água na semente pode ser um fator determinante na germinação, e indicar que, talvez a espécie necessite de um processo de desidratação após a colheita para obter maior vigor.

De acordo com a estatística descritiva dos resultados (Tabela 4.2), os lotes analisados mostraram-se bastante homogêneos, obtendo um coeficiente de variação de 6,19 %, com média de 9,3 % do teor de umidade das sementes. Segundo Lenz et al. (2011) o coeficiente de variação indica se os dados apresentam homogeneidade ou não. Para estes autores, valores inferiores a 10% do coeficiente de variação demonstram que a amostra possui baixa ou nenhuma variabilidade, corroborando que os dados são homogêneos.

Tabela 4.2. Estatística descritiva da média amostral (\bar{X}), variância (S^2), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV%) dos dados do teor de umidade de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Variável	Medidas de dispersão			
	\bar{X}	S^2	S	CV %
Teor de umidade	9,33	0,22	0,52	6,19

O baixo desvio padrão (0,52) encontrado nos dados do teor de umidade, indica que os valores das amostras estão próximos do valor da medida de posição central, ratificando sua homogeneidade.

Segundo Toledo & Marcos Filho (1977), teores de umidade inferior a 11% são o ideal para manter a longevidade das sementes armazenadas por períodos prolongados. Para Desai et al. (1997), o alto grau de umidade das sementes consiste numa das principais causas da perda do poder germinativo durante o período de armazenamento.

Os lotes de sementes estavam em um bom estado de conservação, não sendo detectado sob a ótica humana nenhuma incidência de fungos ou patógenos, o que evidenciou uma ótima confiabilidade nos testes a serem aplicados nas sementes. Nos estudos para avaliação da qualidade de sementes de endro (*Anethum graveolens*), Almeida et al. (2007), determinaram que o teor de umidade entre 7 e 11% dos lotes foram os ideais para a condução dos testes de análise de sementes.

4.2 TESTE DE RAIOS X

A exposição das sementes de *Terminalia argentea* aos raios X, em intensidade de radiação de 26 kV por 1,2 segundos, foi uma condição ideal para uma ótima visualização da morfologia interna das sementes. Da mesma forma, Carvalho et al. (2009), verificaram que a potência de 25kV durante 2 minutos, foi eficiente para diagnosticar as estruturas internas das sementes de *Ocotea pulchella* e de *Persea pyrifolia*, ambas pertencente a família da Lauraceae.

Em sementes de sucupira (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) submetidas à técnica de raios X, a intensidade de 30 kV por 45 segundos foi eficaz segundo Albuquerque & Guimarães (2008), para verificar as estruturas internas das sementes.

Tempos de 10 segundos a 4 minutos, com intensidade de 10 a 55 kV tem sido utilizados atualmente para análise de imagens radiográficas de diversas espécies agrícolas e florestais (MATTOS & MEDEIROS, 2000; OLIVEIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2004).

No entanto, não foi possível verificar as estruturas do embrião de sementes de *Terminalia argentea* com nitidez, uma vez que a semente formada tinha o mesmo grau de radiopacidade. Este relato também foi observado por Pupim et al. (2008), em imagens de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya*) radiografadas. Assim, para se referir a esta parte da semente foi utilizado o termo “região do eixo embrionário” (Figura 4.1).

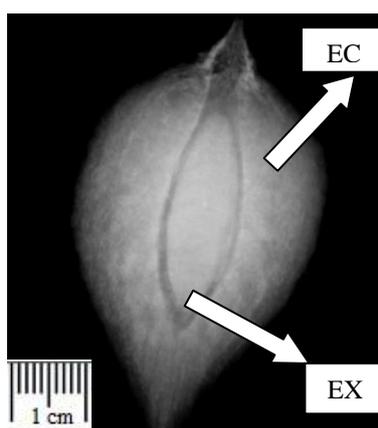


Figura 4.1. Identificação da parte interna da semente de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. através da sua imagem radiografada: EX = região do eixo embrionário; EC = endocarpo.

O exame das imagens das sementes, obtidos pelo teste de raios X, permitiu avaliar a condição interna das sementes. Com base nos resultados observados em trabalhos de

Oliveira (2000), e através das recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), foi possível estabelecer os critérios de identificação para a determinação de sementes consideradas através da imagem radiografada como cheias (totalmente formadas), vazias e mal formadas (Figura 4.2).

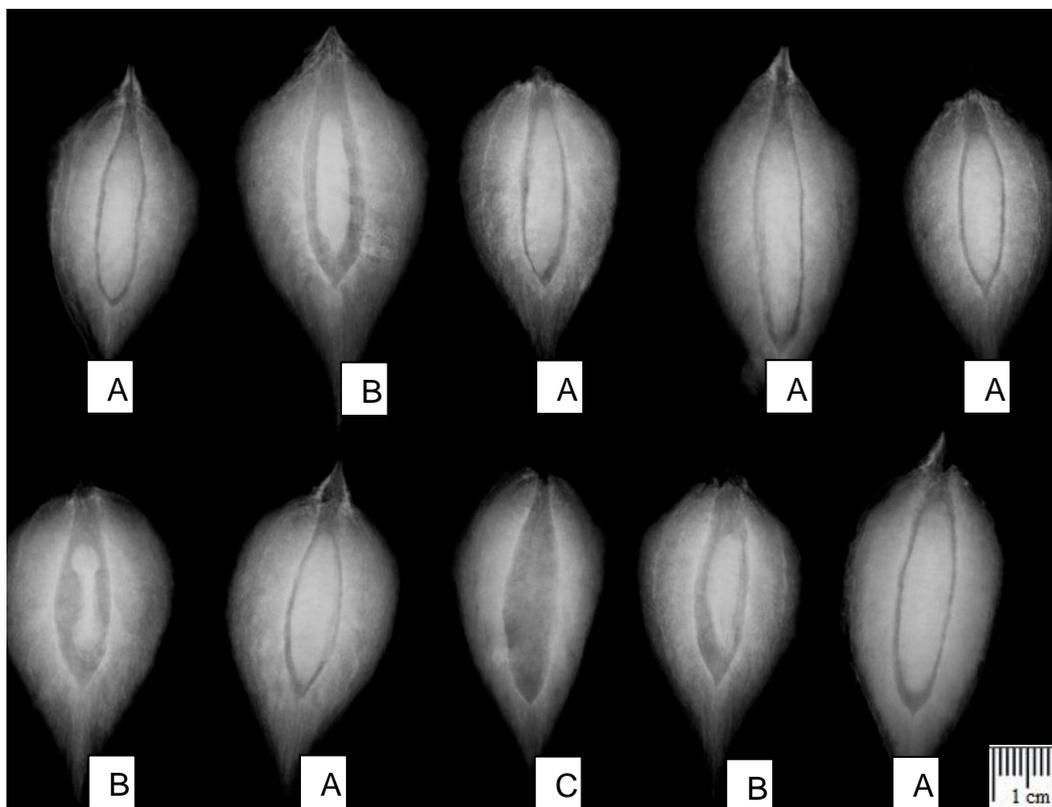


Figura 4.2. Sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. classificadas como cheias (A), mal formadas (B) e vazias (C) através da análise das imagens radiografadas.

Na análise da variância para as frequências de sementes de todas as categorias, foi observada interação significativa entre as categorias classificadas pelo teste de raios X e os lotes utilizados. Verificou-se que as frequências de sementes em cada categoria de análise pelo teste de raios X e seu efeito com os lotes, foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, conforme apresenta a Tabela 4.3 a seguir. Sendo assim, foi necessário realizar os desdobramentos para avaliar essas interações, verificados nas Tabelas 4.4 e 4.5 respectivamente.

Tabela 4.3. Análise de variância para a frequência de sementes em cada categoria considerando os fatores Categorias de raios X e Lotes, bem como suas interações.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
Lote	2	0,2123	0,00*	48,44
Categorias	2	4417,3173	160,04*	
Lote * Categoria	4	6,8667	2,633*	
Resíduo	171	2,6075		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.4. Análise de variância das frequências de sementes das categorias de raios X e seu efeito com os Lotes.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
Lote	2	4,3166	7,334*	68,70
Resíduo	57	0,5885		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.5. Análise de variância das frequências de sementes e sua relação com as categorias de raios X.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
Categorias	2	1,2230	28,166*	35,38
Resíduo	57	0,4342		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.6, a seguir, pode-se verificar a porcentagem de sementes presentes em cada categoria examinadas no teste de raios X para os três lotes utilizados. Através desta análise foi possível determinar a porcentagem de sementes viáveis e não viáveis, sendo cheias considerada viáveis, vazias e mal formadas consideradas inviáveis.

Tabela 4.6. Porcentagens de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. obtidas em cada categoria de acordo com o teste de raios X.

Lote	Categoria Raios X (%)*		
	Cheias	Vazias	Mal formadas
1 A	57,5 a	26,0 b	16,5 c
2 B	68,5 a	22,5 b	09,0 c
3 B	61,5 a	30,5 b	08,0 c

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal para as categorias de raios X e letras maiúscula na vertical para os lotes não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Na observação das diferenças entre os lotes constatados pela análise da variância anteriormente, nota-se que o modelo estatístico elegeu o lote 1 superior (Tabela 4.6) aos lotes 2 e 3, que não diferiram estatisticamente entre si. Este tipo de resultado pode ser explicado devido o lote 1 ter uma melhor distribuição das frequências de sementes para ambas as categorias constatadas pelo teste de raios X; entretanto, nesta pesquisa, lotes que possuem uma maior porcentagem de sementes classificadas como Cheias, são lotes superiores aos demais, podendo exercer uma maior relação causa efeito no teste de germinação. Sendo assim, considera-se que os lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* 2 e 3 são os que apresentam qualidade fisiológica superior ao lote 01.

A categoria “cheia” para ambos os lotes foi a que apresentou uma maior frequência de sementes de *Terminalia argentea*, diferindo estatisticamente das categorias vazias e mal formadas ao nível de 5% de probabilidade. Houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre as categorias vazias e mal formadas em todas as observações.

O lote 02 foi o que apresentou uma maior porcentagem de sementes cheias (viáveis) pela ótica do teste de raios X; entretanto, os valores dos três lotes tiveram uma pequena variação, entre 57,5 e 68,5 % de sementes cheias. Esses valores foram próximos aos encontrados por Sturião et al. (2012), ao avaliarem a qualidade fisiológica de sementes de palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) observaram cerca de 60,5 % de sementes viáveis (cheias).

Segundo Brasil (2009), frutos-semente ou sementes classificadas como cheias ou totalmente formadas pelo teste de raios X contém todos os tecidos essenciais para a germinação, sendo assim consideradas viáveis. Para Nakagawa (1999), a viabilidade determinar se a semente encontra-se viva ou morta.

Diversos autores como Melo et al. (2009) e Souza et al. (2008) relacionaram a viabilidade dos lotes de sementes com imagens de sementes radiografadas classificadas como cheias ou totalmente formadas pelo teste de raios X. Esta comparação de categoria cheia *versus* sementes viáveis têm mostrado boa correlação com o teste de germinação para diversas espécies agrícolas e florestais já demonstrados por Masetto et al. (2008) em sementes de *Cedrela fissilis*.

Foi encontrado um considerável número de frutos formados sem sementes da espécie de *Terminalia argentea*, classificadas pelo teste de raios X como vazias (20 a 30 %), o que se torna prejudicial nos programas de produção de mudas e testes de laboratório, se não forem identificado com antecedência ao processo de germinação e análise de vigor.

Este relato também foi observado por Wetzel (1997) em sementes de *Chomelia ribesoides* submetidas ao teste de vigor, onde apresentaram aproximadamente 40 % de sementes sem embrião (vazias). Para o ISTA (1995) a ocorrência de sementes vazias influencia diretamente o armazenamento, a eficiência da sementeira e a comercialização dos lotes de sementes. Este fato é observado com alguma frequência em espécies florestais onde a estrutura de dispersão não é uma semente verdadeira (SOUZA et al., 2005; TONETTI et al., 2006). Neste sentido, o teste de raios X para a espécie florestal em estudo que apresentou uma porcentagem média de 26,33 % de sementes vazias, torna-se útil para se obter uma estimativa da viabilidade do lote de sementes através da análise da morfologia interna dos frutos.

Sementes mal formadas de *Terminalia argentea* também foram encontradas pelo teste de raios X, confirmando a eficiência deste método na detecção de anormalidades embrionárias. Embora seja os menores valores observados para ambos os lotes (8 - 16,6 %), essas sementes devem ser descartadas quando forem armazenadas ou semeadas devido a uma alta probabilidade de constituir plântulas anormais ou sementes não germinadas e/ou mortas, inviáveis para o desenvolvimento em campo.

