

## Avaliação da morfologia interna de sementes de *Terminalia argentea* (Combretaceae) pelo teste de raios X<sup>1</sup>

### Evaluation of the internal morphology of seeds of *Terminalia argentea* (Combrateceae) by x-ray testing

Kever Bruno Paradelo Gomes<sup>2\*</sup>, Rosana de Carvalho Cristo Martins<sup>3</sup>, Ildeu Soares Martins<sup>3</sup> e Francisco Guilhien Gomes Junior<sup>4</sup>

**RESUMO** - As espécies florestais, particularmente as de Cerrado, são caracterizadas pela alta ocorrência de predação, frutos vazios e deficiência na formação do embrião. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a morfologia interna de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. pelo teste de raios X e verificar a sua relação com a germinação. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Imagens do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior “Luis de Queiroz” na cidade de Piracicaba, SP. Três lotes de sementes de *T. argentea* foram coletados e levados ao Laboratório onde se procederam as análises radiográficas com 200 sementes de cada lote. As sementes foram posicionadas a 28,0 cm da fonte de emissão de raios X, utilizando o equipamento digital Faxitron X-ray, modelo MX-20 DC 12. Em seguida as sementes foram classificadas de acordo com a morfologia interna visualizada nas imagens radiográficas, sendo estabelecidas três categorias: sementes Cheias, Vazias e Mal formadas. Para cada categoria de sementes realizou-se o teste de germinação. O delineamento estatístico utilizado foi em esquema fatorial, com três lotes e três categorias. Pelos resultados obtidos neste trabalho, a utilização do teste de raios X em sementes de *Terminalia argentea* é promissora na detecção da qualidade dos frutos dos lotes de sementes, auxiliando na separação de sementes vazias e com anormalidades embrionárias, inviabilizando seu uso de imediato ou para armazenamento. O teste de raios X, na intensidade de 26 kV por 1,2 segundos é eficiente na avaliação da morfologia interna de sementes de *Terminalia argentea*.

**Palavras-chave:** Análise de imagens. Espécie arbórea do Cerrado. Germinação.

**ABSTRACT** - Forest species, especially those from the Cerrado, are characterised by a high incidence of predation, empty fruit and deficiency in embryo formation. The objective of the present work was to evaluate the internal morphology of seeds of *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. by X-ray testing, and to verify its relationship to germination. The experiment was conducted at the Laboratory for Image Analysis of the Department for Plant Production, at the Escola Superior Luis de Queiroz, in the city of Piracicaba, in the state of São Paulo, Brazil. Three batches of seeds of *T. argentea* were collected and taken to the laboratory, where radiographic analysis of 200 seeds from each lot was carried out. The seeds were placed 28.0 cm from the source of the X-ray emissions, digital equipment from Faxitron X-ray, model MX-20 DC 12. The seeds were then classified according to their internal morphology as seen in the radiographs, with three categories being established: full, empty and misshapen seeds. Germination tests were performed for each category of seed. The statistical design employed was a factorial scheme of three groups and three categories. From the results obtained in this work, use of X-ray testing of seeds of *Terminalia argentea* is promising for the detection of the fruit quality of the seed lots, aiding in the separation of empty seeds and those with embryonic abnormalities, and precluding their storage or immediate use. X-ray testing at an intensity of 26 kV for 1.2 seconds was effective in assessing the internal morphology of seeds of *Terminalia argentea*.

**Key words:** Image analysis. Tree species of the Cerrado. Germination.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 05/10/2013; aprovado em 22/05/2014

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor defendida na Universidade de Brasília

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, Campus Gama, Lote 01, DF 480, Setor de Múltiplas Atividades, Gama, Brasília-DF, Brasil, 72.429-005, kever.gomes@ifb.edu.br

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília-DF, Brasil, 70.910-900, roccristo@gmail.com, ildemarti@unb.br

<sup>4</sup>Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba-SP, Brasil, 13.418-900, francisco1@usp.com

