

**SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA DE  
DIÁSPOROS DE CAJAZEIRA**  
*(Spondias mombin L.)*

**LEANDRO MONTEIRO DA SILVA**

**2003**

**LEANDRO MONTEIRO DA SILVA**

**SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA DE DIÁSPOROS DE  
CAJAZEIRA (*Spondias mombin* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2003

**LEANDRO MONTEIRO DA SILVA**

**SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA DE DIÁSPOROS DE  
CAJAZEIRA (*Spondias mombin* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título "Mestre".

APROVADA em quarta-feira, 17 de dezembro de 2003

Prof. Dr. João Almir Oliveira UFLA

Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho UFLA

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho UFC

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais, Fernando Augusto Monteiro da Silva e Anabela Maria  
Corrêa da Silva, pelo eterno apoio, incentivo, confiança e carinho no decorrer  
de toda minha vida

**OFEREÇO.**

Ao meu irmão, Leonardo Monteiro da Silva, pela amizade e exemplo de  
dedicação aos estudos, com muito orgulho,

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, porque todo aquele que invocar o nome do Senhor será salvo (Romanos cap.10, vers. 13).

Ao Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida para minha formação profissional em nível de pós-graduação.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica – PROCAD, pelo auxílio financeiro concedido.

A EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa Agroindústria Tropical (CNPAT) em nome do pesquisador M.Sc. Francisco Xavier de Souza, pelo fornecimento das sementes utilizadas na pesquisa.

Ao professor Dr. Renato Mendes Guimarães, pela orientação, excelente convivência e valiosa colaboração na realização desse trabalho.

Aos professores Dr. João Almir Oliveira e Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho, pelo incentivo e sugestões precisas para condução dessa pesquisa.

Ao professor Dr. Sebastião Medeiros Filho, pelo apoio acadêmico e confiança.

Aos professores e funcionários do Laboratório de Análise de Sementes da UFLA, pela cooperação na realização dos ensaios.

À colega Tanismare Tatiana de Almeida Silva, pelo auxílio na condução dos experimentos e camaradagem e ao colega Cassiano Leite, pela ajuda na coleta dos diásporos provenientes de Paracatu, MG.

Meus sinceros agradecimentos a todos meus colegas da Pós-Graduação, pela convivência e solidariedade durante esse período.

Em especial, aos amigos José Airton, Marco Antônio, Marcelo Alves, Lisandro Bonome, Giuliani Prado, Wladimir Batista, Aurélio Antas, Evonaldo Azevedo, Pítias Teodoro, Mariana e Nísia, por tudo.

Aos funcionários da UFLA, pela atenção e assistência.

Sou grato ainda a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão desta pesquisa com bibliografias, informações, apoio e amizade.

## **BIOGRAFIA**

LEANDRO MONTEIRO DA SILVA, nasceu em 09 de junho de 1971, em Novo Hamburgo, RS. Graduou-se Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Ceará (UFC), em julho de 2001. Em agosto de 2001 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia – Área de concentração em Produção e Tecnologia de Sementes, pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	vi
1 Introdução .....	1
2 Referencial teórico .....	3
2.1 Descrição da espécie .....	3
2.2 Importância .....	6
2.3 Propagação em frutíferas.....	6
2.4 Germinação de sementes.....	9
2.5 Dormência de sementes.....	9
2.6 Tratamentos pré-germinativos.....	11
3 Material e métodos.....	15
3.1 Local de instalação e condução dos experimentos.....	15
3.2 Avaliações morfofisiológicas.....	15
3.2.1 Número de lóculos e de sementes por diásporo .....	15
3.2.2 Determinação do grau de umidade.....	16
3.2.3 Curva de embebição.....	16
3.2.4 Teste de tetrazólio .....	17
3.2.5 Teste de raios X.....	18
3.3 Experimento I.....	19
3.3.1 Obtenção dos diásporos.....	19
3.3.2 Tratamentos pré-germinativos.....	20
3.3.3 Teste de germinação.....	21
3.3.4 Testes de vigor .....	22
3.3.5 Delineamento experimental.....	23
3.3.6 Análise estatística dos dados .....	23
3.4 Experimento II .....	24
3.4.1 Local de instalação e condução do experimento .....	24
3.4.2 Obtenção dos diásporos.....	24

3.4.3	Tratamentos pré-germinativos.....	24
3.4.4	Teste de germinação.....	25
3.4.5	Testes de vigor .....	25
3.4.6	Delineamento experimental.....	26
3.4.7	Análise estatística dos dados .....	26
3.5	Experimento III .....	26
3.5.1	Obtenção dos diásporos.....	26
3.5.2	Tratamentos pré-germinativos.....	27
3.5.3	Teste de germinação.....	27
3.5.4	Testes de vigor .....	28
3.5.5	Delineamento experimental.....	28
3.5.6	Análise estatística dos dados .....	28
4	Resultados e discussão .....	29
4.1	Avaliações morfofisiológicas.....	29
4.1.1	Número de lóculos e de sementes por diásporo .....	29
4.1.2	Grau de umidade .....	31
4.1.3	Curva de embebição.....	31
4.1.4	Teste de tetrazólio .....	33
4.1.5	Teste de raios X.....	34
4.2	Experimento I.....	36
4.2.1	Porcentagem de emergência.....	36
4.2.2	Índice de velocidade de emergência.....	38
4.3	Experimento II .....	42
4.3.1	Porcentagem de emergência.....	42
4.3.2	Índice de velocidade de emergência.....	44
4.3.3	Distribuição da emergência no tempo .....	46
4.4	Experimento III .....	48
4.4.1	Porcentagem de emergência.....	48
4.4.2	Índice de velocidade de emergência.....	51
4.4.3	Tempo médio de emergência .....	51
5	Considerações gerais .....	54
6	Conclusões .....	57
	ANEXOS A.....	64

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> Intensidades de radiação, tempos de exposição e posições dos diásporos de cajazeira para o primeiro teste de raios X. UFLA, Lavras, MG, 2003.....	18
<b>TABELA 2.</b> Intensidades de radiação, tempos de exposição dos diásporos de cajazeira para o segundo teste de raios X. UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	19
<b>TABELA 3.</b> Valores médios em porcentagem do grau de umidade de diásporos de cajazeira para os três lotes (1999, 2000 e 2002). UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	31
<b>TABELA 4.</b> Resultados médios de porcentagem de emergência de plântulas e vigor avaliado pelo índice de velocidade de emergência (IVE) nos tratamentos para superação de dormência de sementes de cajazeira. UFLA, Lavras, MG, 2003.....	37
<b>TABELA 5.</b> Resultados médios de porcentagem de sementes dormentes (SD), sementes mortas (SM), plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e tempo médio de germinação (TME) obtidos no teste de germinação e no teste de tetrazólio para sementes de cajazeira. UFLA, Lavras, MG, 2003.....	40
<b>TABELA 6.</b> Resultados médios de porcentagem de emergência de plântulas de cajazeira obtidos após tratamentos de pré-aquecimento, embebição em água corrente e estratificação a quente para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	43
<b>TABELA 7.</b> Resultados médios do índice de velocidade de emergência de sementes de cajazeira após tratamentos de pré-aquecimento, embebição em água corrente e estratificação a quente para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	45
<b>TABELA 8.</b> Resultados médios de porcentagem de emergência (%E) de plântulas de cajazeira após tratamentos de escarificação física e estratificação a quente para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	49
<b>TABELA 9.</b> Resultados médios do índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de cajazeira após tratamentos de estratificação a quente a 30°C e imersão em solução de GA <sub>3</sub> (1000 mg.L <sup>-1</sup> ) para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	51

**TABELA 10.** Resultados médios do tempo médio de emergência de plântulas de cajazeira após tratamentos de escarificação física, estratificação a quente e imersão em solução de GA<sub>3</sub> (1000 mg.L<sup>-1</sup>) em diferentes combinações de ausência ou presença dos tratamentos para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003. .... 52

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Árvore de cajazeira. Campus da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. Fonte: Souza (1998). .....	4
<b>FIGURA 2.</b> Frutos de cajazeira. Fortaleza, CE. Fonte: Souza (1998). .....	4
<b>FIGURA 3.</b> Diásporo de cajazeira seccionado transversalmente mostrando os cinco lóculos. UFLA, Lavras, 2003. ....	30
<b>FIGURA 4</b> Orifícios dos lóculos e dos canais resiníferos do diásporo de cajazeira. UFLA, Lavras, 2003. ....	30
<b>FIGURA 5.</b> Curvas de embebição de diásporos de cajazeira intactos e diásporos sem o mesocarpo interno. UFLA, Lavras, 2003. ....	32
<b>FIGURA 6.</b> Fotos do eixo embrionário intacto e corado com sal de tetrazólio. UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	33
<b>FIGURA 7.</b> Radiografia do diásporo de cajazeira na posição vertical e horizontal mostrando suas partes componentes. UFLA, Lavras, 2003. ....	35
<b>FIGURA 8.</b> Porcentagem de emergência de plântulas de cajazeira no período de 82 dias, cujos diásporos foram submetidos aos tratamentos: com pré-aquecimento (CP), sem pré-aquecimento (SP), embebição por 7 dias (EB7) e por 14 dias (EB14), estratificação a 30°C (ET30) e a 40°C (ET40) no decorrer do tempo. UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	47

## RESUMO

SILVA, Leandro Monteiro da. **Superação de dormência de diásporos de cajazeira** (*Spondias mombin* L.). 2003. 66p. Dissertação – (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras\*.

Por sua excelente adaptação às condições agroecológicas do Nordeste brasileiro, especialmente no ecossistema semi-árido e seu elevado potencial sócio-econômico, a cajazeira desponta como uma das frutíferas mais promissoras para o cultivo em escala comercial. Para tanto faz-se necessária a sua domesticação, a qual é bastante dificultada devido a problemas de propagação, visto que suas sementes apresentam uma dormência acentuada de causa(s) ainda desconhecida(s) e cujos métodos de superação são bastante questionados. Esta pesquisa teve como objetivo estudar alguns aspectos morfofisiológicos da germinação, identificar as causas da dormência e desenvolver métodos capazes de superá-la, mediante a condução de três experimentos no Laboratório de Análise de Sementes da UFLA. As características morfofisiológicas foram analisadas por meio dos testes: contagem do número de lóculos e sementes por diásporo, grau de umidade, curva de embebição, tetrazólio e raios X. No primeiro experimento foram avaliados os efeitos da escarificação física do diásporo, da escarificação química com  $H_2SO_4$ , da imersão em solução de  $GA_3$  e da estratificação a frio, sendo conduzido em delineamento em blocos completos casualizados com quatro repetições de 25 diásporos. O segundo experimento teve como tratamentos o pré-aquecimento, a embebição em água corrente e a estratificação a quente dos diásporos em diferentes combinações dispostas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2 + 1$ . O terceiro experimento foi instalado baseando-se nos melhores tratamentos dos dois experimentos anteriores, em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2$ , cujos fatores foram: escarificação física do diásporo, estratificação a quente ( $30^\circ C$ ) e imersão em solução de  $GA_3$  ( $1000 \text{ mg.L}^{-1}$ ) combinados de acordo com a presença ou ausência de cada fator. As variáveis avaliadas foram porcentagem de emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência. O diásporo da cajazeira não é impermeável à água. A concentração de solução do sal de tetrazólio a 0,5% durante 24 horas a  $30^\circ C$  permite avaliar a viabilidade das sementes. A intensidade de radiação de 60 Kvp no tempo de exposição aos raios X de trinta

---

\* Comitê Orientador: Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães - UFLA (Orientador), Prof. Dr. João Almir Oliveira - UFLA, Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho - UFLA, Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho – UFC.

segundos permite a visualização nítida das estruturas internas do diásporo. O pré-aquecimento dos diásporos por 5 dias, seguido da embebição em água corrente por 14 dias e da estratificação a 30°C por 7 dias, permite maior velocidade de emergência das plântulas. A escarificação física do diásporo na região proximal ao embrião e a estratificação a quente na temperatura de 30°C por 7 dias resultam em maior eficiência na superação de dormência de sementes de cajá. Não foi possível determinar com precisão quais as causas da dormência das sementes de cajazeira.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** cajá, germinação, dormência, fruticultura.