Para Martins et al. (1999), a ocorrência de plântulas anormais pode ser consequência de fatores genéticos, ambientais e práticas de manejo, que são minuciosas de serem superadas. Em sementes radiografadas de *Cedrela fissilis* (cedro), Masseto et al. (2008) encontraram cerca de 30 % de sementes mal formadas. De acordo com os resultados desses autores a deformação do embrião impossibilitou o crescimento normal das plântulas.

Em estudos de Flor & Carvalho (2002), sementes de milho classificadas com pequenos danos interno na direção horizontal do eixo embrionário, resultaram em 60% de plântulas anormais, indicando que o tipo de dano detectado através das imagens radiografias pode afetar de forma direta o processo de germinação e formação das plântulas. Para Feitosa et al. (2009) embriões com diferentes estágios de desenvolvimento podem estar associado á falta de uniformidade no florescimento, fato comum entre espécies florestais.

Espécies arbóreas florestais como as de *Terminalia argentea* que são recomendadas especificamente para a recuperação de áreas degradadas, devem possuir lotes de sementes com boa formação genética, visto que as plântulas formadas necessitam de uma boa resistência e adaptabilidade a solos empobrecidos; portanto, sementes mal formadas,

danificadas e/ou vazias constatadas pelo teste de raios X devem ser eliminadas nos programas de produção de mudas nativas, visando assegurar um bom desempenho germinativo dos lotes.

O descarte de sementes mal formadas detectadas pela análise das sementes radiografadas também foram recomendados por Machado & Cícero (2003) para sementes de aroeira (*Lithraea molleoides*) e por Oliveira et al. (2003) para sementes de canafístula (*Peltophorum dubium*), ambos resultaram na morte das sementes no teste de germinação. Assim como Amaral et al. (2011), observaram em sementes de *Tabebuia heptaphylla*, as imagens radiográficas de sementes de *Terminalia argentea* permitiram visualizar as anormalidades embrionárias, que provavelmente tiveram origem durante a formação e maturação dos frutos.

Pelos resultados obtidos neste trabalho, a utilização do teste de raios X em sementes de *Terminalia argentea*, é extremamente promissora na detecção da qualidade fisiológica dos lotes de sementes, auxiliando na separação de sementes vazias e com anormalidades embrionárias inviáveis para o seu uso de imediato ou para o seu armazenamento.

Para a porcentagem de germinação, a análise da variância (Tabela 4.7) mostrou efeito significativo somente entre as categorias obtidas pelo teste de raios X.

Tabela 4.7. Análise de variância da germinação e seu efeito com os lotes e categorias obtidas pelo teste de raios X, e suas interações.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
Lote	2	0,2991	1,622 ^{ns}	61,01
Categoria	2	8,9199	483,581*	
Lote * Categoria	4	0,2991	1,622 ^{ns}	
Resíduo	171	0,1844		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

De uma maneira geral, os resultados obtidos no teste de germinação corresponderam à germinação prevista em função da separação por categoria através do teste de raios X (Tabela 4.8).

Tabela 4.8. Porcentagem de Germinação (%) de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. encontrada para as categorias cheias, vazia e mal formadas obtidas através da análise das imagens de sementes radiografadas.

Lote	Categoria Raios X	Germinação (%)*
1	Cheias	61,74 a
	Vazias	0,00 b
	Mal formadas	0,00 b
2	Cheias	67,90 a
	Vazias	0,00 b
	Mal formadas	0,00 b
3	Cheias	52,84 a
	Vazias	0,00 b
	Mal formadas	0,00 b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para os três lotes analisados, as porcentagens de germinação das categorias cheias diferiram estatisticamente das demais categorias. O lote 2 foi o que obteve uma maior porcentagem de plântulas normais (61,74%), seguidos do lote 1 e 3. Para as categorias vazias e mal formadas foram observado 100% de sementes não germinadas ao final do teste de germinação. Vale ressaltar que nas observações das frequências de sementes das categorias de raios X a análise da variância permitiu a separação dos lotes, porém, ao obter os resultados do teste de germinação não houve efeito significativo entre os lotes, não sendo possível eleger o lote de melhor vigor. Esse fato pode ser explicado pela aproximação dos valores de porcentagem de germinação das categorias cheias (52,84 a 61,74%) e devido às categorias vazias e mal formadas não obterem sementes germinadas para ambos os lotes.

De acordo com os resultados obtidos no teste de germinação, as sementes morfológicamente perfeitas (cheias) originaram plântulas normais e sementes não germinadas. Esse tipo de resultados é esperado, pois, na radiografia, as imagens indicam se há ou não tecidos formados, porém, não estabelecem, necessariamente, relação direta com os processos fisiológicos da semente. Este parâmetro de análise também foram notados por Pupim et al. (2008) e Burg et al. (1994) onde algumas sementes com características adequadas no teste de raios X não germinaram, provavelmente, devido à infecção por microrganismos, danos mecânicos e possível dormência.

As diferenças encontradas, comparando-se os resultados, indicam variabilidade quanto à germinação para as categorias cheias, vazias e mal formadas, pressupondo que condições fenotípicas e genéticas podem influenciar a qualidade das sementes. O teste de

germinação revelou a inviabilidade das sementes de *Terminalia argentea* em que a região do eixo embrionário estava imperfeita e/ou vazia, visto que todas as sementes desta categoria não germinaram. Este relato também foi observado por Machado (2002) em sementes de aroeira branca (*Lithraea molleoides* Vell. Engl) radiografadas submetidas ao teste de germinação.

Para um diagnóstico mais detalhado, a técnica de análise de imagens radiografadas teve importante utilidade, visto que foi possível visualizar a condição atual interna das sementes e, sendo essa técnica não destrutiva, possibilitou estabelecer relações de causa e efeito, após averiguação do teste de germinação, conforme pode ser observado na Figura 4.3 a seguir.

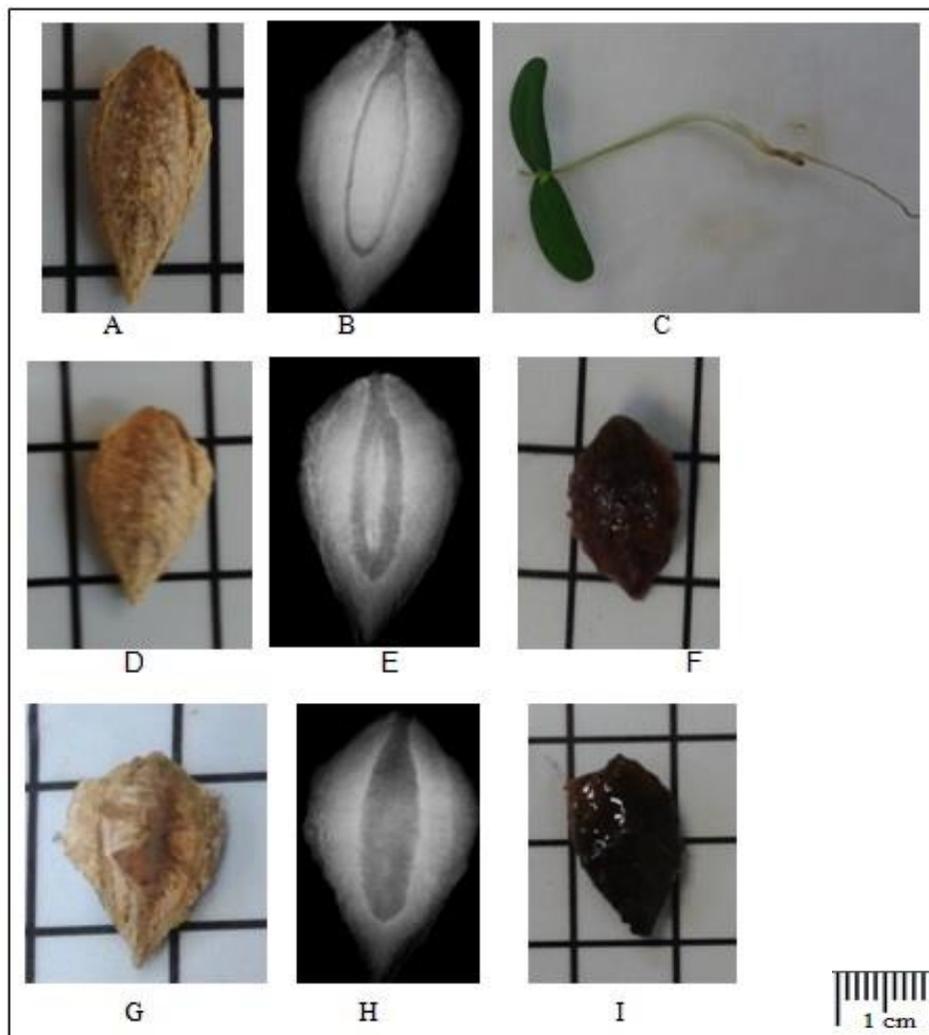


Figura 4.3. Sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. visualmente intactas (A, D e G), classificadas pela análise radiográfica em Semente Cheia (B), Semente mal formada (E) e Semente vazia (H); originando plântula normal (C) e sementes não germinadas e/ou mortas (F e I).

Na Figura 4.3(B), pode ser observado na imagem de raios X, sementes totalmente formadas (cheias), exercendo efeito positivo na germinação, resultando no desenvolvimento de plântula normal (Figura 4.3(C)). Entretanto na Figura 4.3(E, H), observam-se sementes vazias e imperfeitas que não germinaram (Figura 4.3(F, I)). Sementes cheias também resultaram em sementes não germinadas após o teste de germinação, sendo esta análise aprofundada posteriormente no teste de germinação. Não foram detectadas plântulas anormais em nenhum dos lotes. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Souza et al. (2008), em sementes de jacarandá-branco (*Platypodium elegans*). Para estes autores os dados obtidos confirmam as suposições de que a morfologia interna das sementes pode ser um indicativo da sua viabilidade. Para Albuquerque & Guimarães (2008), o teste de raios X em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.), quando relacionado com o teste de germinação, pode auxiliar na avaliação da qualidade física das sementes.

Assim como Flor et al. (2004), na detecção dos danos mecânicos em sementes de soja pelo teste de raios X, a análise simultânea externa das sementes de *Terminalia argentea*, suas respectivas imagens radiografadas, plântulas normais e sementes dormentes ou mortas provenientes do teste de germinação, permitiu realizar a um diagnóstico para cada caso estudado. Neste sentido, se fossem levados no presente trabalho em conta apenas as análises das imagens externas das sementes (Figura 4.3(A, D e G)), as imprecisões do diagnóstico seriam evidentes, pois, desta maneira, não seria possível identificar danos internos bem como a frequência de sementes sem tecidos embrionários. Segundo Carvalho & Oliveira (2006), o teste de raios X não detecta todos os problemas relacionados à qualidade fisiológicas das sementes, porém, permite um diagnóstico rápido e não destrutivo para as sementes examinadas, fornecendo dados úteis e essenciais para as pesquisas de laboratórios de análise de sementes agrícolas e florestais.

A análise de regressão linear simples (Tabela 4.9) mostrou diferenças significativas das frequências de sementes observadas em cada categoria obtidas pelo teste de raios X e sua relação com os resultados do teste de germinação.

Tabela 4.9. Análise de variância da regressão linear simples da variável independente (frequência observada) versus variável dependente (germinação) e sua correlação.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	r_{xy}
Regressão	1	568,0764	326,2662*	0,80
Resíduo	178	1,7411		
Total	179			

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O valor do coeficiente de correlação ($r_{xy} = 0,80$) demonstra que as alterações sofridas por uma das variáveis é acompanhada pelas alterações na outra, sendo uma correlação de intensidade forte. Desta maneira, pode-se prever que as variáveis X (germinação) e Y (categorias raios X) estão associadas linearmente tendo uma boa correlação. Para Andrade et al. (1995), uma correlação linear de intensidade forte entre duas variáveis apresenta um coeficiente entre $0,7 > r_{xy} < 0,9$. Entretanto, apesar de haver uma ótima correlação entre as variáveis analisadas, é importante verificar o quanto está associada é adequada ao modelo linear ajustado, através da observação do coeficiente de determinação.

Valores dos dados das categorias cheias, vazias e mal formadas das sementes de *Terminalia argentea* obtidas através do teste de raios X, plotados em função do resultado do teste de germinação, podem ser visualizados na Figura 4.4 abaixo.