## INTRODUÇÃO

*Terminalia argentea* Mart. et Zucc., popularmente conhecida como capitão, capitão-do-mato ou capitão-do-campo, pertence à família Combretaceae (LORENZI, 2008). Espécie pioneira de porte arbóreo, encontrada na região do Centro-Oeste e do Sudeste, abundante no Bioma Cerrado e na floresta semidecídua; ocorrendo preferencialmente em topos de morros e alto de encostas onde o solo é bem drenado. Espécie recomendada para programas de recuperação de áreas degradadas devido ao seu bom desenvolvimento em solos empobrecidos. Possui fruto tipo drupa com característica seco e indeiscente, apresentando semente fusiforme (FERREIRA *et al.*, 1998; OLIVEIRA; FARIAS, 2009). Seus produtos madeireiros são bastante utilizados na construção civil, tendo em vista tratar-se de madeira pesada e dura. Destaca-se também o uso de produtos não madeireiros desta espécie florestal, como uso medicinal através dos extratos vegetais da casca e folhas (LORENZI, 2008; SILVA; MORAES; SEBBENN, 2004).

As compensações ambientais, como a reposição obrigatória de mata nativa nas propriedades rurais, e a recuperação de áreas degradadas, visando atender as 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 contexto, a utilização de procedimentos não destrutivos que propiciem eficiência na identificação de sementes Cheias, Mal formadas ou Vazias, a exemplo do teste de raios X pode ser um indicativo da qualidade fisiológica e genética das sementes destas espécies florestais.

A análise de sementes através das imagens radiográficas obtidas através do teste de raios X é uma alternativa relativamente recente para classificar de imediato os diversos aspectos das sementes (GOMES JUNIOR, 2010). Neste sentido, a captura e o processamento da imagem radiografada têm permitido o estabelecimento de relações entre integridade, morfologia e determinação do potencial fisiológico das sementes (MARCOS FILHO *et al.*, 2010). Essa técnica foi inicialmente utilizada por Simak e Gustafsson (1953), na avaliação da qualidade de sementes de *Pinus sylvestris* L., por apresentar a vantagem de não alterar a viabilidade das sementes permitindo que as mesmas sejam semeadas para comparação com o teste de germinação, possibilitando o estudo da germinação em relação à imagem radiográfica. Esta metodologia de análise de sementes 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; FARIA; QUEIROZ, 2008); *Peltophorum dubium* (OLIVEIRA; CARVALHO; DAVIDE, 2003); *Lithraea molleoides* (MACHADO; CICERO, 2003) e *Tabebuia heptaphylla* (Amaral *et al.* (2011).

As espécies florestais, particularmente as de Cerrado, são caracterizadas pela alta ocorrência de predação, frutos vazios 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. Considerando os interesses econômicos e de conservação das espécies arbóreas do Cerrado, torna-se necessário intensificar as pesquisas referentes à avaliação da morfologia interna das sementes para auxiliar na identificação de sementes com potencial para germinação.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a morfologia interna de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. pelo teste de raios X e verificar a sua relação com a germinação.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos-sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. foram coletados em áreas de Cerrado *sensu stricto* do Distrito Federal no ponto de maturação fisiológica diretamente na árvore, considerando o vigor, porte e sanidade das matrizes selecionadas no período de setembro de 2012. A escolha das regiões para seleção de matrizes e formação dos lotes de sementes foi realizada com base nas características dos fragmentos de vegetação encontrados em centros urbanos (Lote 1); Área de Proteção Ambiental (APA) destinada a conservação e proteção do ecossistema (Fazenda Água Limpa) (Lote 2) e ao longo da rodovia BR 040 que liga Brasília (DF) a Cristalina (GO) em ambientes degradados (Lote 3). Foram colhidos frutos em 20 matrizes de cada lote.

As sementes foram beneficiados retirando as partes aliformes e submetidos a uma escarificação mecânica, promovendo um pequeno corte na parte lateral do fruto, com o auxílio de um estilete no Laboratório de Sementes e Viveiros Florestais da Universidade de Brasília. As sementes foram homogeneizadas e armazenadas em sacos de papel em câmara do tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à temperatura ambiente (25 °C) até a realização dos testes por um período de 30 dias. As amostras para realização dos testes foram retiradas ao acaso de cada lote de sementes.

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

O teste de raios X foi realizado 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). Dessa forma, 200 sementes de cada lote foram radiografadas sendo as radiografias 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 foram determinados 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 radiografadas, as sementes foram colocadas em células individualizadas de uma bandeja de plástico para posterior germinação. As sementes foram classificadas de acordo com a morfologia interna visualizada nas imagens radiográficas. Foram consideradas três categorias de sementes: Cheias, Vazias e Mal formadas. A interpretação dos resultados de raios X foi realizada 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.