## ABSTRACT

SILVA, Leandro Monteiro da. **Hog plum tree** (*Spondias mombin* L.) **endocarps dormancy breakage**. 2003. 66p. Dissertation – (Master Program in Phytotechnology). Universidade Federal de Lavras, Lavras\*.

The hog plum tree appear as one most promising fruit tree for the cultivation in commercial scale, due to its excellent adaptation to the agro-ecological conditions of the Brazilian Northeast, especially, under semi-arid ecosystem and its high socioeconomic potential. Therefore, it is necessary its domestication, which is quite hindered due to propagation problems, because its seeds present an accentuated dormancy of reason(s) still unknown(s) and whose breaking methods are quite questioned. This research had as objective to study morph physiologic aspects of the germination, to identify the dormancy reason(s) and to develop capable methods of overcoming it, by conducting three experiments at the Seeds Analysis Laboratory - UFLA. The morph physiologic characteristics were analyzed through the tests: count of the loci number and seeds for endocarp, humidity degree, curves of soak, tetrazolium and X ray. In the first experiment were appraised the effects of endocarp physical scarification, chemical scarification with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, GA<sub>3</sub> solution immersion and cold stratification, being carried out in a completely randomized design blocks with four replicates of 25 seeds. The second experiment had as treatments, pre-heating, soaking in running water and hot stratification of endocarps in different combinations disposed in completely randomized design in factorial scheme 2x2x2+1. The third experiment was installed based on the two previous experiments best results, in completely randomized design in factorial scheme 2x2x2, whose factors were: endocarp physical scarification, hot stratification (30°C) and GA<sub>3</sub> solution immersion (1000 mg.L<sup>-1</sup>) combined according to treatment presence or absence. The evaluations were done by germination test, germination speed index and medium time of germination. The hog plum tree endocarp is permeable to water. Tetrazolium solution concentration at 0,5% for 24h at 30°C allows evaluate seed viability. The X ray radiation intensity at 60 Kvp applied to seeds for 30 seconds, allows bright visualization of internal endocarp structures. Pre-heating for five days, followed absorption in running water for 14 days and hot stratification at 30°C for 7 days, allowed a higher germination speed of the hog plum seeds; the endocarp physical scarification at

---

\* Guidance Committee: Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães - UFLA (Major Professor), Prof. Dr. João Almir Oliveira - UFLA, Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho - UFLA, Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho - UFC.

the area close to the embryonic axis and hot stratification at 30° C for seven days resulted in the best efficiency on the dormancy breakage of hog plum seeds. It was not possible to determine precisely what are the hog plum seed dormancy.

**INDEX TERMS:** hog plum, germination, dormancy, fruit growing.

# 1 INTRODUÇÃO

No Nordeste brasileiro, a utilização inadequada dos ecossistemas, principalmente do semi-árido, pode ter como consequência a perda da variabilidade genética de muitas espécies. Nesse contexto, várias são as árvores frutíferas com elevado potencial sócio-econômico que estão sob risco, destacando-se, dentre as mais importantes, a cajazeira (*Spondias mombin* L.), o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e a umbu-cajazeira (híbrido natural do cruzamento da cajazeira com o umbuzeiro).

Apesar da importância da preservação e utilização dessas espécies, os estudos com fruteiras nativas têm sido postergados em benefício das espécies tradicionais de mercado garantido. Por outro lado, a oferta de novas alternativas de frutas frescas e para a agroindústria passa necessariamente pelas espécies nativas (Giacometti, 1993).

A cajazeira, atualmente, ocupa posição de destaque na fruticultura do Nordeste brasileiro. A crescente demanda por seus frutos para consumo “in natura” e, principalmente, para a agroindústria, tem proporcionado a expansão da área cultivada e colocado essa espécie como uma das principais alternativas de investimento do setor frutícola nordestino. Por isso, torna-se necessário avançar em pesquisas que estudem todas as etapas do sistema de cultivo para a produção comercial dessa fruteira.

Alguns problemas limitam a exploração comercial da cajazeira, tais como o porte elevado das árvores que, além de dificultar o processo de colheita, é responsável por significativa perda de frutos. Também Campbell & Sauls (1994) relatam que a grande variação nas características dos frutos e da planta quanto à produtividade e taxa de crescimento é um fator limitante à exploração

da espécie. Além disso, os próprios métodos de propagação não favorecem o cultivo em larga escala e o estabelecimento de pomares comerciais.

Souza & Innecco (1998) e Silva (2001), entre outros autores, verificaram que a propagação da cajazeira via sementes manifesta-se com sérios entraves devido à lenta e desuniforme germinação causada por intensa dormência, cujos mecanismos ainda não foram identificados e as técnicas de superação ainda são bastante questionadas.

Para justificar o presente estudo, considera-se principalmente o potencial e as possibilidades para exploração dessa frutífera e, conseqüentemente, sua expansão na região Nordeste. Por esta razão, estudos visando analisar as causas da dormência da semente de cajazeira são pertinentes e oportunos, contribuindo assim para o manejo da espécie.

Portanto, esta pesquisa objetivou estudar alguns aspectos morfofisiológicos da germinação relacionados à dormência das sementes de cajazeira, visando identificar a(s) causa(s) dessa dormência e desenvolver métodos eficientes e capazes de superá-la.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Descrição da espécie

A cajazeira (*Spondias mombin* L.), que pertence à família Anacardiaceae, é uma espécie arbórea frutífera com grande potencial para exploração comercial, inclusive para exportação de seus frutos e derivados (Airy Shaw & Forman, 1967; Lorenzi, 1992).

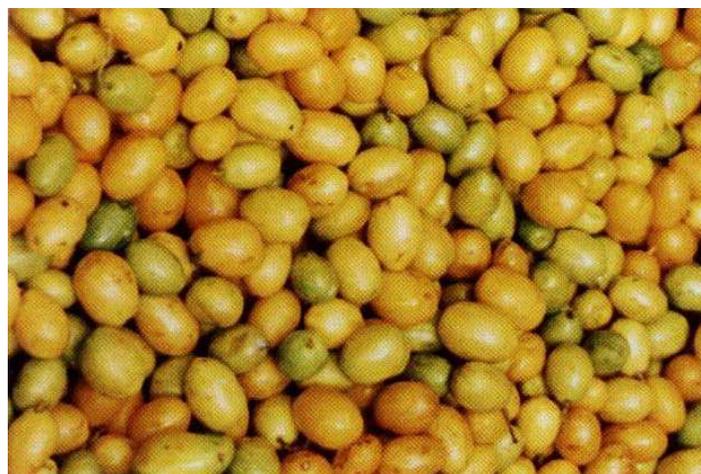
Lorenzi (1992) comenta que essa planta é perenifólia ou semidecídua, heliófila e seletiva higrófila. A cajazeira desenvolve-se bem nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, em clima úmido e quente, e resiste a longos períodos de seca, não por ser uma planta xerófila, e sim pela presença de túberas (xilopódios) nas raízes que fornecem água e nutrientes para planta no período crítico da seca.

Segundo Braga (1976), a cajazeira é uma árvore ereta, soberba no aspecto, atingindo até mais de 20m de altura, revestida de casca acinzentada, rugosa, saliente, fendida. A copa varia de 8 a 24m em diâmetro, apresenta folhas de 20 a 30cm de comprimento, alternas, imparipenadas, compostas de 7 a 17 folíolos oblongos, serreados, opostos (Figura 1). As flores são branco-amareladas, polígamas, dispostas em grandes panículas terminais (Silva & Silva, 1995).

Quanto ao sistema reprodutivo do gênero *Spondias*, Mitchell & Daly (1995) relatam que, embora a literatura cite ser polígamo-dióica ou monóica e auto-incompatível, seus estudos demonstraram serem as flores hermafroditas, no entanto, fortemente protandras, ou seja, o ovário não se desenvolve antes da liberação do pólen. Acrescentam ainda que numa mesma inflorescência podem ser encontradas várias etapas no desenvolvimento da flor.



**FIGURA 1.** Árvore de cajazeira. Campus da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. Fonte: Souza (1998).



**FIGURA 2.** Frutos de cajazeira. Fortaleza, CE. Fonte: Souza (1998).

Os frutos das espécies do gênero *Spondias* são núcunânios elipsóides ou globosos, perfumados, com mesocarpo carnosu, amarelo, de sabor agridoce (Barroso et al., 1999), sendo o cajá rico em carotenóides, açúcares e vitaminas A e C (Figura 2).

Na Amazônia, o fruto da cajazeira é conhecido como "taperebá", nos estados sulinos como "cajá mirim" e no Nordeste brasileiro como "cajá". Em espanhol é chamado "jobo" ou "ciruela amarilla" e em inglês "hog-plum" ou "mexican-plum". Dentro do gênero *Spondias* estão incluídas outras espécies, tais como o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), a cirigueleira (*Spondias purpurea* L.), a cajaraneira ou cajá-manga (*Spondias cytherea* Sonn.) e dois híbridos naturais: umbu-cajazeira (*Spondias sp*) e umbugueleira (*Spondias sp*).

A semente de cajá está envolvida por um endocarpo rígido e de constituição lenhosa e pelo mesocarpo interno, também fibroso, que formam o diásporo, a unidade de dispersão da espécie.

Liao (1973) afirma que o endocarpo de cajá é lenhoso e com fibras esponjosas que, depois de retiradas, formam sulcos longitudinais irregulares, os quais terminam em formas pontiagudas na parte proximal; a parte distal é achatada e tem de quatro a cinco aberturas. Características idênticas foram descritas por Hladik & Hallé (1979) e Lozano (1986).