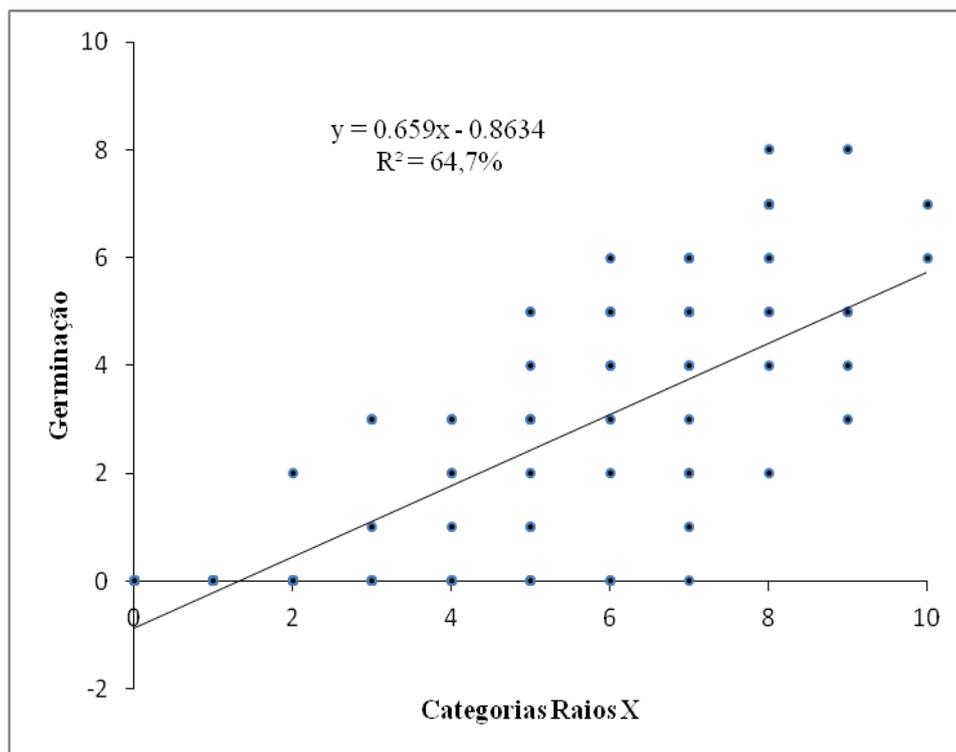


Figura 4.4. Diagrama de dispersão dos dados da regressão linear simples das variáveis categorias de raios X e sua associação com a germinação das sementes da espécie *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Sendo a reta ajustada linear positiva, faz-se necessário notar que é apenas uma aproximação da realidade para indicar a tendência dos dados, sendo necessário aferir o valor do coeficiente de determinação. Analisando o modelo estatístico linear ajustado ($y = 0,659x - 0,8634$), verifica-se que 64,7% (coeficiente de determinação) da variação total consegue ser explicado pelos regressores presente no modelo. Resultados inferiores do coeficiente de determinação foram encontrados por Vasconcelos et al. (2012) para sementes de soja, sendo o $r^2 = 57,16\%$. Para estes autores, de toda a variação observada, metade possivelmente está relacionada ao baixo controle experimental.

Os resultados desta pesquisa indicaram que a classificação das sementes de *Terminalia argentea* pela ótica do teste de raios X foi eficiente. Este método deve ser utilizado pelos produtores de mudas e sementes florestais nas tomadas de decisões rápidas para o aproveitamento ou descarte dos lotes de sementes.

4.3 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Ao conduzir os tempos de 30 e 60 minutos de embebição para as sementes de *Terminalia argentea*, verificou-se uma elevada amplitude dos valores de condutividade. Os valores dos lotes mostraram-se bastante heterogêneos, tendo sementes com dados acima e

abaixo da média e valores extremos. A leitura de condutividade elétrica obteve uma variação de 6,34 a 70,11 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente. Por essa razão, separaram-se em intervalos os valores de condutividade elétrica de cada lote, conforme demonstra a Tabela 4.10 a seguir.

Tabela 4.10. Porcentagem de três lotes sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc em cada intervalo de condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente) acondicionadas em 50 mL de água deionizada a diferentes tempos de embebição.

Porcentagem de Sementes (%)			
Lote	Intervalo de Condutividade Elétrica	T 1	T 2
		30' de embebição	60' de embebição
1	01 - 10,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	09	03
	11 - 20,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	42	27
	21 - 30,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	35	40
	31 - 40,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	08	20
	41 - 50,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	05	05
	51 - 60,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	01	03
	61 - 70,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	-	02
2	01 - 10,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	26	02
	11 - 20,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	46	31
	21 - 30,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	26	34
	31 - 40,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	02	18
	41 - 50,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	-	07
	51 - 60,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	-	03
	61 - 70,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	-	05
3	01 - 10,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	08	06
	11 - 20,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	56	42
	21 - 30,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	24	36
	31 - 40,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	10	11
	41 - 50,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	02	03
	51 - 60,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	-	02
	61 - 70,99 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$	-	-

Para ambos os lotes de sementes de *Terminalia argentea*, verificou-se um aumento na condutividade no tratamento 2 (60 minutos). De acordo com Dias & Marcos Filho (1996), a baixa porcentagem de germinação de sementes é diretamente proporcional ao aumento da lixiviação de eletrólitos das sementes para a solução de embebição, indicando que a condutividade elétrica é um método eficaz para avaliação do vigor de sementes de soja. Marques et al. (2002) avaliando a qualidade dos lotes de sementes de *Dalbergia nigra* Fr. Allem (jacarandá da bahia), observaram resultados semelhantes, com aumento nos valores de condutividade elétrica com o tempo de embebição das sementes.

Na comparação entre os limites inferiores e superiores de condutividade dos lotes de sementes analisados, observa-se a variabilidade de dados, o que não permite o

estabelecimento de um único intervalo de condutividade elétrica para todos os lotes. Esse fator, também verificado por Rosa et al. (2012) para sementes de soja, não permitiu um ponto de corte.

A análise de variância para o efeito de lote e tempo e suas interações é apresentada na Tabela 4.11 abaixo.

Tabela 4.11. Análise de variância dos valores de condutividade elétrica individual de três lotes de sementes da espécie *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. e seus efeitos com o tempo e lote, bem como suas interações.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
Lote	2	60,7141	3,212*	18,856
Tempo	1	614,1887	32,497*	
Lote * Tempo	2	144,7568	7,659*	
Resíduo	54	18,8997		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se que o coeficiente de variação de magnitude 18,86% indica um razoável controle experimental. A interação dos dados de condutividade elétrica *versus* lote, tempo e lote x tempo foi significativa ao nível de 5% de probabilidade, sendo necessário novo desdobramento.

Dado que a interação da condutividade elétrica e o tempo foi significativa, apresenta-se a seguir a análise de variância para os dados de condutividade e seu efeito no período de embebição (Tabela 4.12).

Tabela 4.12. Análise de variância dos valores de condutividade elétrica individual e seu efeito sobre o período de embebição dos três lotes utilizados.

Lote	Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
1	Tempo	1	102,3645	8,198*	14,16
	Resíduo	18	12,4863		
2	Tempo	1	777,0056	23,898*	25,13
	Resíduo	18	32,5127		
3	Tempo	1	24,3322	2,080 ^{ns}	15,89
	Resíduo	18	11,7002		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

Os resultados revelam que não houve diferença estatística significativa na interação dos dados de condutividade elétrica e o tempo somente para o lote 03. Os demais lotes mostraram que o tempo de 30 minutos difere do tempo de 60 minutos.

A análise de variância sobre o efeito da condutividade no tempo dentro dos lotes é apresentada a seguir na Tabela 4.13, e o seu desdobramento na Tabela 4.14.

Tabela 4. 13. Análise de variância dos dados de condutividade elétrica individual e seu efeito sobre os lotes em função do tempo.

Tempo	Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
30 min.	Lote	2	99,5057	7,959*	17,809
	Resíduo	27	12,5026		
60 min.	Lote	2	105,9652	4,189*	19,158
	Resíduo	27	25,2969		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.14. Valores médios de condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente) de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. em dois períodos de embebição.

Lote	Período de Embebição*	
	T1 (30 min)	T2 (60 min)
1 B ab	27,2 a	22,68 b
2 A b	16,45 a	28,92 b
3 B a	20,42 a	22,62 a

* Médias seguidas pela mesma letra na horizontal para os tempos de embebição, letra maiúscula sobre o efeito do tempo de 30 min. e letra minúscula sobre o efeito do tempo de 60 min. para os lotes na vertical, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O teste de condutividade elétrica permitiu a separação dos períodos de embebição, sendo que o tempo de 30 min. foi significativo para os lotes 1 e 2. Entretanto, para o lote 3 não houve diferença entre os períodos de embebição.

Em relação ao efeito do tempo sobre os lotes, observa-se que o lote 2 foi superior, apresentando dados de condutividade menores que os lote 1 e 3, que não diferiram estatisticamente entre si para o tempo de 30 min. Para o tempo de 60 min. o lote 3, que não diferiu estatisticamente do lote 1 ao nível de 5% de significância, revelou ser de qualidade superior ao lote 2, que não diferiu do lote 1.

Verifica-se que o tempo de 30 min. Em relação ao tempo de 60 min. exerce um maior efeito na separação dos lotes de sementes através do teste de condutividade elétrica,

sendo este o melhor tempo para definir o vigor dos lotes de sementes de *Terminalia argentea*. O lote 2 no tempo de 30 min. foi o que apresentou uma menor média de quantidade de solutos lixiviados ($16,45 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente), podendo ser considerado o de melhor vigor. Entretanto, vale ressaltar que segundo Carvalho et al. (2002), para as sementes que apresentam dormência, o teste de condutividade elétrica não se mostra eficaz para determinar sua qualidade fisiológica. Silva et al. (2012), não recomendaram a averiguação do vigor de lotes de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenadas por longos períodos pelo teste de condutividade elétrica. Para estes autores, sementes de feijão armazenadas por períodos superiores a 6 meses apresentam maior lixiviação de solutos, podendo não revelar o vigor dos lotes analisados.

Segundo Vieira & Krzyzanowski (1999), diversos fatores como: injúrias por microrganismo, danos mecânicos, tamanho e genótipo das sementes, tempo e temperatura de embebição, teor de água, qualidade e volume de água e tamanho do recipiente de embebição, podem afetar os resultados, podendo não expressar o percentual de viabilidade dos lotes de sementes. Dentre os parâmetros acima citados, foi observada a heterogeneidade no tamanho dos frutos e variação do genótipo das matrizes dos lotes de sementes de *Terminalia argentea*, bem como a rigidez do tegumento. Soto et al. (2009), também relatam que fatores com a variabilidade genética da espécie podem influenciar nos resultados do teste de condutividade elétrica.

Os valores dos resultados do teste de condutividade elétrica e sua relação com o teste de germinação para diferenciação de plântulas normais de sementes não germinadas foram analisados através do gráfico Boxplot para verificar o ponto de partição, conforme demonstra a Figura 4.5 a seguir. Segundo Bruni (2011), o boxplot, ou caixa de dados, é um gráfico útil para verificar a dispersão dos dados, bem como, para uma comparação visual das variáveis analisadas.

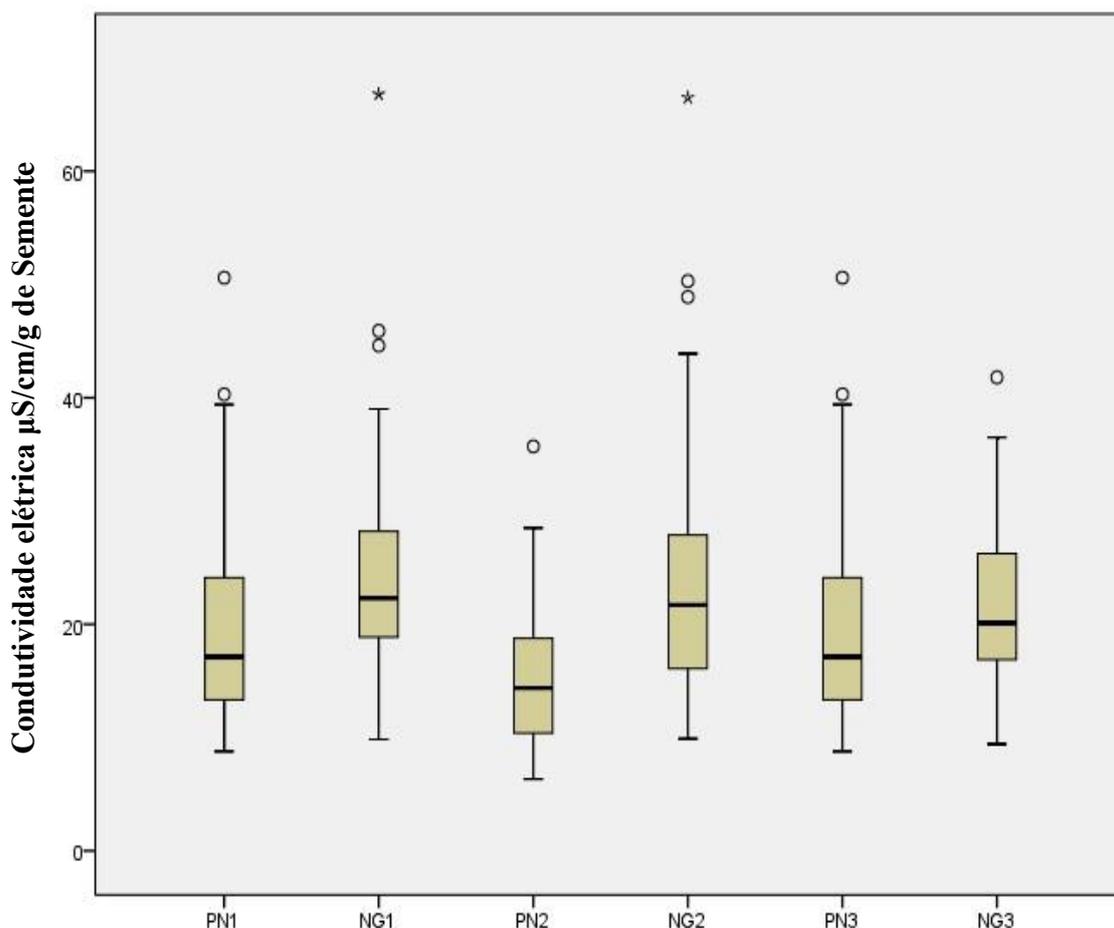


Figura 4.5. Análise Box-plot de condutividade elétrica individual ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente), para plântulas normais (PN) e sementes não germinadas (NG) de três lotes de sementes (1, 2 e 3) de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Observa-se na Figura 4.5 acima que sementes que originaram plântulas normais (PN) tiveram valores de intervalo de condutividade elétrica de grande variabilidade. Ao mesmo tempo, sementes que não germinaram (NG) tiveram o mesmo comportamento. Entretanto, observa-se que sementes germinadas do lote 2 tiveram 75% aproximadamente dos valores de condutividade elétrica abaixo de $20 \mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente, revelando que existe uma tendência de baixos valores de condutividade elétrica ter uma melhor correlação com a germinação.