Para cada categoria de sementes obtidas pelo teste de raios X foi realizado o teste de germinação no Laboratório de Sementes e Viveiros Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, Brasília - DF.

As sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. previamente enumeradas foram postas em rolos de papel filtro (20 sementes/rolo) acondicionados em câmara do tipo B.O.D a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 8 horas/dia. Para embebição das sementes foi utilizado água destilada na proporção 2,5 vezes sua massa. O período para análise e da germinação foi de 70 dias. Foi feita a troca do rolo de papel 30 dias após o início do teste de germinação.

O delineamento estatístico utilizado foi em esquema fatorial, com três lotes e três categorias (3 x 3), com os tratamentos replicados 20 vezes e as 10 unidades experimentais dispostas inteiramente ao acaso. Foram feitas análises da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de

5% de probabilidade. Foram feitas análise de regressão e de correlação dos resultados do teste de germinação com os respectivos testes de raios X.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de *Terminalia argentea* apresentaram um baixo teor de água (9 - 10%). Os valores obtidos foram inferiores aos apresentados por Oliveira e Faria (2009), ao constatarem o teor de água de 20,6% das sementes de *Terminalia argentea* recém-colhidas, oriundas da região do Pantanal Mato-grossense; diferente dos 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), obtendo-se cerca de 30% do teor de água nas sementes analisadas. Dados inferiores do teor de água (cerca de 6%) também foram encontrados por Netto e Faiad (1995) em sementes de capitão-garrote (*Terminalia fagifolia* - Combretaceae).

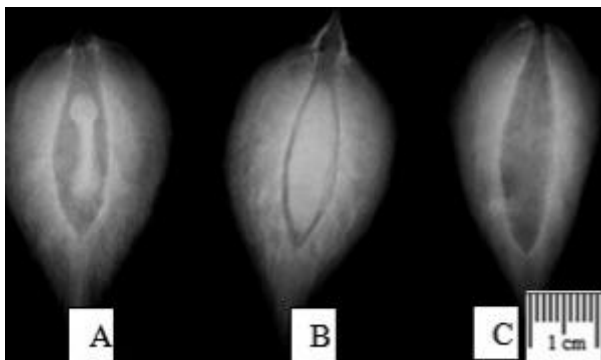
O baixo teor de água encontrado nas sementes de *Terminalia argentea* permitiu visualizar adequadamente as partes internas das sementes. Souza *et al.* (2008), avaliando sementes de *Platygodium elegans* Vog (jacarandá-branco), verificaram que o baixo teor de água das sementes (6 - 8%) levou a uma maior densidade óptica, possibilitando melhor visualização da morfologia interna das sementes radiografadas.

A exposição das sementes de *Terminalia argentea* aos raios X, em intensidade de radiação de 26 kV por 1,2 segundos, foi eficiente para a visualização da morfologia interna das sementes. Da mesma forma, Carvalho, Carvalho e Davide (2009) verificaram que a potência de 25 kV, durante 2 minutos, foi eficiente para diagnosticar as estruturas internas das sementes de *Ocotea pulchella* e de *Persea pyrifolia*, ambas pertencentes à família Lauraceae. Em sementes de sucupira (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) submetidas à análise radiográfica, a intensidade de 30 kV por 45 segundos foi eficaz para verificar as partes internas das sementes (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES, 2008).

No entanto, não foi possível verificar as partes do embrião de sementes de *Terminalia argentea* com nitidez, uma vez que a semente formada tinha o mesmo grau de radiopacidade. Essa mesma observação foi feita por Pupim *et al.* (2008), em imagens de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya*) radiografadas, sendo que esta ausência de identificação do embrião não veio a prejudicar as análises de viabilidade. Assim, para se referir a esta parte da semente foi utilizado o termo “região do eixo embrionário”.

O exame das imagens das sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc., obtidas pelo teste de raios X, permitiu avaliar a condição interna das sementes. Com base em trabalhos de sementes de *Tabebuia serratifolia* desenvolvidos por Oliveira *et al.* (2004) e através das indicações 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 1).