De acordo com Cardoso (1992), a semente apresenta-se com formato claviforme a reniforme, medindo 1,22cm de comprimento e 0,22cm de largura, com os dois tegmentos de consistência membranosa, coloração creme e com superfícies lisas; endosperma delgado, amiláceo, aderido à superfície interna do tégmen. O embrião é axial, de formato semelhante à semente e de coloração creme-claro, possuindo cotilédones planos, carnosos, de coloração branca e eixo hipocótilo-radícula de forma sagitada.

## **2.2 Importância**

O cultivo de espécies do gênero *Spondias*, especialmente a cajazeira, apresenta-se como uma alternativa potencial para o Brasil ampliar suas exportações, em virtude do aproveitamento da fruta, tanto para consumo “in natura”, como também sob a forma de suco, sorvete, geléia e polpa congelada, tendo ainda suas cascas, folhas e ramos, propriedades medicinais (Stephens, 1935; Corrêa, 1975).

Conforme relatam Ajao et al. (1984), o extrato das folhas possui propriedades antibacterianas. Com base nessa característica, a Universidade Federal do Ceará produz um extrato das folhas indicado para combater o vírus do herpes.

O tronco da planta, por ser de uma madeira mole, e, portanto, fácil de ser trabalhada, também é bastante procurado, tanto pela população nativa, como pelas indústrias, devido a sua alta concentração de tanino.

Perante o potencial passível de utilização da cajazeira, pode-se dizer que trata-se de uma espécie frutífera promitente, porém, ainda muito carente de estudos em todas as etapas do processo produtivo.

## **2.3 Propagação em frutíferas**

A forma de propagação das *Spondias*, como a maioria das fruteiras tropicais, ocorre pelos métodos sexuais e assexuais. Mesmo quando se pensa em propagação vegetativa, questões referentes ao conhecimento de tecnologia de sementes são prioritárias. No caso da enxertia, para se obter mudas da espécie destinada a porta-enxerto, que são preferencialmente obtidas de sementes, os avanços no sentido de diminuir o tempo de germinação, uniformizar o estande ou detectar mecanismos de dormência são fundamentais, pois significam auxílio no processo de produção de mudas.

As baixas taxas e velocidade de germinação dificultam o trabalho em viveiros, aumentando o custo de produção das mudas e, principalmente, prejudicando o planejamento e a condução dos plantios definitivos.

A propagação por sementes tem duas razões principais: a) no trabalho de melhoramento, quando objetiva-se a obtenção de novas cultivares e b) na obtenção de "seedlings" que sirvam de porta-enxerto (Gomes, 1980).

Para algumas espécies frutíferas, a propagação sexuada é ainda útil nos seguintes casos: a) obtenção de clones nucelares (ou cultivares revigoradas), o que é comum em espécies cítricas; b) obtenção de plantas homozigotas e c) propagação de plantas que não podem ser multiplicadas por outro meio (Melo, 1999).

A propagação por sementes pode ser um método para se produzir plantas "livres de moléstias". Tem sido observado que vírus, nematóides e outros parasitas deletérios são comumente expurgados pela linha reprodutiva durante a meiose e que, no entanto, são transmitidos e continuam a acumular em indivíduos de um clone propagado vegetativamente. As sementes podem ser usadas como um filtro para as viroses, pois estas não se transmitem pela semente botânica, com algumas exceções (Melo, 1999).

A principal desvantagem da propagação sexuada, além da variação que pode existir dentro de um grupo de plântulas, devido à segregação genética, é o longo período exigido por algumas plantas para atingir a maturidade.

A propagação feita por sementes em fruticultura apresenta ainda as desvantagens de induzir um porte alto à planta, a indesejável demora para o início da frutificação, a incerteza na qualidade dos frutos e outros aspectos que dificultam o planejamento das técnicas de produção e colheita. Nesse sentido, é necessário desenvolver pesquisas que redundem na obtenção de variedades com características agronomicamente desejáveis.

A pesquisa referente à propagação sexual da cajazeira é bastante dificultada, por não se conhecer ainda qual tecido do diásporo ou qual a causa fisiológica responsável pela dormência e também por não existir um método de remoção do endocarpo para que se possa trabalhar com a semente isolada.

O termo diásporo pode ser usado para se referir à unidade de dispersão de *Spondias mombin* L., que compreende as estruturas do mesocarpo interno, do endocarpo e a(s) semente(s), sendo popularmente chamado de “caroço” segundo Villachica (1996). Este localiza-se na parte central do fruto e constitui-se de uma massa de células duras e lignificadas, no interior da qual se encontram os lóculos, que podem ou não conter uma semente. A semeadura deve ser efetuada a uma profundidade de 3cm, colocando-se o diásporo na posição vertical com a parte proximal voltada para baixo.

Em cinco amostras de diásporos de cajá foram encontradas de zero a cinco sementes por diásporo, com 40% dos diásporos possuindo mais de uma semente (Souza, 1998). A existência de mais de uma semente na maioria dos diásporos do cajá é muito importante para a perpetuação dessa espécie, podendo ser vantajosa para a propagação sexual (por sementes e *in vitro*) e mais ainda quando forem superados os problemas de germinação e viabilizada uma técnica para retirada ou separação das sementes do endocarpo.

Os resultados dos ensaios de germinação com sementes de cajazeira mostram baixas porcentagens e velocidade de germinação. Souza & Araújo, (1999) relatam que, em um mesmo lote de sementes de cajazeira, podem existir sementes que começam a germinar aos 30 dias e aos 406 dias, depois de semeadas, confirmando a lenta, errática e desuniforme germinação da espécie.

Em se tratando da cajazeira, alguns pesquisadores já tentam reduzir o porte da planta, conseguir precocidade na frutificação e multiplicar clones mais produtivos por meio da enxertia. No entanto, para a utilização da enxertia como

via de propagação, é necessária a produção dos porta-enxertos, sendo estes produzidos por meio da semeadura dos diásporos.

## **2.4 Germinação de sementes**

De acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), considera-se germinada toda semente que, pela emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais de seu embrião, demonstre sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições normais e favoráveis de campo.

O processo de germinação compreende uma complexa seqüência de eventos bioquímicos, morfológicos e fisiológicos, composto das seguintes etapas: embebição, atividade enzimática e respiratória, digestão, translocação, assimilação e crescimento. Neste contexto, é importante observar que a germinação é considerada um processo fisiológico de difícil definição, dada a complexidade dos processos envolvidos.

Vários autores, entre os quais Mayer & Poljakoff-Mayber (1989), Carvalho & Nakagawa (1988), Bewley & Black (1994) e Hartmann et al., (1997), afirmam que a primeira fase da germinação é a embebição, que consiste de um processo rápido e puramente físico, sucedendo tanto em sementes vivas como mortas. Salientam ainda que a quantidade de água absorvida depende da estrutura, dos constituintes da semente, da temperatura e, possivelmente, de fatores externos, como luz, aeração e outros.

## **2.5 Dormência de sementes**

A dormência é o fenômeno pelo qual sementes de uma determinada espécie, mesmo sendo viáveis e tendo as condições ambientais favoráveis à germinação, não germinam (Hilhorst & Karssen, 1992; Carvalho & Nakagawa, 1988; Hartmann et al., 1997). Difere da quiescência, que é um estado de repouso em que a semente, sendo viável, há condições ambientais que impedem a

germinação e, com a retirada destes elementos supressores (água, luz, temperatura, etc.), a germinação ocorre. A dormência é um mecanismo de sobrevivência, pois pode retardar a germinação, de modo que ela não ocorra quando as condições para estabelecimento das plântulas sejam limitantes. Além disso, a dormência permite a distribuição das sementes germinadas ao longo do tempo, favorecendo a sobrevivência. É um processo controlado por fatores genéticos (Vidaver, 1977), que definem a síntese de inibidores da germinação ou de outras barreiras para que a germinação ocorra.

Embora seja útil na natureza como meio para sobrevivência, na propagação comercial, a dormência é, frequentemente, indesejável, uma vez que busca-se uma germinação rápida e uniforme das sementes. Assim, pretende-se superar a dormência, por meio de diferentes técnicas.

Há diversas classificações para a dormência. Em uma delas são definidos dois tipos: a) dormência primária: que se manifesta ainda durante a maturação da semente e b) dormência secundária: quando as sementes são induzidas a entrar em dormência devido a condições ambientais desfavoráveis, tais como elevadas temperaturas e falta de oxigênio (Hilhorst & Karssen, 1992).

Hartmann et al. (1997) definem três tipos de dormência: a) dormência devido aos envoltórios da semente, que pode ser devido à impermeabilidade do tegumento à água ou às trocas gasosas (física), à imposição de resistência mecânica à expansão do embrião (mecânica) ou à presença de substâncias inibidoras da germinação - fenóis cumarinas, ácido abscísico - nos tegumentos ou mesmo no fruto (química); b) dormência morfológica, que pode ocorrer quando o embrião é pouco mais que um pró-embrião, envolvido pelo endosperma (embrião rudimentar) ou quando, na maturação do fruto, o embrião encontra-se em fase intermediária de desenvolvimento (embrião não-desenvolvido ou imaturo); c) dormência interna, que pode ser dividida em: dormência fisiológica, que ocorre devido a mecanismos internos de inibição e

que tende a desaparecer com o armazenamento a seco das sementes; dormência interna intermediária, característica de coníferas e induzida pelos envoltórios ou tecidos de armazenamento de semente; dormência do embrião, quando o embrião, mesmo separado da semente, tem difícil germinação. Para Popinigis (1985), a dormência do embrião é freqüentemente associada à presença de substâncias inibidoras da germinação, atuando em interação com a temperatura e a disponibilidade de oxigênio.

Observa-se, ainda, a dormência causada pela combinação de fatores, isto é, uma semente que possa conter dormência física, por exemplo, tem um tegumento impermeável à água e também uma dormência morfológica devido à imaturidade do embrião, concomitantemente.

## **2.6 Tratamentos pré-germinativos**

Há diversas técnicas para a superação da dormência de sementes. O uso de uma ou outra técnica varia com o tipo de dormência, com a sua eficiência e com o seu rendimento. Entre estes tratamentos, podem ser citados, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) e Pinã-Rodrigues (1988):

a) Escarificação, quando o tegumento é danificado, de forma a facilitar a entrada de água e a expansão do embrião. Deve-se tomar cuidados para evitar que o tratamento venha a danificar também o embrião. A escarificação pode ser feita por meio de duas técnicas: escarificação mecânica, esfregando-se as sementes contra superfícies abrasivas - lixa, pedra, areia, esmeril e escarificação ácida, normalmente com uso de ácido sulfúrico. O tempo de escarificação dependerá essencialmente da espessura e resistência física do tegumento;

b) imersão em água quente, quando a semente é submetida a um tratamento com água que pode variar de 65-95°C, durante determinado período;

c) lavagem em água corrente, bastante útil quando a dormência é provocada pela presença de substâncias inibidoras. A lavagem em água corrente,

neste caso, permite a remoção parcial destes inibidores, facilitando a germinação;

d) estratificação, um dos métodos mais empregados em espécies frutíferas, no qual a manutenção das sementes em ambiente úmido e, normalmente, frio para espécies temperadas e subtropicais, e quente para espécies tropicais, estimula a diminuição do teor de inibidores e a síntese de promotores da germinação. Para a estratificação, são alternadas camadas de areia, solo ou vermiculita com camadas de sementes. Em condições de clima mais frio, a estratificação pode ser realizada em temperatura ambiente, enquanto que, em climas mais quentes, pode ser realizada em refrigerador ou câmara frigorífica;

e) embebição da semente, técnica na qual a semente é imersa em água por um período variável em função da permeabilidade do seu tegumento, facilitando a germinação;

f) tratamento com fitorreguladores, especialmente sendo utilizadas as giberelinas, que ativam enzimas hidrolíticas e aceleram o processo de germinação.