Valores extremos de condutividade elétrica também foram detectados para ambas as categorias. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza (2007) ao determinar o ponto de partição de sementes de mamona, esse autor verificou que as sementes que originaram plântulas normais tiveram valores de condutividade elétrica individual bastantes altos, além de grande discrepância dos dados. Neste sentido, torna-se necessário prosseguir através da análise de variância.

A análise da variância (Tabela 4.15) apontou diferenças significativas entre as médias de condutividade elétrica individual para plântulas normais e de sementes não germinadas.

Tabela 4.15. Análise da variância dos valores médios de condutividade elétrica individual para plântulas normais e sementes não germinadas de três lotes de sementes da espécie *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Fonte de variação	G. L.	Q. M.	F	CV%
Tratamento	5	53,03	10,55*	10,87
Resíduo	24	5,03		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O baixo valor do coeficiente de variação (10,87) para a análise da condutividade de plântulas e sementes não germinadas evidencia que o teste teve um bom controle experimental. Os valores médios de condutividade elétrica individual de plântulas normais não diferiram das médias da condutividade elétrica de sementes não germinadas, exceto o lote 02, conforme mostra a Figura 4.6 abaixo.

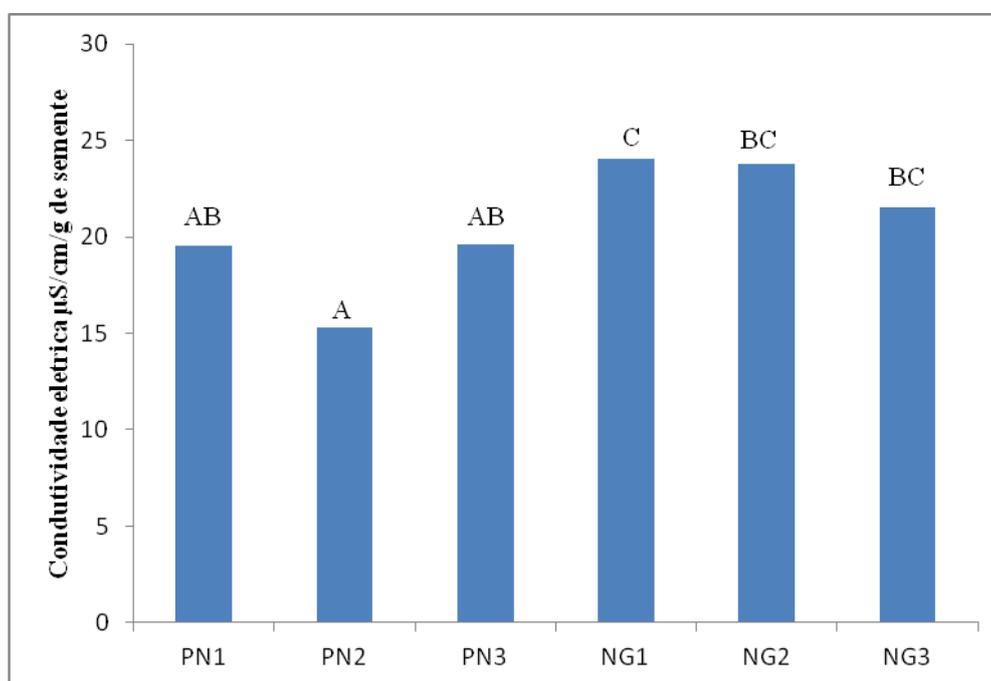


Figura 4.6. Valores médios de condutividade elétrica individual para Plântulas Normais (PN) e Sementes não Germinadas (NG) de três lotes de sementes (1, 2 e 3) da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Nota-se que houve diferença significativa somente para as plântulas normais do lote 2. Dados de condutividade elétrica de plântulas de *Terminalia argentea* do lote 1 e 3, não diferiram estatisticamente dos valores médios de sementes não germinadas dos lotes 2 e 3. O lote 1 foi o que apresentou uma maior lixiviação de solutos pelo teste de condutividade elétrica, sendo que, quanto maior for a leitura de condutividade, menor é qualidade fisiológica dos lotes de sementes.

Sendo assim, o ponto de partição para os lotes de sementes de *Terminalia argentea*, não pode ser determinado devido sementes germinadas terem o mesmo valor de condutividade para as sementes não germinadas. Entretanto, pode-se inferir através desta pesquisa, que valores médios de condutividade elétrica de 15,29 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente (lote 2) podem estabelecer uma porcentagem de vigor de aproximadamente 50% de plântulas normais. Ao pesquisar a possibilidade de avaliação da qualidade fisiológica de diferentes lotes de café pelo teste de condutividade elétrica individual, Costa & Carvalho (2006) não encontraram um valor de partição para plântulas anormais e sementes mortas, devido à presença de superdispersão, sendo impossível com o tempo de embebição e o valor de condutividade elétrica estimar o ponto de partição. Porém para plântulas normais, segundo estes autores foi possível estabelecer o valor de 120,5 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ de semente para um vigor de 70% nos lotes analisados.

De acordo com Hammam et al. (2001), o estabelecimento de pontos de partição não propicia uma estimativa do nível de viabilidade da semente. Para Souza (2007) o teste de condutividade elétrica não foi eficiente na determinação do vigor de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.), visto que plântulas normais tiveram os mesmos valores de condutividade elétrica das sementes não germinadas ao final do teste de germinação.

A análise de regressão linear simples (Tabela 4.16) mostrou diferenças significativas dos valores médios de condutividade elétrica de plântulas normais e sementes não germinadas com os resultados do teste de germinação.

Tabela 4.16. Análise de variância da regressão linear simples da variável condutividade elétrica individual com as respectivas plântulas normais e sementes não germinadas provenientes do teste de germinação e sua correlação.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	r_{xy}
Regressão	1	229,0790	38,2433*	-0,759
Desvio	28	5,9900		
Total	29			

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A verificação da plotagem dos dados pode ser visualizada na Figura 4.7 a seguir.

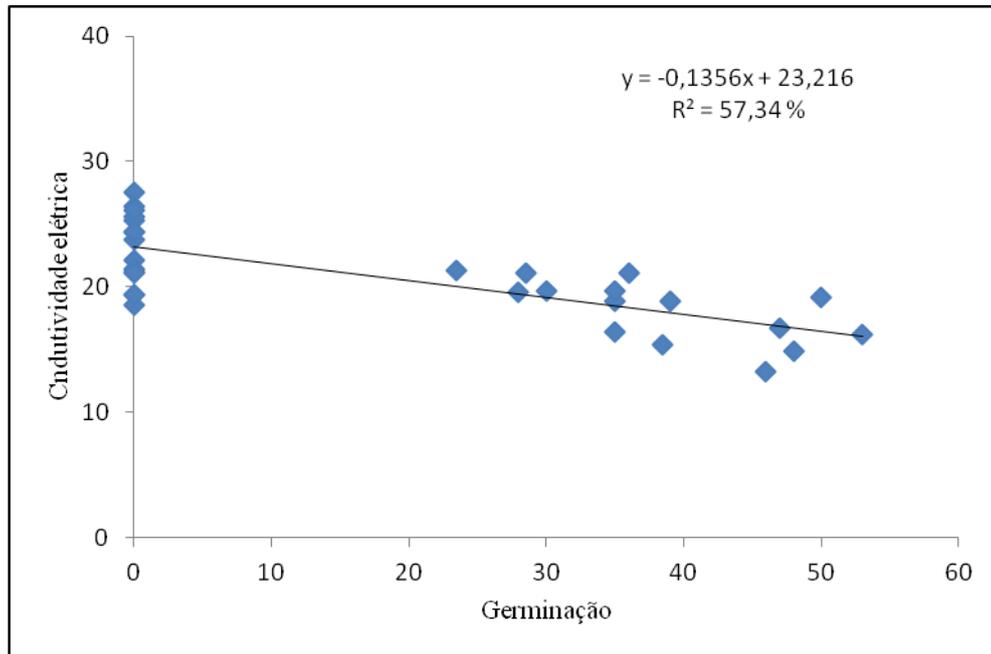


Figura 4.7. Análise de dispersão dos dados de regressão linear simples dos valores médios de condutividade elétrica individual e seu efeito sobre os resultados do teste de germinação.

Através do modelo ajustado, pode-se verificar que 57,34% dos valores de condutividade elétrica podem ser explicados em função do resultado do teste de germinação, entretanto as variáveis estão associadas negativamente. Observar-se que na medida em que se diminuem os valores dos dados de condutividade elétrica individual de sementes de *Terminalia argentea*, há uma resposta significativa no percentual de sementes germinadas, corroborando com o valor negativo do coeficiente de correlação ($r_{xy} = -0,759$) presente nesta associação. Porém, neste estudo se presume que não há uma correlação muito forte, não sendo possível explicar a variação dos valores de condutividade elétrica como as suas respectivas plântulas normais e sementes não germinadas e/ou mortas após o teste de germinação. Resultados satisfatórios de elevada correlação entre os dados do teste de condutividade elétrica com o teste de germinação, foram encontrados por Marques et al. (2002) para sementes de *Dalbergia nigra* (Jacarandá da Bahia) em condições de laboratório.

Pode-se verificar a importância do teste de condutividade elétrica na determinação da viabilidade dos lotes de sementes, uma vez que permite identificar possíveis diferenças de qualidade entre os lotes. Membranas mal estruturadas e células danificadas podem estar associadas ao processo de deterioração da semente, e conseqüentemente, com sementes de

baixo poder germinativo. De acordo com a AOSA (1983) o teste de condutividade elétrica estima com rapidez o vigor dos lotes de sementes, portanto deve ser usado para os teste de análise de sementes em laboratório.

Entretanto, nesta pesquisa o teste de condutividade elétrica individual não foi eficiente para apresentar confiabilidade satisfatória na estimação da porcentagem da viabilidade das sementes, porém, foi eficiente na separação dos lotes. Resultados semelhantes foram citados em trabalhos de Rosa et al. (2012), onde o teste de condutividade elétrica foi eficiente somente para separação dos lotes de sementes de soja, não tendo efeito positivo na averiguação de plântulas emergidas no teste de germinação.

4.4 TESTE DO pH DO EXSUDATO

Na Tabela 4.17 abaixo estão disposto os valores obtidos para análise da variância dos dados do resultado do teste do pH do exsudato, considerando os lotes testados e do período de embebição (Tabela 4.18). Os resultados mostram que houve interação significativa, tendo diferenças para o período de embebição e para os lotes.

Tabela 4.17. Análise de variância dos valores da porcentagem de vigor obtidas pelo teste do pH do exsudato e seu efeito sobre os lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
Lote	2	69856,3445	12,218*	45,34
Resíduo	54	368,8997		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.18. Análise de variância dos valores da porcentagem de vigor obtidas pelo teste do pH do exsudato e sua efeito sobre o período de embebição das sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
Tempo	1	142,3645	12,196*	35,14
Resíduo	18	56,4935		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na tabela 4.19 abaixo consta os resultados médios do teste de pH do exsudato para as sementes de *Terminalia argentea* baseado na alteração do pH provocada pela lixiviação de exsudatos para o meio da solução de embebição.