**Figura 1** - Sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. classificadas como Mal formadas (A), Cheias (B) e Vazias (C) através da análise das imagens radiografadas



Na análise da variância para as frequências de sementes de todas as categorias (Tabela 1), foi observada interação significativa entre as categorias classificadas pelo teste de raios X e os lotes utilizados. Verificou-se que as repetições de sementes em cada categoria pelo teste de raios X e seu efeito com os lotes, foi significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 2, observa-se a porcentagem de sementes viáveis e não viáveis, sendo as Cheias consideradas viáveis, enquanto Vazias e Mal formadas consideradas inviáveis.

De acordo com a Tabela 2, pelas imagens radiografadas do teste de raios X verifica-se que os lotes 2 e 3 se destacaram em relação ao lote 1, quanto à porcentagem de sementes viáveis; sendo que, apesar de estatisticamente o lote 2 e 3 não diferirem entre si, é possível identificar o lote 2 como sendo superior em termos de qualidade de formação dos frutos e por possuir os menores valores também para as sementes inviáveis (vazias e mal formadas), em relação aos outros lotes considerados.

A categoria de sementes cheia para todos os lotes foi a que apresentou um maior número, diferindo estatisticamente das categorias vazias e mal formadas. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as categorias vazias e mal formadas em todas as observações.

A porcentagem de sementes Cheias dos três lotes variou entre 57,5 e 68,5%. Esses valores foram próximos aos encontrados por Sturião, Landgraf e Rosa (2012), ao avaliarem a morfologia interna de sementes de palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) através do teste de raios X; esses autores 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 contêm todos os tecidos essenciais para a germinação, sendo assim consideradas viáveis.

Os percentuais de 22,5 a 30,5% de sementes classificadas na categoria Vazias são um indicativo de que o processo de classificação das sementes pode ser aprimorado, através de testes rápidos a exemplo do de raios X que possam evitar custos desnecessários como os de produção de mudas e testes de laboratório. Segundo a Associação Internacional para Análise de Sementes (INTERNACIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 1995), a ocorrência de sementes vazias influencia diretamente o armazenamento, a eficiência da semeadura 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; DAVIDE; SILVA, 2006).

**Tabela 1** - Análise de variância para a frequência de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. em cada categoria considerando os fatores Categorias de raios X e lotes, bem como suas interações

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Sig.
Lote	2	0,4247	0,2123	0,00*	0,000
Categoria	2	834,6346	4417,3173	160,04*	0,000
Lote x categoria	4	27,4668	6,8667	2,633*	0,0359
Resíduo	171	445,8992	2,6075		

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Tabela 2** - Porcentagens de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. e teor de água obtidos em cada categoria de acordo com o teste de raios X

Lote	Teor de água (%)	Categoria raios X (%)*		
		Cheias	Vazias	Mal formadas
1 B	9,2	57,5 a	26,0 b	16,5 c
2 A	9,4	68,5 a	22,5 b	09,0 c
3 A	10,1	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

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 sejam os menores valores observados para todos os lotes (8 a 16,5%), essas sementes devem ser descartadas antes de serem armazenadas ou semeadas, devido a uma alta probabilidade de produzirem plântulas anormais ou sementes não germinadas e/ou mortas, inviáveis para o desenvolvimento em campo. Em sementes radiografadas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), Masetto, Faria e Queiroz (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.

Espécies arbóreas florestais como as de *Terminalia argentea* que são recomendadas 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 sobrevivência a solos empobrecidos; portanto, sementes mal formadas, danificadas e/ou vazias constatadas pelo teste de raios X devem ser eliminadas dos 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 foi recomendado por Machado e Cicero (2003) para sementes de aroeira (*Lithraea molleoides*) e por Oliveira, Carvalho e Davide (2003) para sementes de canafístula (*Peltophorum dubium*); ambos apontaram a 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 das mesmas.

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. Segundo Salomão *et al.* (1997) o período de germinação das sementes de *Terminalia argentea* se estende de 13 a 70 dias. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), 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 à prática de desponte na parte inferior basal do fruto, visando acelerar os processos fisiológicos germinativos.

Para a porcentagem de germinação, a análise da variância mostrou efeito significativo somente entre as categorias obtidas pelo teste de raios X (Tabela 3).

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 germinação (67,94%), porém não diferiu estatisticamente dos lotes 1 e 3. Para as categorias vazias e mal formadas foram observadas 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 67,94%) e devido às categorias vazias e mal formadas não originarem sementes germinadas para todos os lotes.