Alguns autores que trabalharam com sementes de cajá recomendaram métodos diferentes para a superação de sua dormência. No entanto, os tratamentos recomendados apresentam respostas contraditórias entre os trabalhos na literatura, como descrito a seguir.

Costa (1998) verificou que diásporos de cajá pré-embebidos em água potável por 144 horas apresentaram média percentual de germinação de 48,43%, enquanto que a pré-embebição em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) por 48 horas apresentou 77,55% de germinação. Porém, Souza & Innecco (1998) mencionaram que diásporos de cajá armazenados por 6 meses, pré-embebidos em água por 72 horas, iniciaram a germinação 15 dias após a semeadura, apresentando germinação de 78% aos 82 dias. Em outros dois experimentos, os

mesmos autores relataram que diásporos de cajá originados de frutos despolidos iniciaram sua germinação 98 dias após a sementeira, obtendo, aos 406 dias, 41% como maior germinação. Citam ainda que resultados semelhantes foram obtidos ao utilizar areia quartzosa hidromórfica + vermiculita como substrato: após 59 dias da sementeira, iniciou-se a germinação, apresentando 55% aos 373 dias, confirmando a lenta e baixa germinação.

Sarmento (1997), trabalhando com diásporos de cajá escarificados, obteve plantas com maior peso de matéria seca de raiz e de folhas do que com diásporos não escarificados.

Firmino et al. (1997) relataram que diásporos de cajazeira, ao sofrerem despolimento na região proximal ao embrião e postos a embeber água por 2 horas, apresentaram maior porcentagem e velocidade de emergência quando comparados com diásporos despolidos nas regiões distal e distal-proximal em relação ao eixo embrionário. No entanto, Silva (2001) despoliu os diásporos de cajá na região proximal ao eixo embrionário, colocou-os a embeber em solução de hipoclorito de sódio por 24 horas e lavou-os por 72 horas em água potável, conseguindo 16% de germinação.

Carvalho et al. (2000), utilizando a escarificação química com ácido sulfúrico por 60, 120, 180 minutos, constataram que o aumento do tempo de exposição das sementes ao ácido sulfúrico não aumentou nem tampouco diminuiu a porcentagem de germinação das sementes de cajá. Contudo, Bosco et al. (1998) conseguiram índices de germinação de 67% a 71% utilizando exposição ao ácido sulfúrico por 30 e 60 minutos. Experimentos realizados mostraram que a escarificação dos diásporos de cajá com ácido sulfúrico não aumentou a germinação das sementes, já que a maior porcentagem de germinação foi de 36% no tratamento sem o ácido (Embrapa, 1999). Em um ensaio de escarificação com ácido sulfúrico por 60 minutos, Souza (1998)

conseguiu 28% de germinação contra 16% da testemunha, após 195 dias de sementes em areia quartzosa.

No que se refere à germinação de sementes, Metivier (1986) ressalta o papel das giberelinas na germinação, estando envolvidas tanto na superação da dormência como no controle da hidrólise de reservas, da qual depende o embrião em crescimento.

Nada tem sido pesquisado sobre a concentração de ácido giberélico que deve ser empregada, nem por quanto tempo as sementes devem permanecer imersas, para que ocorra uma aceleração no processo de germinação das sementes de cajá.

Embora o uso de giberelina e outros fitorreguladores, do pré-aquecimento e da estratificação sejam alternativas para superação de dormência em sementes de diversas espécies, não foi possível detectar trabalhos específicos para cajazeira, utilizando essas metodologias.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Local de instalação e condução dos experimentos**

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, na região sul de Minas Gerais, situado à latitude de 21° 14'S, longitude 40° 17'W e altitude de 918,80m.

Foram conduzidos três ensaios para superação da dormência das sementes de cajá. Nos dois primeiros foram utilizados diásporos provenientes de municípios do estado do Ceará e, para o terceiro ensaio, os diásporos foram coletados no município de Paracatu, estado de Minas Gerais.

### **3.2 Avaliações morfofisiológicas**

Anteriormente à instalação dos ensaios para superação da dormência, realizaram-se os testes para avaliação morfofisiológica dos diásporos de cajazeira. Foram efetuadas as determinações do número de lóculos e de sementes por diásporo, grau de umidade, curva de embebição, teste de tetrazólio e de teste de raios X.

#### **3.2.1 Número de lóculos e de sementes por diásporo**

Utilizou-se, para a determinação do número de lóculos e de sementes por diásporo de cajazeira, uma amostra aleatória de 20 diásporos provenientes do município de Paracatu.

Para se fazer a contagem dos lóculos e sementes, cada diásporo foi serrado transversalmente, utilizando-se uma serra de prótese dentária e fixando cada diásporo em um torninho.

Após a análise visual do diásporo, foi calculada a porcentagem média de lóculos e de sementes por diásporo na amostra.

### **3.2.2 Determinação do grau de umidade**

Os diásporos utilizados foram coletados em municípios do estado do Ceará, provenientes de frutos colhidos nas safras dos anos de 1999, 2000 e 2002 e armazenados em câmara fria (10°C e 50% UR).

Antes da realização do teste, os diásporos foram retirados da câmara fria e mantidos por 24 horas sob temperatura ambiente antes de se efetuar a determinação do grau de umidade. Foi adotado o método da estufa  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por um período de 24 horas de acordo com a recomendação das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), utilizando duas repetições de 10 diásporos para cada lote (1999, 2000 e 2002).

Os diásporos foram seccionados longitudinalmente e colocados em recipientes de alumínio (diâmetro de 4cm), com o peso previamente determinado, pesados e colocados em estufa. Após 24 horas a  $105^\circ\text{C}$ , os recipientes de alumínio foram fechados e colocados em um dessecador durante 30 minutos para esfriamento e, em seguida, novamente pesados juntamente com os diásporos para determinação do peso seco. Calculou-se a porcentagem de umidade dos diásporos em base úmida, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992) e os resultados foram expressos em porcentagem média por lote.

### **3.2.3 Curva de embebição**

A curva de embebição das sementes foi determinada de duas maneiras: a) utilizando os diásporos intactos; b) retirando o mesocarpo interno dos diásporos.

A embebição foi realizada em caixas de acrílico transparentes “tipo gerbox” (11,5cm x 11,5cm x 3,5cm) contendo água destilada. Foram utilizadas duas repetições de 10 diásporos para cada lote do estado do Ceará (safras de 1999, 2000 e 2002), sendo a embebição conduzida sob temperatura ambiente em condições de laboratório. Após 2, 4, 6, 8, 24, 30, 144 e 216 horas para os diásporos intactos e 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72, 120, 168, 216 e 264 horas para os diásporos sem o mesocarpo interno, os mesmos foram pesados em balança analítica digital com precisão de 0,1mg e a embebição expressa em porcentagem em relação ao peso inicial dos diásporos, de acordo com a fórmula:

$$\%EMB = \left( \frac{Pf - Pi}{Pi} \right) \times 100$$

Em que: Pf – Peso final (ganho de umidade a cada período de embebição)

Pi – Peso inicial dos diásporos secos

### **3.2.4 Teste de tetrazólio**

Foram utilizados quinze diásporos de cada lote do estrado do Ceará (safras de 1999, 2000 e 2002) sendo cinco intactos, cinco submetidos ao corte transversal e cinco ao corte longitudinal.

Segundo metodologia adaptada das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), os diásporos foram colocados em caixas “tipo gerbox” envoltas em papel alumínio contendo solução de 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio nas concentrações de 0,25%, 0,5% e 1% por períodos de 12 e 24 horas, e acondicionados em câmara de germinação tipo BOD a 30°C. Após a coloração, a solução foi drenada e as sementes lavadas em água corrente, para posterior observação em lupa com aumento de 40x. Na avaliação considerou-se o percentual de sementes que adquiriram coloração avermelhada como viáveis.

### 3.2.5 Teste de raios X

Uma amostra aleatória 240 diásporos de cajazeira da safra do ano 2000 do estado do Ceará foi exposta à radiação, de acordo com os tempos de exposição, intensidades de radiação e posições dos diásporos em esquema fatorial (Tabela 1). Utilizou-se o equipamento Faxitron HP, modelo 43855AX.

**TABELA 1.** Intensidades de radiação, tempos de exposição e posições dos diásporos de cajazeira para o primeiro teste de raios X. UFLA, Lavras, MG, 2003.

Intensidade (Kvp)	Tempo (segundos)	Posição dos diásporos
45	25	Horizontal
60	50	Vertical
80	100	
100		

Após a escolha das melhores intensidades, tempos de exposição e posição dos diásporos no primeiro teste, um segundo teste foi realizado visando aprimorar a visualização das estruturas internas (Tabela 2).

Para o segundo teste foram utilizados 80 diásporos do mesmo lote e as intensidades e tempos de exposição à radiação foram dispostos em esquema fatorial. Após o teste, 20 diásporos que apresentaram melhor radioluminescência das sementes foram colocados para germinar, sem qualquer tratamento de superação de dormência, em bandejas de isopor contendo como substrato vermiculita de grânulos médios por um período de 90 dias.

**TABELA 2.** Intensidades de radiação, tempos de exposição dos diásporos de cajazeira para o segundo teste de raios X. UFLA, Lavras, MG, 2003.

Intensidade (Kvp)	Tempo (segundos)
45	15
50	20
55	25
60	30

### **3.3 Experimento I**

#### **3.3.1 Obtenção dos diásporos**

Os diásporos foram obtidos de frutos maduros de três safras (colheita realizada nos anos de 1999, 2000 e 2002). Os frutos dos dois primeiros anos foram coletados no chão, sob as copas de cajazeiras existentes em sítios do município de Maranguape, no estado do Ceará, despolidos manualmente, postos para secar à sombra, tratados com uma solução de carbofuram, embalados em sacos de papel e armazenados em câmara fria, localizada no Campo Experimental de Pacajus, CE da Embrapa Agroindústria Tropical – CNPAT. Posteriormente foram enviados para Lavras, MG, ficando armazenados em câmara fria e seca (10°C e 50%UR), a partir de 15 de janeiro de 2002 no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) até a semeadura. Os frutos da safra 2002 foram coletados em sítios do município de Aquiraz, CE, despolidos da mesma forma que os demais e, em seguida, os diásporos foram desinfestados com solução de hipoclorito de sódio (NaOCl 4-6%) por 2 minutos, lavados em

água corrente e postos para secar à sombra, sendo armazenados por 72 dias em câmara fria a 10°C e umidade relativa de 50% até a sua utilização para a realização dos testes.