Tabela 4.19. Valores médios de porcentagem de viabilidade de três lotes de sementes da espécie *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. obtidas pelo teste de pH do exsudato em dois tempos de embebição.

Lote	Sementes viáveis %*	
	T1	T2
	30' de embebição	60' de embebição
1 B	87 a	52 b
2 AB	85 a	61 b
3 A	92 a	75 a

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical para os lotes e minúscula na horizontal para o tempo de embebição, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

O tempo de 30 min. de embebição foi superior ao tempo de 60 min. somente nos lotes 1 e 2; no lote 3 não houve diferenças entre os tratamentos. Na averiguação da separação dos lotes, observa-se que o lote 3 foi superior aos demais, entretanto, não diferiu estatisticamente do lote 2, que por sua vez não difere do lote 1.

Verificou-se que o tempo de 30 minutos em ambos os lotes apresentou um número de sementes viáveis (85 a 92%) superiores ao tempo de 60 minutos, sendo este tempo o mais recomendado por diversos autores na condução deste método de análise de vigor. O tempo de 30 minutos foi indicado por Peske & Amaral (1986) ao estudarem o pH do exsudato em sementes de soja, sendo este tempo o mais eficaz para distinguir sementes viáveis de inviáveis. Matos (2009) apontou uma viabilidade de 82,5 % para sementes de angico (*Anadenanthera falcata*) embebidas por 30 minutos. Santana et al. (1998) indicaram que o tempo de 30 minutos de embebição à temperatura de 25°C, com sementes escarificadas, apresentou uma maior correlação com o teste de germinação para sementes de milho (*Zea mays* L.). Porém, para sementes de *Coffea arabica* L. (café), o teste de coloração do exsudato “segundo Hilst (2009)” foi promissor para avaliação da viabilidade das sementes somente após um período de embebição de 72, 96 e 120 horas.

De acordo com Cabrera & Peske (2002), a lixiviação de açúcares, ácidos orgânicos e íons contribuem na acidificação do meio e provocam a diminuição do pH do exsudato das sementes. Substâncias orgânicas que mudam gradualmente de coloração, dentro de uma faixa de pH relativamente estreita, são denominados soluções indicadoras de pH (OHLWEILER, 1974). Portanto, sementes mais deterioradas apresentam maior lixiviação, e conseqüentemente, exsudatos com maior poder tampão, fato que resulta na mudança da coloração da solução em que as sementes foram embebidas para o teste de pH do exsudato, tendo a fenolftaleína como solução indicadora.

Assim, as soluções que apresentaram sementes viáveis obtiveram coloração rosa “forte” e as soluções que apresentaram sementes inviáveis permaneceram incolor como mostra a Figura 4.8 abaixo.

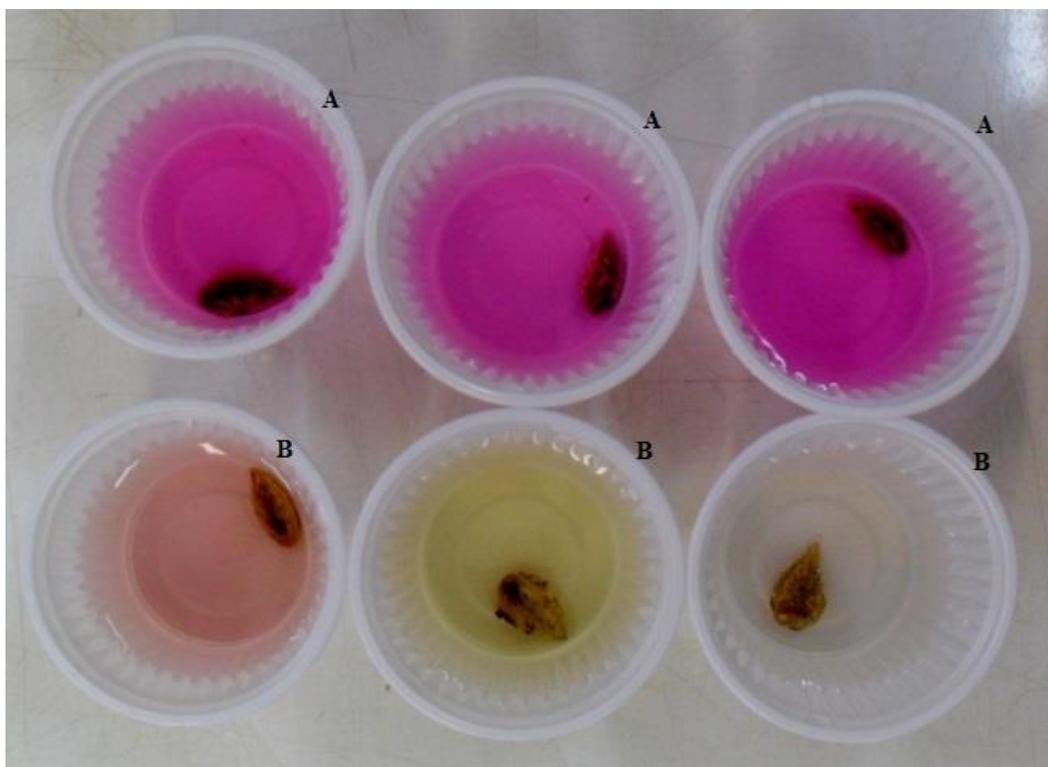


Figura 4.8. Sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. embebidas em água destilada e classificadas como viáveis (A) e inviáveis (B) pelo teste de pH do exsudato a adição das soluções indicadoras.

O teste do pH do exsudato tem mostrado correlações significativas com o teste convencional de germinação para sementes de diferentes espécies. Portanto, as sementes de *Terminalia argentea* foram submetidas o teste de germinação para averiguação da confiabilidade do teste do pH do exsudato. De acordo com Santana et al. (1998), apesar de ser um teste simples e rápido, a avaliação baseada na coloração pode induzir ao teste uma conotação subjetiva, que associada ao efeito de outros fatores como umidade da semente, temperatura e tempo de embebição podem influenciar os resultados e sua eficácia. Para Matos et al. (2009) o teste do pH de exsudato foi capaz de verificar a viabilidade de sementes de *Copaifera langsdorff* Desf., que apresentaram dormência pelo teste de germinação.

De posse dos dados do teste de germinação, pode-se verificar se a confiabilidade do teste do pH do exsudato é satisfatório ou não para as sementes de *Terminalia argentea*. Embora a metodologia tenha sido eficiente na estimação do vigor de lotes de sementes, já comprovados por Peske e Amaral (1986) e Mattos et al. (2009), os resultados desta

pesquisa mostram que para a espécie em estudo o teste do pH do exsudato carece de aperfeiçoamento. Tempos de embebição, volume da água e outros métodos que possibilitem uma maior permeabilidade dos frutos com meio da solução, devem ser testados para aprimorar a precisão do teste do pH do exsudato e estimar a viabilidade dos lotes de sementes da espécie *Terminalia argentea*.

A Tabela 4.20 a seguir demonstra que a análise de variância da estimativa de viabilidade dos lotes de sementes de *Terminalia argentea* pelo teste do pH do exsudato e sua associação com os resultados do teste de germinação foi significativa, sendo necessário sua averiguação pelo teste de Tukey (Tabela 4.21).

Tabela 4.20. Análise de variância dos valores da porcentagem de vigor obtidas pelo teste do pH do exsudato e sua efeito sobre o período de embebição das sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
Germinação	1	41,4444	207,2774*	34,95
Resíduo	118	199,929		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.21. Valores médios de porcentagem de vigor e de germinação (G), de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. submetidas ao teste do pH do exsudato em dois tempos de embebição.

Lote	Porcentagem de Vigor e Germinação (%)*			
	30'		60'	
	Vigor	G	Vigor	G
1	87 a	50 b	52 a	21 b
2	85 a	62 b	61 a	31 b
3	92 a	48 b	75 a	17 b

* Médias seguidas pela mesma letra na horizontal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para este tipo de análise o ideal seria que as médias não diferissem entre si, tendo uma relação causa efeito significativa.

A análise de variância da regressão linear simples (Tabela 4.22) não mostrou efeito significativo entre as variáveis analisadas, portanto, pode-se prever que não há uma interação significativa entre o vigor estimado pelo teste do pH do exsudato com os resultados do teste de germinação para a espécie objeto deste trabalho.

Tabela 4.22. Análise de variância da regressão linear simples das variáveis teste do pH do exsudato e teste de germinação para sementes de *Terminalia argentea* Mart. et. Zucc.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	r_{xy}
Regressão	1	648,2315	3,8169 ^{ns}	-0,2485
Desvio	58	169,8293		
Total	59			

^{ns} Não significativo.

Desta forma, pode-se inferir que a variável independente está disposta aleatoriamente na amostra, sem causa efeito com a variável dependente (germinação), não existindo uma tendência de correlação linear para esses fatores. Portanto, nesta pesquisa a porcentagem de viabilidade obtida através do teste do pH do exsudado, não prevê os resultados esperados para germinação. Resultados satisfatórios de alta correlação foram encontrados por Schuab et al. (2006), ao associarem a porcentagem de viabilidade de sementes de soja pelo teste de tetrazólio com as respectivas porcentagem de plântulas emergidas.

O teste do pH do exsudato foi eficiente na separação dos lotes, porém, não exerceu efeito significativo na estimativa do vigor das sementes. Embora tenha ocorrido a superestimação dos lotes de sementes de *Terminalia argentea*, as sementes caracterizadas com não viáveis pela ótica do teste do pH do exsudato não germinaram, pressupondo que a possível dormência e a considerável incidência de sementes não verdadeiras (ausência de tecidos embrionários) desta espécie florestal, podem ter corroborado para as elevadas estimativa de vigor pelo teste de pH do exsudato. Assim como no teste de condutividade elétrica, a baixa permeabilidade do tegumento pode ter influenciado na averiguação do vigor do lote de sementes.

4.5 TESTE DE GERMINAÇÃO

Na análise de variância para a porcentagem de germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) (Tabela 4.23), foi observada interação significativa entre os lotes utilizados, exceto para o TMG.

Tabela 4.23. Análise de variância dos lotes de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. e sua interação com a porcentagem de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG).

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	CV%
%G	2	1086,666	7,440*	31,66
Resíduo	57	146,0527		
IVG	2	2,7303	191.946*	6,927
Resíduo	57	0,14224		
TMG	2	27,8972	1,413 ^{ns}	9,39
Resíduo	57	19,7484		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

Verifica-se um baixo índice do coeficiente de variação para as variáveis IVG e TMG, porém, para os valores de porcentagem de germinação este índice foi relativamente alto, cerca de 31,66 %.

A germinação de sementes de *Terminalia argentea* ocorreu em todos os lotes, porém, manteve-se baixa e lenta, obtendo porcentagem média de germinação de 38,16%, conforme mostra a Tabela 4.24 a seguir.

Tabela 4.24. Valores médios da porcentagem de Germinação (%G), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) em dias, de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Lote	G	IVG	TMG
	%	Em dias	
1	35,5 b	1,57 b	47,59 a
2	46,5 a	2,14 a	45,98 a
3	32,5 b	1,45 c	48,31 a

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A porcentagem de germinação foi superior no lote 02 (46,5%), diferindo estatisticamente do lote 1 e 3, que possuem médias iguais ao nível de 5% de significância. O baixo índice de germinação, para ambos os lotes, foram superiores aos encontrados por Oliveira & Faria (2009) onde obtiveram uma média de germinação de 26%. Resultados superiores foram deparados por Salomão et al. (2003) onde constatou uma germinação de 70% para as sementes de *Terminalia argentea*.

Além da porcentagem final da germinação, os resultados de velocidade e uniformidade de germinação também são parâmetros fundamentais para escolha de lotes mais vigorosos. Diversos autores relacionam os dados do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) para selecionar os melhores tratamentos e/ou lotes de sementes, sendo que, quanto maior o valor de IVG, maior é a germinação diária, sendo estes os de melhor vigor. Para Gomes et al. (2010), quanto menor o tempo médio de germinação, melhor é a distribuição concentrada da germinação no tempo e no espaço, contribuindo para escolha de melhores substratos para o crescimento de plântulas de *Cedrela fissilis*. Os resultados do IVG foram semelhantes aos da porcentagem de germinação, indicando ser o lote 2 superior aos demais, ainda que as médias de IVG do lote 1 tenham diferido do lote 3. Para a variável tempo médio de germinação não houve diferença estatística entre as médias.

Havendo o efeito significativo na separação dos lotes através das variáveis porcentagens de germinação e índice de velocidade de germinação, constatou-se a sua associação através da regressão linear simples (Tabela 4.25), bem com sua interação com o tempo médio de germinação (Tabela 4.26).