**Tabela 3** - Germinação de três lotes de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. em relação as categorias de sementes Cheias, Vazia e Mal formadas, obtidas através da análise das imagens de sementes radiografadas

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

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

Em todos os lotes, os valores da germinação para as categorias Cheias foram superiores aos encontrados por Oliveira e Faria (2009), que obtiveram uma média de germinação de 26%. Entretanto, resultados superiores foram alcançados por Salomão, Santos e Cunha (2003), que encontraram uma germinação de 70% para as sementes de *Terminalia argentea*.

De acordo com os resultados obtidos no teste de germinação, as sementes morfológicamente perfeitas (Cheias) originaram plântulas normais e sementes não germinadas (mortas). 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 foi notado por Pupim *et al.* (2008), onde algumas sementes com características adequadas no teste de raios X não germinaram, provavelmente, devido à infecção por microrganismos, danos mecânicos e possível dormência.

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

Pelos resultados obtidos neste trabalho, a utilização do teste de raios X em sementes de *Terminalia argentea* é promissora na detecção da qualidade dos lotes de sementes, auxiliando na separação de sementes Vazias e com anormalidades embrionárias, inviabilizando seu uso de imediato ou para armazenamento. Nota-se que condições fenotípicas e genéticas podem influenciar a qualidade dos lotes de sementes.

O teste de raios X aplicado neste trabalho revelou a inviabilidade das sementes de *Terminalia argentea* que possuíam a região do eixo embrionário imperfeita ou vazia, visto que todas as sementes desta categoria (Mal formadas e Vazias) não germinaram. Este relato também foi observado por Machado e Cícero (2003) em sementes de aroeira branca (*Lithraea molleoides* Vell. Engl.) radiografadas submetidas ao teste de germinação. Segundo Carvalho e 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) 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.

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. Para Andrade *et al.* (1995), uma correlação linear de intensidade forte entre duas variáveis apresenta um coeficiente entre  $0,7 < r_{xy} < 0,9$ .

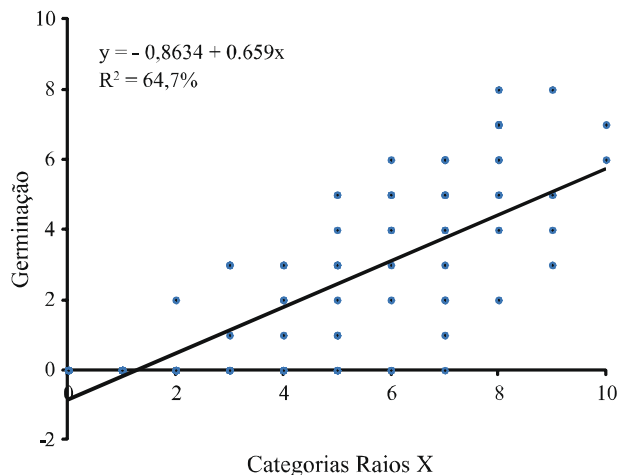
Valores dos dados das categorias Cheias, Vazias e Mal formadas das sementes de *Terminalia argentea* obtidas através do teste de raios X, plotados em função do resultado do teste de germinação, podem ser visualizados na Figura 2.

Observa-se que a reta ajustada é linear positiva, indicando que é apenas uma aproximação da realidade para demonstrar 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 explicada pelos regressores presentes no modelo. Nota-se que de toda variação observada, metade possivelmente está

**Tabela 4** - Análise de variância da regressão linear simples da variável independente (frequência observada) versus variável dependente (germinação) e sua correlação

Fonte de variação	GL	QM	F	Sig.	$r_{xy}$
Regressão	1	568,0764	326,2662*	0,000	0,80
Resíduo	178	1,7411			
Total	179				

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade

**Figura 2** - Diagrama de dispersão dos dados da regressão linear simples da variável categoria de raios X e sua associação com a germinação das sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc

relacionada ao baixo controle experimental. Apesar da boa correlação existente entre a variável germinação e categorias de raios X não se pode prever que na medida em que se aumenta uma categoria de análise pelo teste de raios X, há uma maior incidência de sementes germinadas. Neste caso, a presença de sementes Vazias e Mal formadas culminou com os resultados tendenciosos.