### **3.3.2 Tratamentos pré-germinativos**

O experimento realizado para superação de dormência consistiu nos seguintes tratamentos:

**1** – Diásporos intactos (testemunha).

**2** – Escarificação física do diásporo com esmeril na região proximal ao embrião. Os diásporos foram escarificados com esmeril na região proximal ao embrião, tomando-se o cuidado para não danificar a semente, deixando o ponto de saída do eixo embrionário livre de impedimento.

**3 e 4** - Tratamento com ácido giberélico ( $GA_3$ ) a 500 e 1000  $mg.L^{-1}$ . Os diásporos foram imersos em soluções de ácido giberélico ( $GA_3$ ), em duas concentrações: 500  $mg.L^{-1}$  e 1000  $mg.L^{-1}$ . A embebição dos diásporos foi realizada em caixas de acrílico transparentes “tipo gerbox” com capacidade para 200ml e colocadas em câmara de germinação tipo BOD a 30°C, com fotoperíodo de 12 horas, durante 24 horas. Após cada tratamento, os diásporos foram submetidos ao teste de germinação.

**5 e 6** - Escarificação química com ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$  - 98%) por 30 e 60 minutos. Os diásporos foram colocados em béqueres com capacidade para 50ml, aos quais foram adicionados 20ml de ácido sulfúrico P.A. (98%). Decorridos os tempos estabelecidos para cada tratamento, a solução ácida foi drenada e, em seguida, realizada a neutralização com solução de carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ) a 2% por 2 minutos para eliminação de resíduo ácido e lavagem em água corrente por 5 minutos. Após a lavagem, os diásporos foram colocados sobre papel de filtro para uma secagem superficial e submetidos ao teste de germinação.

**7, 8 e 9** – Estratificação a frio por 30, 90 e 150 dias. Os diásporos foram envoltos em substrato ‘Plantmax’ umedecido a 70% da capacidade de campo, dentro de bandejas de plástico e mantidos em câmara fria a 10°C e 50% de umidade relativa, por períodos de 30, 90 e 150 dias, sendo submetidos, após a estratificação, ao teste de germinação.

### **3.3.3 Teste de germinação**

O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação regulada a temperatura de 30°C e fotoperíodo de 12 horas, no período de 27/03/2002 a 26/07/2002, perfazendo 120 dias. Foram semeadas quatro repetições de 25 diásporos em bandejas plásticas de 40cm de comprimento, 25cm de largura e 10cm de altura, contendo ‘Plantmax’ como substrato.

Foram efetuadas regas manuais para manter o substrato com umidade adequada para a germinação das sementes e desenvolvimento das plântulas.

Considerando que o diásporo pode apresentar até cinco sementes, teve-se o cuidado de anotar a primeira plântula emergida, que foi a que serviu para a avaliação das variáveis, para não confundir com a emergência das demais no mesmo diásporo.

A variável avaliada no decorrer do teste de germinação foi a porcentagem de emergência de plântulas, e ao final do teste, foram estabelecidas as porcentagens de plântulas normais, anormais, sementes mortas e dormentes.

Para discriminar as sementes dormentes (viáveis) das sementes mortas, ao final do ensaio os diásporos dos quais não germinaram nenhuma semente foram serrados longitudinalmente e colocados em solução 0,5% de sal de tetrazólio e mantidos envoltos em papel alumínio em BOD regulada a 30°C durante 24 horas, de acordo com o melhor resultado do teste de tetrazólio realizado anteriormente.

### 3.3.4 Testes de vigor

As variáveis utilizadas para avaliação do vigor foram:

a) índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE), calculado pelo somatório do número de plântulas emersas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a contagem, de acordo com Maguire (1962):

$$IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$$

Em que:

IVE = índice de velocidade de emergência de plântulas

$E_1$ ,  $E_2$  e  $E_n$  = número de plântulas emersas na primeira, segunda e última contagem.

$N_1$ ,  $N_2$  e  $N_n$  = número de dias decorridos da semeadura à emergência da primeira, segunda e última plântula.

b) tempo médio de emergência de plântulas (TME) calculado de acordo com a equação conhecida como índice de Edmond & Drapala, segundo Silva & Nakagawa (1995):

$$TME = N_1.T_1 + N_2.T_2 + \dots + N_n.T_n / N_1 + N_2 + \dots + N_n$$

Em que:

TME é o tempo médio, em dias, necessário para se atingir a máxima emergência das plântulas. É uma média ponderada, que apresenta como fator de ponderação o número de plântulas em que o evento se manifestou diariamente;

$N_1$ ,  $N_2$  e  $N_n$  são os números de plântulas em que o evento considerado se manifestou; nos tempos  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_n$ .

Foram consideradas plântulas emergidas todas aquelas cuja alça do hipocótilo emergiu à altura de 2mm da superfície do substrato para a avaliação do índice de velocidade de emergência.

### 3.3.5 Delineamento experimental

Foi empregado o delineamento em blocos completos casualizados, sendo cada parcela experimental constituída de 25 diásporos, constando de 9 tratamentos para superação de dormência e 3 blocos (diásporos coletados nas safras 1999, 2000 e 2002).

### 3.3.6 Análise estatística dos dados

Os dados do teste de germinação foram submetidos à análise de deviance (Demétrio, 1993) e a diferença entre as médias foi comparada pelo teste do qui-quadrado de Wald (5% de probabilidade), admitindo-se um modelo binomial descrito por

$$\eta_{ij} = \log \left( \frac{\pi_{ij}}{1 - \pi_{ij}} \right) = \mu + \alpha_i + \beta_j$$

Em que:

$\eta_{ij}$  = o preditor linear correspondente à observação  $r_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, 5$  e  $j = 1, \dots, 4$ ;

$\mu$  = constante associada a todas as observações;

$\alpha_i$  = o efeito do tratamento  $i$ ;

$\beta_j$  = o efeito do bloco  $j$ .

Os dados referentes ao índice de velocidade de emergência foram submetidos ao teste não-paramétrico de Friedman, segundo recomendação de Campos (1983).

Para fins de análise estatística, não foram considerados os resultados dos tratamentos 7, 8 e 9, visto que apresentaram valores nulos.

## **3.4 Experimento II**

### **3.4.1 Local de instalação e condução do experimento**

O segundo ensaio foi conduzido em casa de vegetação telada que permitia luminosidade de 50%, localizada no Departamento de Agricultura da UFLA, possuindo ventiladores para o controle da temperatura. Durante o experimento, ela variou de 25°C (min.) a 39°C (máx.), determinada por termômetro de máxima e mínima.

### **3.4.2 Obtenção dos diásporos**

Os diásporos foram obtidos de frutos maduros da safra do ano 2000, coletados no chão, sob as copas de cajazeiras existentes em sítios do município de Maranguape, CE. Os frutos foram despoldados manualmente, postos para secar à sombra, tratados com uma solução de carbofuram, embalados em sacos de papel e armazenados em câmara fria localizada na Campo Experimental de Pacajus, CE da Embrapa Agroindústria Tropical. Daí, foram enviados para Lavras, MG, onde foram armazenados em câmara fria e seca (10°C e 50% UR) do Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA, a partir de 15 de janeiro de 2002 até a sua utilização para a realização dos tratamentos.

### **3.4.3 Tratamentos pré-germinativos**

As técnicas adotadas para superação da dormência das sementes consistiram de três procedimentos subseqüentes, realizados em diferentes tempos, de modo que a semeadura foi realizada num mesmo dia:

a) pré-aquecimento dos diásporos, o qual foi realizado em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 30°C e 40°C, por um período de cinco dias;

b) embebição dos diásporos em água corrente por períodos de 7 e 14 dias;

c) estratificação a quente dos diásporos nas temperaturas de 30°C e 40°C durante sete dias, a qual foi realizada em mesa termo-gradiente, colocando-se os diásporos envoltos em substrato comercial “Plantmax” previamente umedecido, dispostos em caixas de acrílico transparentes tipo “gerbox”.

#### **3.4.4 Teste de germinação**

As avaliações dos tratamentos pré-germinativos para superação da dormência das sementes foram realizadas por meio do teste de germinação conduzido em casa de vegetação a partir do dia 01/12/2002 a 11/03/2003, compreendendo um período de 100 dias. Foram semeadas quatro repetições de 25 diásporos em bandejas de isopor com dimensões de 12cm de altura x 34cm de largura x 67cm de comprimento e 72 células. Em cada célula foi semeado um diásporo, contendo vermiculita de grânulos médios como substrato.

Foram efetuadas as mesmas práticas de manejo e adotados os mesmos critérios do primeiro ensaio para avaliação da emergência e índice de velocidade de emergência de plântulas.

Todos os dados em porcentagem foram transformados em  $\sqrt{x+1}$ , de acordo com Banzatto & Kronka (1995), para aproximação da curva normal.

#### **3.4.5 Testes de vigor**

A variável utilizada para avaliação do vigor foi o índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE). Os índices médios foram transformados em

$\sqrt{x+1}$ , de acordo com Banzatto & Kronka (1995), para aproximação da curva normal.

### **3.4.6 Delineamento experimental**

O ensaio foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 diásporos, em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 2 + 1$ , em que os fatores consistiram de pré-aquecimento dos diásporos (30°C e 40°C), embebição em água corrente durante 7 e 14 dias e estratificação a quente nas temperaturas de 30°C e 40°C, com o tratamento adicional representado pela testemunha (diásporos intactos).

### **3.4.7 Análise estatística dos dados**

Os dados de emergência e índice de velocidade de emergência foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste F, segundo recomendação de Banzatto & Kronka (1995).

Ao final do ensaio, os diásporos dos quais não germinaram nenhuma semente foram serrados longitudinalmente para análise visual da consistência dos tecidos e posterior realização do teste de tetrazólio.

## **3.5 Experimento III**

### **3.5.1 Obtenção dos diásporos**

Os diásporos foram obtidos de frutos maduros da safra do ano de 2002, coletados no chão sob a copa de uma única árvore de cajazeira localizada na Fazenda Buriti, município de Paracatu, MG, nas proximidades do Rio São Marcos, divisa dos estados de Minas Gerais e Goiás. A planta possuía as seguintes características: 8,10m de altura, 1,40m de diâmetro do tronco medido a

1,5m de altura e diâmetro médio da copa de 9,50m, aproximadamente. Os frutos já se encontravam despolidos e não foi realizado nenhum tratamento antifúngico. Os diásporos foram embalados em saco plástico poroso e armazenados por dois meses à temperatura ambiente no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da UFLA.