Tabela 4.25. Análise de variância da regressão linear simples da variável porcentagem de germinação e sua relação com o índice de velocidade de germinação de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	r_{xy}
Regressão	1	5563,0323	65,377*	0,50
Desvio	58	85,09139		
Total	59			

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4.26. Análise de variância da regressão linear simples da variável porcentagem de germinação e sua relação com o tempo médio de germinação de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Fonte de variação	G. L.	Q. M	F	r_{xy}
Regressão	1	5609,2193	66,5427*	0,73
Desvio	58	84,2951		
Total	59			

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A plotagem dos dados da porcentagem de germinação e sua relação com os valores do índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação podem ser verificados nas Figuras 4.09 e 4.10 abaixo.

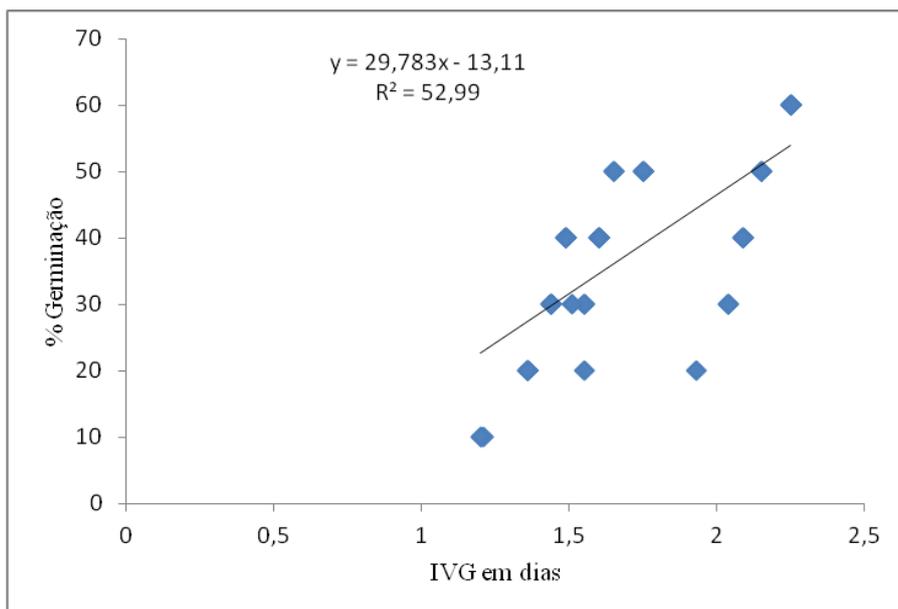


Figura 4.09. Dispersão dos dados da regressão linear simples dos valores médios de porcentagem de germinação (%G) e sua interação com o índice de velocidade de germinação (IVG) em dias, de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

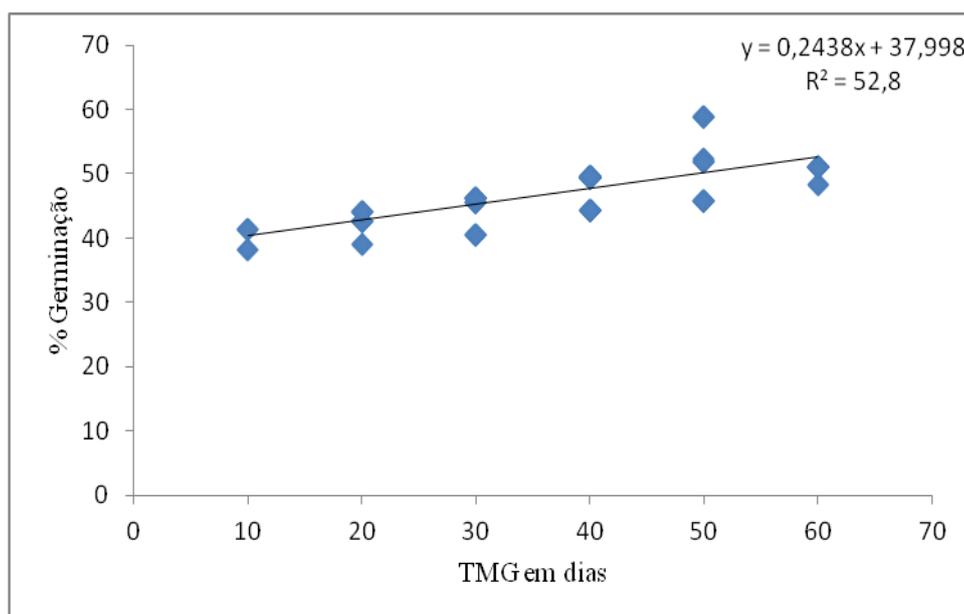


Figura 4.10. Dispersão dos dados de linear simples dos valores médios de porcentagem de germinação (%G) e sua interação com o tempo médio de germinação (TMG) em dias, de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc.

Nota-se para ambas as correlações do IVG e TMG com a germinação, a concentração dos dados próximos à reta linear positiva, intensifica a suas interações altamente significativas. Verifica-se que o coeficiente de determinação 52,99 % para o IVG e 52,8 % para o TMG relacionados com a variável dependente (germinação), conseguem ser explicado pelos regressores presente no modelo. Na correlação do IVG com

a porcentagem de germinação nota-se que há uma ligeira tendência a linearizar a interação. Apesar da forte correlação existente entre a variável porcentagem de germinação e tempo médio de germinação ($r_{xy} = 0,73$), não se pode prever que na medida em que se prolonga o período do teste de germinação, há uma maior incidência de sementes germinadas.

A germinação de sementes de *Terminalia argentea* iniciou-se no 26º dia após o início do teste para o lote 02 e posteriormente no lote 03 e 01, no 29º e 31º dias, respectivamente. Para Salomão et al. (1997) e Wetzel (1997) o período de germinação das sementes de *Terminalia argentea* se estende de 13 a 70 dias. Em estudos de Ferreira et al. (1998) a germinação foi tardia, tendo a primeira contagem aos 36 dias após a semeadura. Entretanto, em trabalhos de Oliveira & Farias (2009) a germinação de sementes de *Terminalia argentea* oriundas da região do Pantanal Mato-grossense ocorreu precocemente aos 10 dias do início do teste. Para Silva & Dantas (2013) a procedência, ou seja, o local e as plantas matrizes em que as sementes foram maturadas e colhidas são uns dos fatores que podem influenciar na qualidade fisiológica das sementes.

Analisando-se a germinação acumulada de sementes de *Terminalia argentea* (Figura 4.11) para os três lotes, observa-se que a lenta germinação pode estar associada à presença de algum mecanismo desenvolvido para dormência.

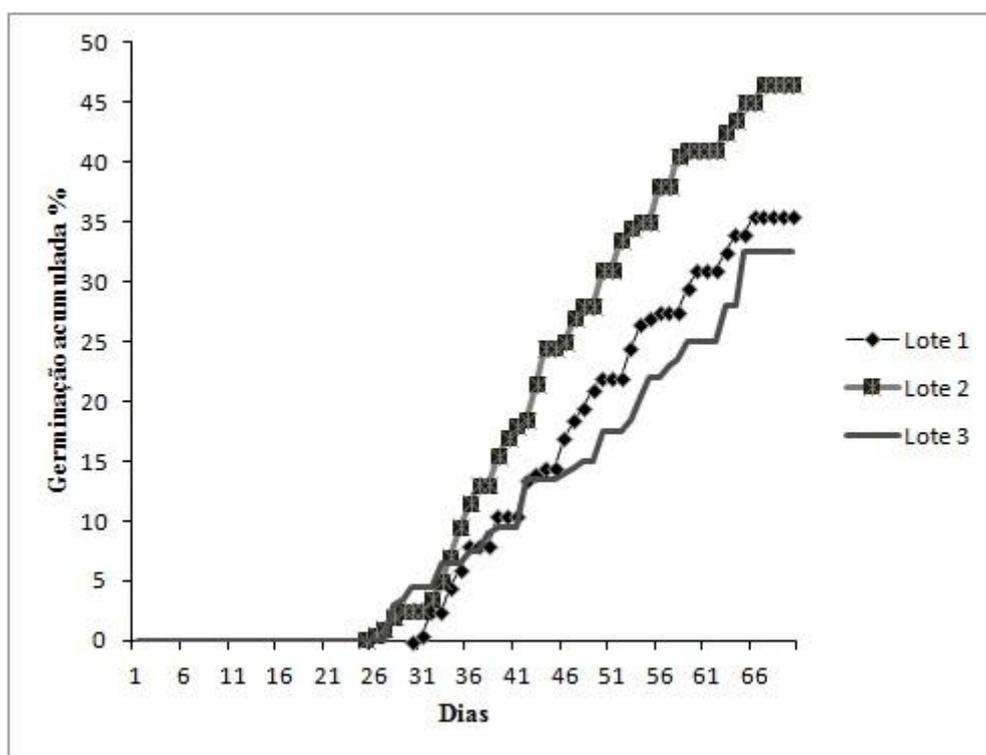


Figura 4.11. Germinação acumulada de três lotes de sementes da espécie florestal *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. no período de 70 dias.

Pode-se observar que as maiores taxas de germinação acumulada ocorreram no lote 02, chegando a 46,5 % das sementes posta para germinar. O lote 03 foi o que manteve o menor valor de germinação acumulada, sendo que apenas 32,5% sementes de 200 posta para germinar expressaram seu potencial germinativo. Em sementes de *Jacaranda mimosifolia* (Jacarandá mimoso) submetidas ao teste de germinação, Maciel et al. (2013) encontraram os maiores percentuais de germinação destas sementes em temperaturas de 25°C em substrato rolo de papel, com médias superior a 50% de plântulas normais.

Segundo Cruz & Carvalho (2006), a ocorrência de dormência é um caso frequente nas espécies tropicais, causando germinação lenta e desuniforme. De acordo com Oliveira & Farias (2009), o reduzido vigor revelado nos testes de germinação da espécie *Terminalia argentea* demonstra que a espécie germina lentamente, por um período relativamente longo, indicando que há a necessidade de se testar outros mecanismos para se obter melhores resultados.

De acordo com Carvalho & Nakagawa (2000), em algumas espécies, as sementes adquirem a capacidade de germinação somente após um período de tempo relativamente longo. Para esses autores a germinação de sementes pode ser influenciada pela maturação fisiológica e dormência, tendo sua avaliação dificultada no teste de germinação. Segundo Nogueira et al. (2013), fatores extrínsecos como faixa de temperatura ideal, quantidade de água e luz, são variáveis que também devem ser controladas de forma a otimizar o poder germinativo dos lotes de sementes. Neste sentido, torna-se importante ressaltar que as sementes utilizadas neste estudo foram submetidas a prática de desponte na parte inferior basal do fruto, visando acelerar os processos fisiológicos germinativos.

Netto & Faiad (1995), ao verificarem a viabilidade dos lotes de sementes de *Terminalia fagifolia* Mart. et Zucc. (Combretaceae) pelo teste de tetrazólio, constataram 79% de sementes potencialmente viáveis, porém, as mesmas não germinaram no teste de germinação. Para estes autores o erro da leitura na verificação do vigor e a possível dormência das sementes podem ter contribuído para superestimar o vigor dos lotes.

Embora os dados corroborem que há uma perda gradativa da viabilidade das sementes de *Terminalia argentea*, em decorrência da estimativa observada nos teste de análise de vigor, os resultados de germinação acumulada demonstram que as sementes desta espécie tende a obter germinação uniforme se forem desenvolvidos mecanismos mais eficientes para remoção total das estruturas do fruto, bem como o descarte de frutos sem sementes. Outro fator que também deve ser notado é a possível perda de viabilidade destas

sementes durante o período de colheita até a realização dos testes. Para a espécie em estudo, alguns autores como Lorenzi (2008) e Wetzel (1997) afirmam que os lotes de sementes desta espécie se mantêm viáveis por um período de até 8 meses após a sua maturidade fisiológica. Nota-se que neste estudo as sementes de *Terminalia argentea* mantiveram-se armazenadas em sacos de papel por um período de 3 meses após a sua coleta em condições de laboratório.

A duração do teste de germinação de sementes de *Terminalia argentea* a 25°C em rolo de papel, em condições de laboratório pode ser de 60 dias. A permanência do teste de germinação da referida espécie estudada encontrados nos trabalhos de Wetzel (1997), Oliveira & Faria (2009) e Salomão (1997), variou de acordo com a região de obtenção dos frutos, escarificação mecânica, temperatura e substrato utilizado.

Considerando as sementes de *Terminalia argentea*, a rigidez do pericarpo pode ter ocasionado algum impedimento à entrada de água nas sementes, inibindo ou retardando a germinação ao longo do tempo. Em espécies não domesticadas, como no caso de *Terminalia argentea*, a germinação das sementes no tempo é uma estratégia de perpetuação da espécie para adaptação e tolerância às adversidades ambiental, principalmente as encontradas no bioma Cerrado. Baixo potencial germinativo relacionado à dureza do tegumento também foi observado em sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), por Carvalho (2003).