A adequação do método do teste raios X aplicado às sementes florestais nativas do Cerrado, como objeto deste trabalho, promove agilidade na identificação da viabilidade e qualidade fisiológica dos lotes de sementes a serem empregadas na produção de mudas.

## CONCLUSÕES

1.O teste de raios X mostrou-se eficiente na avaliação da morfologia interna de sementes de *Terminalia argentea*. As análises das imagens das sementes

radiografadas permitem detectar as anormalidades embrionárias, inviáveis para a sua utilização em processos de semeadura;

2.O percentual germinativo de sementes de *Terminalia argentea* pode ser comprometido pelo número de frutos formados sem tecidos embrionários e/ou embriões mal formados.

## REFERÊNCIAS

- 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**, v. 32, n. 6, p. 1713-1718, 2008.
- AMARAL, J. B. *et al.* Teste de raios x para avaliação do potencial fisiológico de sementes de ipê-roxo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 601-607, 2011.
- ANDRADE, R. N. B. *et al.* Correlação entre testes de vigor em sementes de cenoura armazenadas por diferentes períodos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 1, n. 2, p. 153-162, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. SDA: Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Colombo: Embrapa Floresta, 2003. 1039 p.
- CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, L. M. Raios x na avaliação da qualidade de sementes. **Informativo Abrates**, v. 6, n. 1, 2, 3, p. 93-99, 2006.
- CARVALHO, L. R.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. C. Utilização do teste de raios x na avaliação da qualidade de sementes de espécies florestais de Lauraceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 4, p. 57- 66, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- GOMES JUNIOR, F. G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. **Informativo ABRATES**, v. 20, n. 3, p. 33-51, 2010.

- INTERNACIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International Rules for seed Testing. **Handbook of vigour test methods**. 3. ed. Zurich: ISTA, 1995. 117 p.
- IVANI, S. A. *et al.* Morfologia de frutos, sementes e plântulas de castanheira (*Terminalia catappa* L. - combretaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 517-522, 2008.
- FERREIRA, R. A. *et al.* Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de capitão-do-campo (*Terminalia argentea* Mart. & Zucc. - Combretaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 2, p. 202-209, 1998.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, 2008. 352 p. v. 1.
- MACHADO, C. F.; CICERO, 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.
- MARCOS FILHO, J. *et al.* Using tomato analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 146-153, 2010.
- 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.
- NETTO, D. A. M.; FAIAD, M. G. R. Viabilidade e sanidade de sementes de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, n. 1, p. 75-80, 1995.
- NOGUEIRA, N. W. *et al.* Diferentes temperaturas e substratos para germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 95-98, 2013.
- OLIVEIRA, A. K. M.; FARIAS, G. C. Efeito de diferentes substratos na germinação de sementes de *Terminalia argentea* (Combretaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 3, p. 320-323, 2009.
- 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. *et al.* 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**, v. 26, n. 2, p.138-143, 2004.
- PUPIM, T. L. *et al.* Adequação do teste de raios x para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 28-32, 2008.
- SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I.; CUNHA, R. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado. 2003. 96 p.
- SALOMÃO, A. N. *et al.* **Padrões de germinação e comportamento para fins de conservação de sementes de espécies autóctones: madeiras, alimentícias, medicinais e ornamentais**. Brasília: Embrapa CENARGEN, p. 1-17, 1997. (Comunicado Técnico, n. 3).
- SILVA, J. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Autocorrelação espacial em populações natural de *Terminalia argentea* Mart et Zucc. no cerrado de Selvíria, MS. **Scientia Forestalis**, v. 2, n. 66, p. 94-99, 2004.
- SIMAK, M.; GUSTAFSSON, Å. X-ray photography and sensitivity in Forest tree species. **Hereditas**, v. 39, n. 2, p. 458-468, 1953.
- SOUZA, L. A. *et al.* 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. *et al.* Uso de raios x na avaliação da qualidade de sementes de *Platygodium elegans* Vog. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 2, p. 343-347, 2008.
- 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**, v. 33, n. 1, p. 213-218, 2012.
- 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.
- VECHIATO, M. H. **Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas**. 2010. Artigo em hipertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_3/SementesFlorestais/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_3/SementesFlorestais/index.htm)>. Acesso em: 31 jan. 2013.