### **3.5.2 Tratamentos pré-germinativos**

As técnicas adotadas para superação da dormência das sementes consistiram de três procedimentos subseqüentes:

a) escarificação dos diásporos na região proximal ao embrião, com a utilização de serra para prótese dentária, fixando-se os diásporos em um torninho, tomando-se o cuidado para não danificar o embrião, deixando o ponto de saída do eixo embrionário livre de impedimento;

b) estratificação a quente dos diásporos na temperatura de 30°C durante 7 dias, a qual foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, colocando os diásporos envoltos em substrato comercial "Plantmax" previamente e umedecido, dispostos em caixas de acrílico transparentes tipo "gerbox";

c) imersão dos diásporos em solução de ácido giberélico ( $GA_3$ ), previamente dissolvido em solução de metanol a 10%, na concentração de 1000 mg.L<sup>-1</sup> por um período de 24 horas.

### **3.5.3 Teste de germinação**

O teste de germinação dos diásporos após os tratamentos pré-germinativos foi conduzido em câmara de germinação regulada à temperatura de 30°C e fotoperíodo de 12 horas, no período 20/03/2003 a 20/06/2003, perfazendo 90 dias. Foram semeadas três repetições de cinquenta diásporos em bandejas de isopor com dimensões de 12cm de altura x 34cm de largura x 67cm

de comprimento e 72 células. Em cada célula foi semeado um diásporo, contendo vermiculita de grânulos médios como substrato.

A variável avaliada no decorrer do teste de germinação foi a porcentagem de emergência de plântulas (%E), avaliando-se a parte aérea das plântulas, adotando-se o mesmo critério dos ensaios anteriores.

#### **3.5.4 Testes de vigor**

As variáveis utilizadas para avaliação do vigor foram: índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) e tempo médio de emergência de plântulas (TME). Foram efetuadas as mesmas práticas de manejo e adotados os mesmos critérios dos ensaios anteriores para avaliação do índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência de plântulas.

#### **3.5.5 Delineamento experimental**

O ensaio foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições de 50 diásporos, em esquema fatorial 2x2x2, em que os fatores consistiram de escarificação física do diásporo na região proximal ao embrião, estratificação a quente a 30°C e imersão em solução de GA<sub>3</sub> na concentração de 1000 mg.L<sup>-1</sup>, considerando a presença ou ausência de cada fator.

#### **3.5.6 Análise estatística dos dados**

Os dados foram submetidos à análise de variância, em que os efeitos entre os tratamentos foram testados pelo teste F, por intermédio do software Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados – SISVAR, para microcomputadores (Ferreira, 2000), sem transformação dos dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

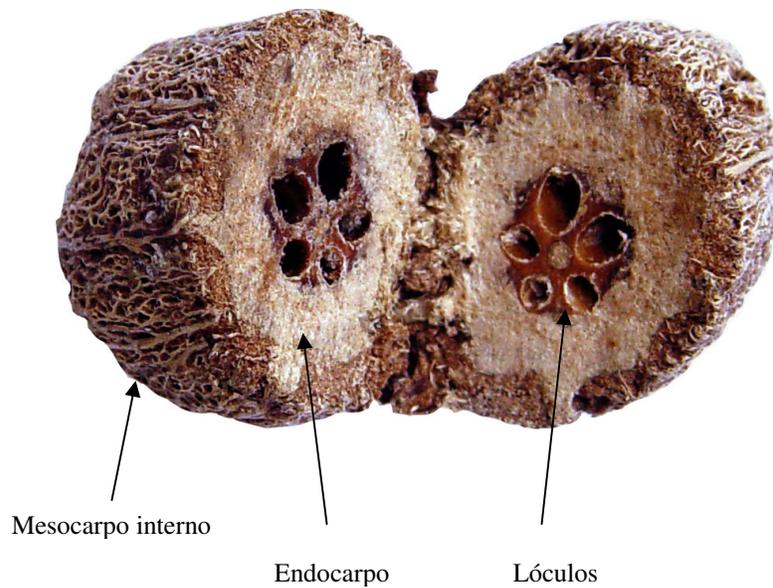
### 4.1 Avaliações morfofisiológicas

#### 4.1.1 Número de lóculos e de sementes por diásporo

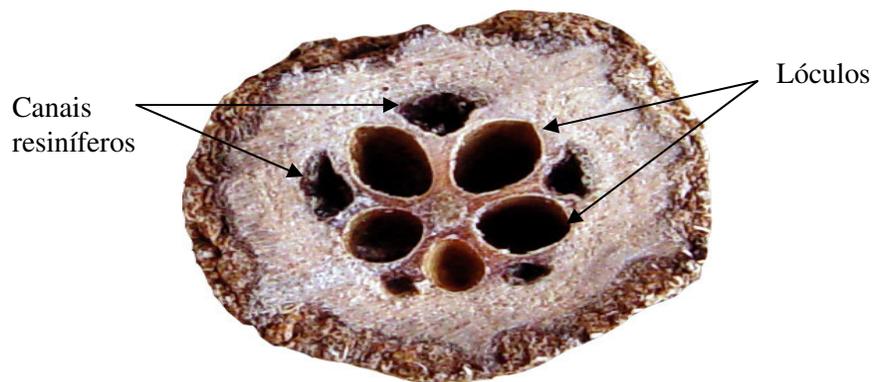
Pela observação dos diásporos submetidos aos cortes transversais pôde-se verificar que 89% deles tinham cinco lóculos (Figura 3). Isto corrobora com os resultados obtidos por Souza et al. (1999) que encontraram 81% dos diásporos com cinco lóculos, confirmando as afirmativas de Cavalcante (1972), de que o diásporo de cajá contém cinco lóculos e as de Lozano (1986), de que o ovário da flor de cajazeira é formado por cinco carpelos que se unem determinando a existência de cinco lóculos, cada um com um primórdio seminal. Por outro lado, divergem dos obtidos por Cardoso (1992) e Pereira et al. (1996), que observaram até oito lóculos por diásporo, provavelmente, confundindo os orifícios dos canais resiníferos com os lóculos (Figura 4).

O número de sementes por diásporo variou de zero a cinco, sendo que 8,4% dos diásporos não continham sementes, 32,1% com uma semente, 31,8% com duas, 16,6% com três, 9,2% com quatro e 1,9% com cinco sementes. Esses valores são semelhantes aos descritos por Villachica (1996).

Pereira et al. (1996), caracterizando as unidades de dispersão de cajá no estado da Paraíba, encontraram no lote cujos diásporos foram coletados de uma única planta, diásporos contendo 7,5% - nenhuma semente, 82% - uma semente, 7,5% - duas, 2,5% - três e 0,5% - quatro sementes, o que difere de Souza (1998), Costa (1998) e Silva (2001), que encontraram maior quantidade de diásporos com duas sementes.



**FIGURA 3.** Diásporo de cajazeira seccionado transversalmente mostrando os cinco lóculos. UFLA, Lavras, 2003.



**FIGURA 4** Orifícios dos lóculos e dos canais resiníferos do diásporo de cajazeira. UFLA, Lavras, 2003.

A cajazeira tem alta frequência de diásporos com mais de uma semente. Neste experimento, 59,5% dos diásporos apresentaram mais de uma semente, o que salienta a importante característica da espécie para a perpetuação e propagação sexual, já que de um único diásporo pode germinar mais de uma semente.

#### 4.1.2 Grau de umidade

Os valores referentes ao grau de umidade dos diásporos de cajazeira estão apresentados na Tabela 3. Constatou-se uma variação de dois pontos percentuais no grau de umidade entre os lotes, devido, provavelmente, ao tempo, aos locais e às condições de armazenamento diferenciado entre os lotes.

**TABELA 3.** Valores médios em porcentagem do grau de umidade de diásporos de cajazeira para os três lotes (1999, 2000 e 2002). UFLA, Lavras, MG, 2003.

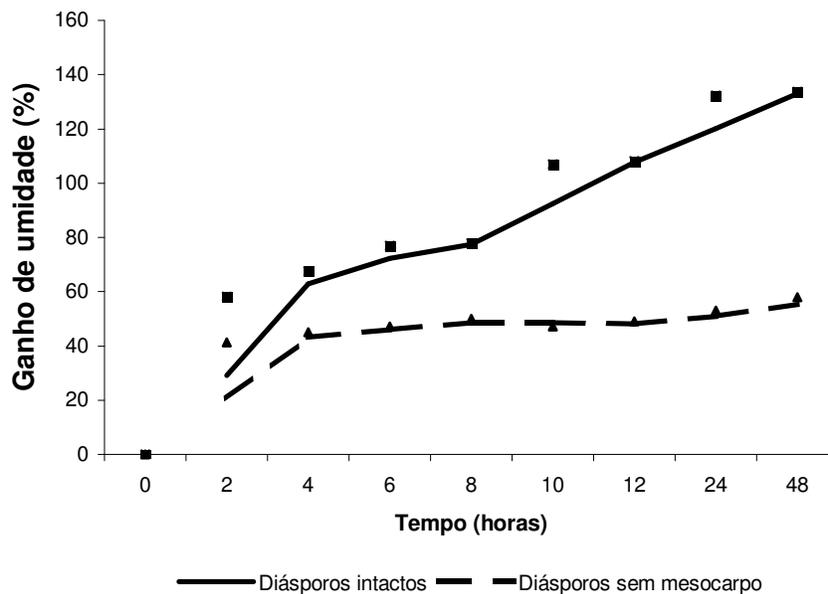
Lotes	Grau de umidade (%)		
	I	II	Média
1999	11,5	11,8	11,7
2000	13,4	13,5	13,5
2002	10,6	10,8	10,7

#### 4.1.3 Curva de embebição

Pode-se constatar, pela Figura 5, que nos diásporos sem o mesocarpo interno ocorreu uma rápida entrada de água nas primeiras duas horas de embebição, com 41% em ganho de umidade, caracterizando a fase I, com diminuição da absorção de água a partir desse período, iniciando a fase 2 do processo germinativo (Bewley & Black, 1994). Entretanto, para os diásporos

intactos, notou-se um crescente aumento em ganho de umidade, devido à presença do mesocarpo interno, pois trata-se de um tecido fibroso, porém, poroso, com fácil absorção e retenção de água. Com isso, percebe-se que o mesocarpo parece não prejudicar a embebição, já que os diásporos intactos embeberam mais e com maior velocidade.

Estudar a curva de embebição dos diásporos de cajazeira, além de propiciar um indicativo de uma possível dormência física, verificando a influência das estruturas que compõem o diásporo na velocidade de embebição das sementes, visa também otimizar o tempo necessário para a imersão dos diásporos em tratamentos pré-germinativos como os realizados com solução contendo fitorreguladores.



**FIGURA 5** Curvas de embebição de diásporos de cajazeira intactos e diásporos sem o mesocarpo interno. UFLA, Lavras, 2003.

#### 4.1.4 Teste de tetrazólio

De acordo com a coloração apresentada pelos embriões, percebeu-se que o corte longitudinal do diásporo permitiu uma melhor visualização dos tecidos da semente do que o corte transversal e que os diásporos intactos não embeberam a solução. Isso sugere que, provavelmente, possa haver um obstáculo à entrada da solução imposto pelos tecidos do diásporo que envolvem a semente ou, ainda, que o tempo de embebição de 24 horas foi curto.