A adequação de metodologias do teste de condutividade elétrica, raios X e pH do exsudato, aplicada às sementes florestais nativas do Cerrado, como a objeto deste trabalho, promovem agilidade na identificação da viabilidade e qualidade fisiológica dos lotes de sementes a serem empregadas na produção de mudas.

5. CONCLUSÃO

Os testes de raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e de germinação foram eficientes na distinção dos lotes de sementes de *Terminalia argentea*.

Os testes de condutividade elétrica e o teste do pH do exsudato no período de embebição de 30 min. foram eficientes na separação dos lotes de elevado vigor.

O teste de raios X, na intensidade de 26 kV por 1,2 segundos foi eficiente na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Terminalia argentea*. Este método em relação à técnica de condutividade elétrica e pH do exsudato, mostrou-se mais eficaz na determinação do vigor dos lotes de sementes estudados, bem como na averiguação da estimativa da porcentagem de germinação, portanto, rejeita-se a hipótese deste pesquisa.

As análises das imagens das sementes radiografadas permitiram detectar as anormalidades embrionárias, inviáveis para a sua utilização em processos de semeadura.

O baixo percentual germinativo de sementes de *Terminalia argentea* pode ser atribuído ao grande número de frutos formados sem tecidos embrionários e/ou embriões mal formados.

A importância de uma metodologia de fácil execução, visando estimar o poder germinativo dos lotes de sementes, ficou comprovada pelo teste de raios X em sementes de *Terminalia argentea*, por ser um método rápido e confiável, portanto, deve também ser empregado para análise de vigor de outras espécies florestais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDO, M. T. V. N.; PAULA, R. C. Temperaturas para a germinação de sementes de capixingui (*Croton floribundus* Spreng - Euphorbiaceae). Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v.28, n.3, p. 135-140, 2006.
- AGUIAR, F. F. A.; TAVARES, A. R.; KANASHIRO, S.; LUZ, P. B.; SANTOS JUNIOR, N. A. Germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemao ex Benth. (Fabaceae-Papilionoideae) no armazenamento. Ciência Agrotecnica, Lavras, v. 34, edição especial, p. 1624-1629, 2010.
- AGUIAR, I. B. Conservação de sementes. In: SILVA, A.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). Manual técnico de sementes florestais. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p.33-44. (Série Registros, 14).
- AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993. 350p.
- ALBUQUERQUE, K. S.; GUIMARÃES, R. M. Avaliação da qualidade de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) pelo teste de raios X. Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1713-1718, 2008.
- ALMEIDA, F. A. C.; ALVES, N. M. C.; GOMES, J. P.; SILVA, D. R. S. Determinação do teor de umidade limite de semente de endro (*Anethum graveolens*) para crioconservação. Revista de Biologia e Ciências da Terra, V. 07, n. 2, p. 153-159, 2007.
- AMARAL, A. S.; PESKE, S. T. pH do exsudato para estimar, em 30 minutos, a viabilidade de sementes de soja. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v. 6, n. 3, p. 85-92, 1984.
- AMARAL, J. B.; MARTINS, L.; FORTI, V. A. CÍCERO, S. M.; MARCOS FILHO, J. Teste de raios x para avaliação do potencial fisiológico de sementes de ipê-roxo. Revista Brasileira de Sementes, vol. 33, n. 4, p. 601-607, 2011.
- ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro – *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). Revista Brasileira de Sementes, v. 16, n. 1, p. 34-40, 1994.
- ANDRADE, R. N. B.; SANTOS, D. S.; SANTOS FILHO, B.; MELLO, V. D. C. Correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 153-162, 1995.
- AOSA. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed vigor test committee. Seed vigor testing handbook. Lincoln: AOSA, 1983. 88 p.
- BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; BARROS, D. I. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de melancia. Revista Brasileira de Sementes, vol. 27, n. 2, p. 176-182, 2005.

BINO, R. J.; ARTSE, J. W.; VAN DER BURG, W. J. Non-destructive x-ray analysis of *Arabidopsis* embryo mutants. *Seed Science Research*, v. 3, n.3, p. 167-170, 1993.

BORGES, E. E. L.; BORGES, C. G. Germinação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. provenientes de frutos com diferentes graus de maturação. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 1, n. 3, p. 45-47, 1979.

BORGES, E.E.L; BORGES, R.C.G.; TELES, F.F.F. Avaliação da maturação e dormência de sementes de orelha-de-negro. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.2, n.2, p.29-32, 1980.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. *Revista Brasileira de Sementes*, vol.32, n. 4, p. 15-21, 2010.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA, DNPV, 1992. 365 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. SDA: Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRASILEIRO, M. S.; CARVALHO, M. A.; KARIA, C. T. Correlação entre peso de sementes e vigor e velocidade de germinação em *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. Anais. Brasília, DF, 1-6 p., 2008.

BRUNI, A. L. PASW aplicado à pesquisa acadêmica. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BURG, W. J. V; AARTESE, J. W.; ZWOL, R. A. VAN.; JALINK, H.; BINO, R. J. Predicting tomato seedling morphology by x-ray analysis of seeds. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 119, n. 2, p. 258-263, 1994.

CABRERA, A. C.; PESKE, S. T. Testes do pH do exsudato para sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 24, n.1, p. 134-140, 2002.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Floresta, 2003. 1039 p.

CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, L. M. Raios x na avaliação da qualidade de sementes. *Informativo Abrates*, Pelotas, v. 6, n. 1, 2, 3, p. 93-99, 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000.

CARVALHO, J. A.; PINHO, E. V. R. V.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; BONOME, E. T. Testes rápidos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Citromelo swingle*. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 24, n. 1, p. 263-270, 2002.

CHEN, T.; BURRIS, J. S. Dessication tolerance in maturing maize seed: membrane phospholipid composition and thermal properties. *Crop Science*, Madison, v. 31, n. 3, p. 1766-770, 1991.

CHEROBINI, E. A. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de espécies florestais nativas. 2006. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

CHEROBINI, E. A. I.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E. Avaliação da qualidade de sementes e mudas de cedro. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 65-73, 2008.

CORVELLO, W.B.V.; VILLELA, F.A.; NEDEL, J.L.; PESKE, S.T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.21, n.2, p.23-27,1999.

COSTA, P. S. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de condutividade elétrica individual na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.). *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 1, p. 92-96, 2006.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. Methods of overcoming dormancy in *Shizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Leguminosae – caesalpinioideae) seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 28, n. 3, p. 108-115, 2006.

DESAI, B. B.; KOTTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. *Seeds handbook biology, production, processing and storage*. New York, Basel, 1. ed. 1967. 627p.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Electrical conductivity test for vigor evaluation in soybean seeds. *Seed Research*. vol. 24 p. 1-10, 1996.

FEITOSA, S. S.; DAVIDE, A. C.; TONETTI, O. A. O.; FABRICANTE, J. R.; LUI, J. J. Estudos de viabilidade de sementes de candeia *Ermanthus erythropappus* (DC.) Mac Leish por meio de testes de germinação e raios x. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 39, n. 2, p. 393-399, 2009.

FERNANDES, E. J.; SADER, R.; CARVALHO, N. M. Viabilidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) estimada pelo pH do exsudato. In: Congresso Brasileiro de sementes, 5, Gramado, 1987. Anais. Brasília: Abrates, 1987.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

FERREIRA, R. A.; BOTELHO, S. A.; MALAVAS, M. M.; DAVIDE, A. C. Caracterização morfológica de frutos, semente, plântula e muda de capitão-do-campo (*Terminalia argentea* Mart. & Zucc. – Combretaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 20, n.º. 2, p. 202-209, 1998.

FLOR, E. P. O.; CARVALHO, M. L. M. Uso de los rayos-x para La evaluación de daños internos producidos por secamiento y sus efectos em La calidad de semillas de maiz. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. 55, n. 2, p. 1521-1537, 2002.

FLOR, E. P. O.; CICERO, S. M.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

FLORES, A. V.; ATAÍDE, G. M.; BORGES, E. E. L.; SILVEIRA, B. D.; PEREIRA, M. D. Tecnologia e comercialização de sementes florestais: aspectos gerais. *Informativos Abrates*, vol. 21, n° 3, 2011.

GOMES, K. B. P.; VILARINO, M. L. G.; PEREIRA, V. S.; FERRARO, A. C. Avaliação da emergência e do crescimento inicial de plântulas de cedro-rosa em diferentes substratos. *Revista Agrogeoambiental*, vol. 02, n. 1, p. 75-84, 2010.

GOMES JUNIOR, F. G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. *Informativo ABRATES*, vol. 20, n. 3, 2010.

GOMES JUNIOR, F. G.; YAGUSHI, J. T.; BELINI, U. L.; CICERO, S. M.; TOMAZELLO FILHO, M. X-ray densitometry to assess internal seed morphology and quality. *Seed Science and Technology*, v. 40, n. 1, p. 102-107, 2012.

GONZALES, J. L. S.; VALERI, S. V. Prueba de La conductividad eléctrica em La evaluación fisiológica de La calidad de semillas em *Zeyheria tuberculosa*. *Bosque*, 32(2): 197-202, 2011.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; FRANÇA, P. R. C.; MOURA, M. F.; SANTOS, S. S. Germination of *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. seeds. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, Vol. 33, N. 4, p. 445, 2011.

HAMMAN, B.; HALMAJAN, H.; EGLI, D. B. Single seed conductivity and seedling emergence in soybean. *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 29, n. 3, p. 575-586, 2001.

HAMPTON, J. G. Conductivity test. In: *Seed Vigour Testing Seminar*. Copenhagen: International Seed Testing Association, Vigour Test Committee, 1995. P. 10-25.

HEPBURN, H. A.; POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 12, n. 2, p. 403-413, 1984.

HILST, P. C. Teste de coloração de exsudatos para avaliação da viabilidade de sementes de café (*Coffea arabica* L.). 2009. Dissertação de Mestrado. Pós Graduação em Fitotecnia Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2009.

IBM SPSS. IBM corp. 2011. IBM SPSS Statistics for Windows. Version 20.0. Armonk, NY: IBM corp. 2011.

INTERNACIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). International Rules for seed Testing. *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 24, 1996. 336p.

INTERNACIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). International Rules for seed Testing. *Handbook of vigour test methods*. 3. ed. ISTA, Zurich, 1995. 117p.

INTERNACIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). International Rules for seed Testing. Seed Science and Technology, v. 27, 1999. 333p.

IVANI, S. A.; SILVA, B. M. S.; OLIVEIRA, C.; VITTIMÔRO, F. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de castanheira (*Terminalia catappa* L. – combretaceae). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, SP, v. 30, n. 2, p. 517-522, 2008.

KOOSTRA, P.; HARRINGTON, J. Biochemical effects of age on membranal lipids of *Cucumis sativus* L. seed. Proceedings International Seed Testing Association, Copenhagen, v. 4, p. 329-340, 1973.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. Informativo ABRATES, Londrina, v. 1, n. 2, p.15-20.1991.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANCA NETTO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: Conceitos e Testes. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LABOURIAU, L. G. Revisão da situação da ecologia vegetal nos cerrados. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 38, n. 5, p. 5-38, 1966.

LENZ, G. F.; SIMSEN, V. L.; DUARTE, R. A.; MARTIN, C. A.; MARINS, A. C. Determinação da umidade do milho utilizando o método estufa. III ENDICT. Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. ISSN 2176-3046. Anais.....,UTFPR, 2011.

LIMA JUNIOR, M. J. V. Manual de procedimentos para análise de sementes florestais. 146p. UFMA, 2010. Manaus – Amazonas, Brasil.

LOPES, A. C. A.; NASCIMENTO, W. M. Análise de sementes de hortaliças. Circular Técnica (83). Embrapa Hortaliças. Brasília, 2009.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Vol. 1 / 5º ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2008.

LUNA, T.; WILKINSON, K. ; DUMROESE, R. K. 2009. 8: Seed germination and sowing options. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D., editors. Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries - Volume 1: Nursery management. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. p. 133-151.

LUZ, R. P.; CARVALHO, B. O.; CARVALHO, M. L. M.; FERREIRA, V. F.; BÁRBARA, C. N. V. Análise de imagens radiográficas na avaliação da qualidade de sementes de girassol. In: XIX Congresso de Pós-Graduação da UFLA. Anais..., Lavras – MG, 27 de setembro a 01 de outubro de 2010. Universidade Federal de Lavras. 2010.

MACIEL, C. G.; BOVOLINI, M. P.; FINGER, G.; POLLET, C. S.; MUNIZ, M. F. B. Avaliação de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Jacaranda mimosifolia* D. Don. Floresta e Ambiente, vol. 20, n. 1, p. 55-61, 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.070>.