Em se tratando das concentrações utilizadas e tempo de embebição da solução observou-se que a coloração característica de tecidos vivos foi melhor identificada com a concentração de 0,5% no tempo de 24 horas (Figura 6). Este procedimento foi utilizado, então, para identificação das sementes mortas e ou viáveis no final do teste de germinação.



**FIGURA 6.** Fotos do eixo embrionário intacto e corado com sal de tetrazólio. UFLA, Lavras, MG, 2003.

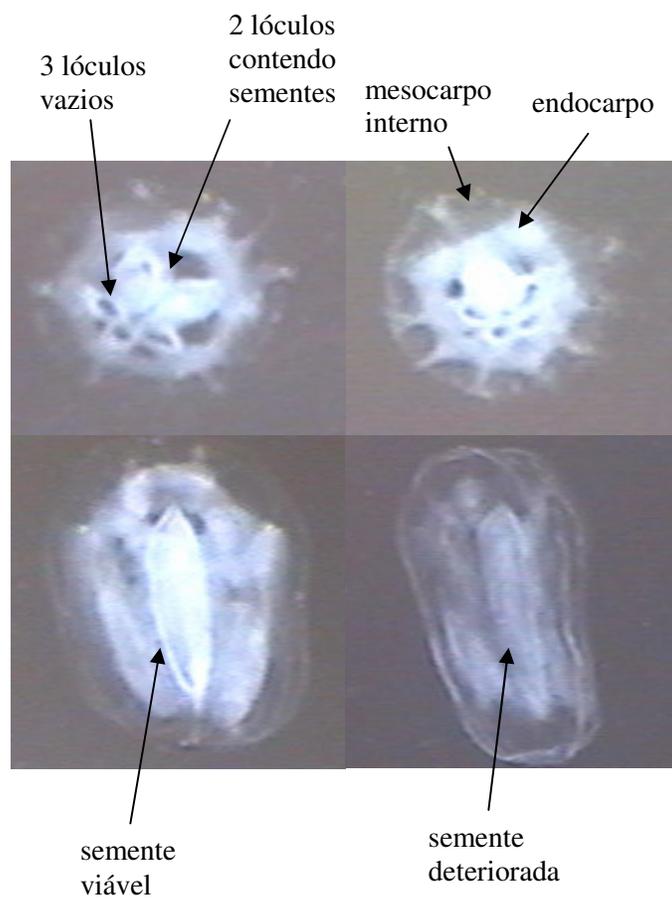
#### **4.1.5 Teste de raios X**

A escolha da melhor regulagem do aparelho de raios X depende da espessura, densidade e composição da semente e do aparelho utilizado (ISTA, 1993).

O primeiro teste realizado apontou como melhores resultados que a posição do diásporo na vertical permite uma melhor visualização das sementes de cajá utilizando as intensidades de radiação de 45 e 60 Kvp no tempo de exposição de 25 segundos. As outras combinações testadas não permitiram uma nítida visualização das sementes, pois apresentaram coloração escura nas radiografias.

O segundo teste que visou aprimorar a visualização nas radiografias apresentou a intensidade de 60 Kvp no tempo de 30 segundos como a melhor regulagem do aparelho para permitir uma nítida observação das estruturas internas do diásporo. Isto é, ela admite a identificação da presença ou ausência das sementes dentro dos lóculos, porém, não se pode inferir sobre o estágio de desenvolvimento do embrião. Entretanto, foi possível identificar com nitidez cada uma das partes componentes do diásporo, conforme Figura 7, propiciando o desenvolvimento de trabalhos futuros que possam estimar a viabilidade potencial das sementes pelo teste de raios X.

Dos 20 diásporos do segundo teste, que apresentaram melhor radioluminescência das sementes e que foram colocados para germinar, apenas dois germinaram, o primeiro aos quinze dias e o segundo, aos 45 dias após a semeadura. Apesar da baixa germinação, pois não foi aplicado nenhum tratamento de superação de dormência, constatou-se que as sementes germinadas apresentavam, na radiografia, radioluminescência característica de tecidos viáveis.



**FIGURA 7.** Radiografia do diásporo de cajazeira na posição vertical e horizontal mostrando suas partes componentes. UFLA, Lavras, 2003.

## 4.2 Experimento I

### 4.2.1 Porcentagem de emergência

O resumo da análise de deviance referente à emergência das plântulas encontra-se na Tabela 1A. Pode-se observar que houve diferenças significativas entre os tratamentos adotados para a superação da dormência.

Pelos valores médios de emergência (Tabela 4), verifica-se que nenhum dos tratamentos mostrou-se eficiente para a superação da dormência das sementes de cajá. Entre os tratamentos, a emergência das plântulas dos diásporos imersos em solução de giberelina e escarificadas no esmeril, não foi diferente da testemunha, enquanto que, naqueles diásporos imersos em ácido sulfúrico, foram observadas porcentagens de emergência significativamente menores em relação à testemunha.

O início da emergência das plântulas ocorreu aos 21 dias após a semeadura. Dentre as que emergiram, foi constatado que os percentuais de plântulas normais e anormais foram de 87% e 13%, respectivamente e apenas dois diásporos com dupla germinação foram observados.

Com relação à resposta ao tratamento com giberelina, verifica-se, pelos resultados obtidos na espécie em estudo, que quando foi utilizada a dose de  $GA_3$  de  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  obtendo 15% de emergência, os resultados foram mais próximos daqueles observados na testemunha e, por isso, considerados mais promissores para a utilização em estudos subsequentes, apesar de não ter ocorrido diferença significativa. Marcos Filho et al. (1987) confirmaram a eficiência da aplicação de giberelina ( $GA_3$ )  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  para a superação da dormência em sementes de girassol, divulgando esse tratamento como o mais eficiente para essa espécie, em comparação com outros métodos testados como imersão em  $KNO_3$ , pré-esfriamento e ethrel. Também Ynoue et al. (1999), estudando o efeito do  $GA_3$  na

germinação de sementes de kiwi mediante a porcentagem e o tempo médio de germinação (TMG), concluíram que, para diminuir o TMG, recomenda-se o tratamento de estratificação a frio e utilização do GA<sub>3</sub> a 150 mg.L<sup>-1</sup>.

**TABELA 4.** Resultados médios de porcentagem de emergência de plântulas e vigor avaliado pelo índice de velocidade de emergência (IVE) nos tratamentos para superação de dormência de sementes de cajazeira. UFLA, Lavras, MG, 2003.

Tratamentos	Emergência (%)	IVE
GA <sub>3</sub> 1000mg.L <sup>-1</sup>	15,0 a	0,066 a
Esmeril	9,0 a	0,070 a
GA <sub>3</sub> 500mg.L <sup>-1</sup>	7,0 a	0,028 a
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 60'	3,0 b	0,007 a
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	1,0 b	0,008 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste do qui-quadrado de Wald para emergência (%) e pelo teste não paramétrico de Friedman para índice de velocidade de emergência (IVE), a nível de 5% de probabilidade.

A porcentagem de emergência das plântulas dos tratamentos com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 30 e 60 minutos, respectivamente 1% e 3%, foi muito inferior à obtida por Bosco et al. (1998) que utilizaram o ácido na concentração de 65-66%, por 30 e 60 minutos, atingindo taxas de germinação de 71% e 67%, aos 120 dias após a semeadura de sementes de cajazeira. Entretanto, Brasil (1999) ressalta que a escarificação dos diásporos de cajá com ácido sulfúrico não aumentou a germinação das sementes, já que a maior porcentagem de germinação foi de 36% no tratamento sem o ácido. Fato semelhante foi constatado por Carvalho et al. (2000), que utilizando a escarificação química com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 60, 120 e 180 minutos, constataram que o aumento do tempo de exposição das sementes ao

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> não aumentou nem tampouco diminuiu a porcentagem de germinação das sementes dessa espécie. Da mesma forma, Souza (1998), em um ensaio de escarificação com diásporos tratados com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 60 minutos, obteve 28% de germinação contra 16% da testemunha, após 195 dias de sementes em areia quartzosa.

Vale salientar que alguns trabalhos, principalmente com a cajazeira, utilizando sementes com diferentes níveis de dormência, não esclarecem devidamente a técnica utilizada durante a escarificação química e até mesmo a concentração utilizada.

Segundo Moore et al. (1974), a exposição das sementes ao ácido sulfúrico por um período prolongado eleva a temperatura acima de 50°C, podendo provocar assim a deterioração das sementes com conseqüente morte do embrião. Este fato pode ter ocorrido neste e outros ensaios em que ocorreram baixa germinação, pois neste experimento, ao final do teste de germinação, mais de 90% das sementes submetidas ao tratamento com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> estavam mortas, o que pôde ser constatado visualmente e também verificado pelo teste de tetrazólio (Tabela 5).

Para espécies com acentuado problema de dormência, como a cajazeira, a germinação nula e a quantidade limitada de diásporos utilizados nos tratamentos provocam o aumento no coeficiente de variação, conforme obtido nesse experimento (64,89%).

#### **4.2.2 Índice de velocidade de emergência**

Em relação a variável IVE, os resultados estão apresentados na Tabela 4. Verifica-se que não houve diferenças estatísticas detectadas pelo teste não paramétrico de Friedman, com relação ao índice de velocidade de emergência. No entanto, observa-se que os maiores índices ocorreram com a testemunha ou quando os diásporos foram submetidos aos tratamentos de escarificação com

esmeril e imersão em solução de GA<sub>3</sub> (1000 mg.L<sup>-1</sup>). Isso indica que a escarificação física pode ter facilitado a entrada de água, acelerando a primeira etapa do processo de germinação (embebição). Firmino et al. (1997) salientaram que sementes de cajazeira, ao sofrerem desponte na região proximal ao embrião e embebidas em água por 2 horas apresentaram maior porcentagem e velocidade de emergência quando comparadas com sementes despontadas nas regiões distal e distal-proximal em relação ao eixo embrionário.

Campos (1986) também afirmou que, ao utilizar diásporos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) cortados em forma de bisel em sua face distal e postos para absorverem água, resultados satisfatórios foram observados na superação de dormência desta espécie por eliminar a resistência mecânica exercida pelo endocarpo.

É válido salientar também que a escarificação mecânica realizada com esmeril, apesar de ser uma técnica rápida e de fácil manuseio, necessita de toda a precaução na sua operação para minimizar riscos de danos ao embrião.

Pelos resultados observados neste ensaio, pode-se sugerir que uma combinação do tratamento de escarificação física com o uso de GA<sub>3</sub>, com o objetivo de solucionar uma possível dormência combinada (física e fisiológica), deve ser avaliada em ensaios posteriores.

Como não houve germinação das sementes dos diásporos submetidos à estratificação a frio durante 30, 90 e 120 dias, os dados referentes a esses tratamentos foram retirados para efeito de análise estatística. O tratamento a frio pode ter provocado a perda da viabilidade das sementes de cajá, provavelmente devido ao dano provocado durante a embebição. Segundo Kovack & Bradford (1992) e Bradford (1995), a embebição a frio pode causar sérios danos fisiológicos em sementes. Neste experimento pôde-se também constatar pelo teste de tetrazólio, que 100% das sementes dos diásporos estratificados a frio estavam mortas ao final do teste de germinação.