MACHADO, C. F. Metodologia para a condução do teste de germinação e utilização de raios-x para a avaliação da qualidade de sementes de aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.). Piracicaba, ESALQ/USP. Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

MACHADO, C. F.; CÍCERO, S. M. Aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. – Anacardiaceae) seed quality evaluation by the X-ray test. Scientia Agricola, v. 60, n. 2, p. 393-397, 2003.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba, SP. Ed. Fealq, 2005, v.12. 495p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Eds.). Teste de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

MARCUS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F. G.; BENNETT, M. A.; WELLS, A.; STIEVE, S. Using tomato analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. Revista Brasileira de Sementes, vol. 32, n. 2, p. 146-153, 2010.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell) Fr. All. Ex. Benth). Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v. 24, n. 1, p. 271-278, 2002.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial nas plântulas de palmito – vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernades – Palmae). Revista Brasileira de Sementes, v. 21, n. 1, p. 164-173, 1999.

MARTINS NETTO, D. A.; FAIAD, M. G. R. Viabilidade e sanidade de sementes de espécies florestais. Revista Brasileira de Sementes, vol. 17, n. 1, p. 75-80, 1995.

MARTINS, R. C. C. Germinação e crescimento inicial de três espécies pioneiras do bioma cerrado no Distrito Federal, Brasil. Viçosa: UFV, 2004. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 2004.

MASETTO, T. E.; FARIA, J. M. R.; QUEIROZ, S. E. Avaliação da qualidade de sementes de cedro (*Cedrella fissilis* – Meliaceae) pelo teste de raios X. Ciência e Agrotecnologia, v. 32, n. 6, p. 1-7, 2008.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C.; CORRÊA, N. B. Maturação fisiológica de sementes de *Erythrina variegata* L. Ciência Florestal, v. 21, n. 4, p. 619-627, 2011.

MATOS, J. M. M. Avaliação da eficiência do teste de pH de exudato na verificação de viabilidade de sementes florestais. 2009. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília – UnB.

MATOS, J. M. M.; MARTINS, R. C. C.; MARTINS, I. S. Caracterização do teste de pH de exudato pelo método individual para avaliação da viabilidade de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. Heringeriana, Brasília, v. 3, n.1, p. 81-87, 2009.

MATTOS, P. P.; MEDEIROS, A. C. S. Uso de raios x na avaliação de sementes de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*) e erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Embrapa Floresta. Nota técnica, ISSN 1517-5022. N° 88, p. 1-3, 2000.

MELO, P. R. B.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, B. O. Aplicação do teste de raios x no estudo da morfologia interna e da qualidade fisiológica e da qualidade fisiológica de aquênios de arnica (*Lychnophara pinaster* Mart.). Revista brasileira de Sementes, vol. 31, n° 2, p. 146-154, 2009.

MENEZES, L. M. On line. 2013. Testes rápidos para avaliação da qualidade das sementes. Sementes. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, UFSM. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/sementes/trapidos.htm>>. Acessado em: 15 de abril de 2013.

MENEZES, N. L.; CÍCERO, S. M.; VILLELA, F. A. Identificação de fissuras em sementes de arroz após a secagem artificial, por meio de raios x. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, p. 1194-1196, 2005.

MORA, A. L.; PINTO JUNIOR, J. E.; FONSECA, S. M.; KAGEYAMA, P. Y. Aspectos da produção de sementes de espécies florestais. IPEF – Série Técnica. Piracicaba, v. 2, n. 6, p. 1- 60, 1981.

MORAES, M. H. D. Análise sanitária de sementes tratadas. In: VII Simpósio Brasileiro de Patologia de sementes, 8., 2004. Anais...João Pessoa, 2004. p. 99.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, London, v. 403, p. 853-858, 2000.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desenvolvimento das plântulas. In: KRZYZANOSWSKI, F. C. H.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, cap. 2, p. 2 – 24, 1999.

NETTO, D. A. M.; FAIAD, M. G. R. Viabilidade e sanidade de sementes de espécies florestais. Revista Brasileira de Sementes, vol. 17, n. 1, p. 75-80, 1995.

NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A. C. S. Extração e beneficiamento de sementes florestais nativas. Circular Técnica, Colombo: Embrapa Floresta, n° 131, 2007.

NOGUEIRA, N. W.; RIBEIRO, M. C. C.; FREITAS, R. M. O.; GURGEL, G. B.; NASCIMENTO, I. L. N. Diferentes temperaturas e substratos para germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. Revista Ciências Agrárias, vol. 56, n. 2, p. 95-98, 2003. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.015>

OHLWEILER, O. A. Química analítica quantitativa. Rio de Janeiro: Livros Técnicos científicos, vol 2, p. 409-420, 1974.

OLIVEIRA, A. K. M.; FARIAS, G. C. Efeito de diferentes substratos na germinação de sementes de *Terminalia argêntea* (Combretaceae). Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 320-323, 2009.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHLEDER, E. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. F. ex. s. Moore. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 25-32, 2006.

OLIVEIRA, E. C. Morfologia de plântulas florestais. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUEZ, F.C.M. & FIGLIOLA, M.B. Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, p.175-214, 1993.

OLIVEIRA, L. M. Avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) pelo teste de germinação, tetrazólio e raios x. 2000. 111f. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. A utilização do teste de raios-X na avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). Revista Brasileira de Sementes, v. 25, n. 1, p. 116-120, 2003.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R. M.; MASETTO, T. E. Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nichi. e *T. impetigiosa* (Martius ex A. P. de Candolle Standley) – (Bignoniaceae) pelo teste de raios x. Revista Brasileira de Sementes, Brasília-DF, v.26, n. 2, p.138-143, 2004.

OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – Fabaceae. Floresta, Curitiba, PR, v.38, n. 3, 2008.

OLIVEIRA, P. E. A. M. & MOREIRA, A. G. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.15, n.2, p.163-174, 1992.

PESKE, S. T.; AMARAL, S. pH of seed exudates as a rapid physiological quality test. Seed Science & Technology, Zurich, v. 22, n. 3, p. 641-644, 1994.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AGUIAR, I. B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLA, M. B. (coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; PEIXOTO, M. C. Tecnologia de sementes: Testes de qualidade. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Germinação – do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 265-282.

PINTO, T. L. F.; MARCUS FILHO, J.; FORTI, V. A.; CARVALHO, C.; GOMES JUNIOR, F. G. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos teste de tetrazólio e de raios x. Revista Brasileira de Sementes, vol. 31, n. 2, p. 195-201, 2009.

POWELL, A. A. Seed improvement by selection and invigoration. Sicientia Agricola, Piracicaba, v. 55, p. 126-133, 1998.

PUPIM, T. L.; NOVENBRE, A. D. L. C.; CARVALHO, M. L. M.; CICERO, S. M. Adequação do teste de raios x para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.). Revista Brasileira de Sementes, vol. 30, n. 2, p. 28-32, 2008.

RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galerias. Embrapa Cerrados, Brasília, 2001. 899p.

RIBEIRO, U. P. Condicionamento fisiológico de sementes de algodão: efeitos sobre a germinação, vigor, atividade enzimática e armazenamento. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras. 79p. Lavras: UFLA, 2000.

ROSA, T. D.; SEGALIN, S. R.; FUZZER, F. A.; BARZOTTO, F.; CABRERA, I.; HAESBAERT, F.; MERTIZ, L. M. Teste de condutividade elétrica individual em sementes de soja e a relação com emergência de plântulas a campo. CIC UFPelotas. 21º Congresso de Iniciação Científica. Anais...2012. Universidade Federal de Pelotas, 2012.

SAEG – Sistema para análise estatística. Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes, Universidade Federal de Viçosa. UFV – Viçosa, 2007.

SALOMÃO, A. N.; EIRA, M. T. S.; CUNHA, R.; SANTOS, I. R. I; MUNDIM, R. C.; REIS, R. B. Padrões de germinação e comportamento para fins de conservação de sementes de espécies autóctones: madeiras, alimentícias, medicinais e ornamentais. Embrapa CENARGEN. Brasília, Comunicado Técnico, n. 3, p. 1-17, 1997.

SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I., CUNHA, R. Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado. Brasília, Ed. Rede de Sementes do Cerrado. 2003. 96p.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados: Brasília – DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

SANTANA, D. C.; VIEIRA, M. G. G. C.; CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, M. S. Teste do pH do exsudato-fenolftaleína para rápida definição sobre o destino de lotes de sementes de milho. Revista Brasileira de Sementes, vol. 20, n. 1, p. 160-166, 1998.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. de. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs – Euphorbiaceae. Revista Brasileira de Sementes, vol. 27, n. 2, p. 136-145, 2005.

SARMENTO, M. B.; VILLELA, F. A. Sementes de espécies florestais nativas do sul do Brasil. Informativo Abrates, vol. 20, n. 1,2 p. 39-44, 2010.

SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual. Rede de Sementes do Pantanal, vol. 2. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2006. 59p.

SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L.; FRANÇA NETO, J. B.; SCAPIM, C. A.; MESCHÉDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. Acta Scientia Agronômica, Maringá, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2006,

SILVA, D. G; CALDEIRA, C. M.; CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, L. M.; KATAOKA, V. Y.; SOUZA, L. A. Avaliação da qualidade de sementes de mamona pelo teste de raios x. In: XX CIUFLA, 2007, Lavras, MG. XX CIUFLA, 2007.

SILVA, J. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Autocorrelação espacial em populações natural de *Terminalia argentea* Mart et Succ. No cerrado de Selvíria, MS. Scientia Forestalis, n. 66, p. 94-99, 2004.

SILVA, C. D.; PAZETO, M. S. R.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity and mineral composition of the imbibition solution of bean seeds during storage. Revista Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 36, n. 2, p. 147-155, 2012. On line. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542012000200002>.

SILVA, F. F. S.; DANTAS, B. F. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (sapotaceae) de diferentes procedências. Revista Sodebras, vol. 8, n. 90, p. 40-43, 2013.

SILVEIRA, M. A. M.; VILLELA, F. A.; TILLMANN, M. A. A. Maturação fisiológica de sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.). Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v. 24, n. 2, p. 31-37, 2002.

SIMAK, M. Testing of forest tree and shrub seeds by x-radiography. Tree and shrub Seed Handbook. Zurich: ISTA, 1991.

SIMAK, M.; BERGSTEN, U.; HENRIKSSON, G. Evaluation of ungerminated seeds at the end of germination test by radiography. Seed Science and Technology, v. 17, n. 2, p. 361-369, 1989.

SIMAK, M.; GUSTAFSSON, Ã. X-ray photography and sensitivity in Forest tree species. Hereditas, v. 39, p. 458-468, 1953.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, R. C. P. Dormência em sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth - Fabaceae - Papilionidae). Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v.25, n.2, p.48-52, 2003.

SOTO, G. J. L.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. fabaceae-momosoideae. Revista Árvore, v. 33, n. 4, p. 625-634, 2009.

SOUZA, L. A. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona. Lavras – UFPA. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2007.

SOUZA, L. A.; MESQUITA, H. A.; ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Utilização de raios x na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de sucupira branca (*Pterodon emarginatus* Vog). Informativo Abrates, v. 15, n. 1, 2 e 3, p. 284, 2005.

SOUZA, L. A.; REIS, D. N.; SANTOS, J. P.; DAVIDE, A. C. Uso de raios x na avaliação da qualidade de sementes de *Platypodium elegans* Vog. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 343-347, 2008.

SOUZA, S. M.; LIMA, P. C. F. Maturação de sementes de angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v.7, n.2, p.93-99, 1985.

STEERE, W. C.; LEVENGOOD, W. C; BONDIE, J. M. Na electrical analyser for evaluating seed germination and vigour. Seed Science and Technology, Zurich, v. 9, n. 2, p. 567-576, 1981.

STURIÃO, W. P.; LANDGRAF, P. R. C.; ROSA, T. P. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de palmeira jerivá pelo teste de raios x. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 1, p. 213-218, 2012.

TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. Manual das sementes: tecnologia da produção. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 1977.

TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (D.C) Mac Leisch. Revista Brasileira de Sementes, v. 28, n. 1, p. 114-121, 2006.

VASCONCELOS, E. S.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 1, p. 65-76, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n1p65.

VECHIATO, M. H. Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_3/SementesFlorestais/qualidadesanitaria >. Acesso em: 31/01/2013.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. Teste de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANCA-NETTO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, cap. 4, p.1-26, 1999.

WETZEL, M. M. V. S. Época de dispersão e fisiologia de sementes do cerrado. Tese (1997). Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia. UnB, 1997.

WIELEWICKI, A. P.; LEONHARDT, C.; SCHLINDWEIN, G.; MEDEIROS, A. C. S. 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, v. 28, n. 3, p. 191-197, 2006.