**TABELA 5.** Resultados médios de porcentagem de sementes dormentes (SD), sementes mortas (SM), plântulas normais (PN), plântulas anormais (PA) e tempo médio de germinação (TME) obtidos no teste de germinação e no teste de tetrazólio para sementes de cajazeira. UFLA, Lavras, MG, 2003.

Lotes	Tratamentos	SD (%)	SM (%)	PN (%)	PA (%)	TME (dias)
1999	Testemunha	4	92	4	0	21
	Esmeril	8	80	8	4	52
	GA <sub>3</sub> 500mg.L <sup>-1</sup>	4	88	8	0	65
	GA <sub>3</sub> 1000mg.L <sup>-1</sup>	24	68	8	0	66
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	4	96	4	0	41
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 60'	0	96	4	0	88
2000	Testemunha	12	44	40	4	31
	Esmeril	8	76	12	4	28
	GA <sub>3</sub> 500mg.L <sup>-1</sup>	12	76	12	0	64
	GA <sub>3</sub> 1000mg.L <sup>-1</sup>	8	56	28	8	59
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	0	100	0	0	-
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 60'	4	92	4	0	99
2002	Testemunha	16	84	0	0	-
	Esmeril	8	92	0	0	-
	GA <sub>3</sub> 500mg.L <sup>-1</sup>	12	88	0	0	-
	GA <sub>3</sub> 1000mg.L <sup>-1</sup>	12	88	0	0	-
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	4	96	0	0	-
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 60'	4	96	0	0	-

Na Tabela 5 estão apresentados os dados referentes a sementes dormentes, sementes mortas, plântulas normais, plântulas anormais e tempo médio de emergência, avaliados pelo teste de germinação e teste de tetrazólio, nos diversos lotes e tratamentos para superação de dormência. Pode-se observar que, no lote coletado em 2002, não houve germinação e que a porcentagem de

sementes mortas variou de 84% a 96% entre os tratamentos e que a porcentagem de sementes viáveis, avaliadas pelo teste de tetrazólio e consideradas como dormentes, variou de 4% nos tratamentos com ácido sulfúrico a 16% na testemunha. Por este resultado, constata-se que a qualidade desse lote era originalmente baixa e que as sementes viáveis estimadas pelo teste de tetrazólio provavelmente não tinham vigor suficiente para a emergência.

No lote de sementes coletadas em 2000, observou-se porcentagem de emergência superior nos diásporos que não foram submetidos a nenhum tratamento para a superação de dormência e porcentagens inferiores quando os diásporos foram imersos em solução de ácido sulfúrico. Também a porcentagem de sementes mortas foi maior nos tratamentos com ácido sulfúrico. Os resultados observados nas sementes escarificadas no esmeril, parecem indicar que as mesmas tiveram seus embriões danificados seriamente, de modo a impedir a germinação e uma outra parte das sementes desse tratamento apresentou danificação leve que provocou o aparecimento de plântulas anormais. Em relação aos tratamentos nos quais os diásporos foram imersos em soluções de giberelina, pode-se observar, neste lote, uma ocorrência maior de sementes mortas e plântulas anormais em relação à testemunha.

No lote de sementes coletadas no ano de 1999, as diferenças observadas dentro dos diversos parâmetros avaliados foram menos marcantes que nos outros dois lotes, destacando-se apenas a confirmação de desempenhos relativamente menores quando os diásporos foram submetidos à imersão em ácido sulfúrico e a inconsistência do resultado de sementes dormentes e viáveis no tratamento com  $GA_3$  na dose de  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$ . Em relação ao tempo médio de emergência, pode-se observar que, de maneira geral, nenhum dos tratamentos foi eficiente para acelerar a germinação das sementes de cajá.

Pelos resultados, pode-se constatar ainda que as sementes da safra 2002 não germinaram, enquanto que as sementes mais velhas das safras 1999 e 2000,

mesmo com baixo percentual de germinação, ainda se mantiveram viáveis, o que não coincide com a afirmativa de Lorenzi (1992) de que a viabilidade das sementes de cajá em armazenamento é inferior a 3 meses.

É válido salientar que, em experimentos de superação de dormência de sementes, quando os melhores resultados de germinação são conseguidos com as sementes que não sofreram tratamentos (testemunha), isto pode indicar sensibilidade do embrião aos tratamentos utilizados.

Os conflitantes resultados encontrados neste ensaio podem ser devido aos diferentes lotes de diásporos utilizados, pois sabe-se que fatores como tempo de armazenamento, presença de microrganismos e outras interferências, como a qualidade inicial do lote, influenciam no processo de deterioração das sementes durante o armazenamento.

## **4.3 Experimento II**

### **4.3.1 Porcentagem de emergência**

Verifica-se, pela Tabela 2A, pelo teste F a 5% de probabilidade, que os três fatores: pré-aquecimento (ausência e presença), embebição em água corrente (7 e 14 dias) e estratificação a quente (30°C e 40°C) estão interagindo, ou são dependentes, com um dos fatores influenciando na ação dos demais. Observou-se, ainda, efeito significativo entre o tratamento adicional (testemunha) vs fatorial.

A melhor resposta germinativa (30%) foi conseguida quando nenhum tratamento foi aplicado às sementes (testemunha). Entretanto, conforme as médias de emergência apresentadas na Tabela 6, quando foram comparados os resultados das porcentagens de emergência dos diásporos submetidos aos tratamentos, verificou-se que a maior porcentagem ocorreu quando se utilizou o pré-aquecimento em estufa a 30°C, por cinco dias, seguido da embebição em água corrente por 14 dias e estratificação a quente a 30°C, durante sete dias.

Nos demais tratamentos, as porcentagens de emergência foram muito baixas, não superando 5%. Resultados similares a este foram verificados por Souza et al. (1999) que, utilizando o envelhecimento precoce em estufa a 45°C e UR de 98% por 4, 8 e 12 dias para superar a dormência de sementes de cajá, somente obtiveram germinação de 8% aos 4 dias, enquanto que os outros tratamentos resultaram em germinação nula.

**TABELA 6.** Resultados médios de porcentagem de emergência de plântulas de cajazeira obtidos após tratamentos de pré-aquecimento, embebição em água corrente e estratificação a quente para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003.

	Embebição (dias)			
	7		14	
	Estratificação a quente		Estratificação a quente	
Pré-Aquecim.	30°C	40°C	30°C	40°C
Sem	4 Aa	5 Aa	2 Ba	1 Aa
Com	2 Aa	2 Aa	22 Aa	3 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha para cada tempo de embebição e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de F, a 1% de probabilidade.

O efeito benéfico do pré-aquecimento na superação de dormência de sementes já foi descrito por alguns autores. Vieira et al. (1985) relataram que a pré-secagem em estufas de circulação forçada de ar a 40°C por 7 dias consistiu no tratamento mais eficaz para superar a dormência de sementes de variedades de arroz. Da mesma forma, Amaral & Gonçalo (1977) obtiveram resposta mais eficiente com a pré-secagem à temperatura de 49°C, por período de 96 a 168 horas, em sementes de arroz, com maior intensidade de dormência.

Existe a proposição de que a desidratação impõe o processo de maturação nas sementes (Adams & Rinne, 1981; Rosenberg & Rinne, 1986). Estas flutuações de conteúdo de água, à medida que ocorre a desidratação, causam alterações no metabolismo em sementes de soja (Rosenberg & Rinne, 1986), bem como alterações quantitativas e qualitativas de RNAm em sementes de *Ricinus communis* (Kermode *et al.*, 1989b). Também foram observadas alterações no balanço hormonal (níveis de ABA), inibindo ou permitindo o desenvolvimento até a germinação em sementes de *Ricinus communis* (Kermode *et al.*, 1989a).

No caso da cajazeira, não foram encontradas referências que reportem ao uso desta técnica. No entanto, considerando a possibilidade de dormência devido à imaturidade do embrião da semente de cajá ou à presença de substâncias inibidoras da germinação, tais como taninos presentes no diásporo, o pré-aquecimento pode trazer algum resultado, o que, possivelmente, possa ter ocorrido nesse ensaio.

#### **4.3.2 Índice de velocidade de emergência**

Quanto ao vigor das sementes, avaliado pelo IVE, os resultados seguiram o mesmo padrão apresentado pela porcentagem de emergência, isto é, verificou-se significância estatística da interação tripla, indicando que os três fatores (pré-aquecimento, embebição e estratificação a quente) estão interagindo, ou são dependentes, com um dos fatores influenciando na ação dos outros dois. Observou-se também, ainda, significância entre o tratamento adicional vs fatorial (Tabela 2A).

De acordo com os resultados médios do IVE (Tabela 7), observa-se que a melhor resposta quanto à velocidade de emergência foi conseguida com o tratamento que consistiu da utilização do pré-aquecimento em estufa a 30°C por cinco dias, seguido da embebição em água corrente por 14 dias e estratificação a

quente a 30°C durante sete dias. Também neste caso, quando as sementes não foram submetidas a nenhum tratamento (testemunha), o vigor medido pelo IVE (0,212) foi maior em relação à média dos tratamentos dispostos em fatorial, no entanto, inferior ao melhor tratamento cujo índice foi o dobro (0,422). Salienta-se ainda que os diásporos nesse tratamento permaneceram embebidos por 14 dias, enquanto que os diásporos no tratamento controle não.

**TABELA 7.** Resultados médios do índice de velocidade de emergência de sementes de cajazeira após tratamentos de pré-aquecimento, embebição em água corrente e estratificação a quente para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003.

	Embebição (dias)			
	7		14	
	Estratificação a quente		Estratificação a quente	
Pré-Aquecim.	30°C	40°C	30°C	40°C
Sem	0,033 Aa	0,096 Aa	0,044 Ba	0,023 Aa
Com	0,020 Aa	0,030 Aa	0,422 Aa	0,051 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de F, a 1% de probabilidade.

Quanto à embebição dos diásporos de cajazeira em água, Costa (1998) obteve como melhor resposta germinativa, a média percentual de germinação de 48,43% em relação a outros tratamentos, quando os diásporos de cajá foram pré-embebidos em água potável por 144 horas. Souza & Innecco (1998) mencionaram que diásporos de cajá armazenados por 6 meses, pré-embebidos em água por 72 horas, iniciaram a germinação 15 dias após o semeio, apresentando germinação de 78% aos 82 dias da semeadura. Porém, em outro experimento, os mesmos autores, utilizando diásporos de cajá originados de frutos despulpados, mencionaram que a germinação somente iniciou 98 dias do

semeio e, aos 406 dias, a maior germinação foi de 41%. Resultados semelhantes foram obtidos ao utilizar como substrato areia quartzosa hidromórfica + vermiculita, no qual após 59 dias do semeio, iniciou-se a germinação e, aos 373 dias, esta percentagem foi de 55%, confirmando a lenta e baixa germinação.

Salienta-se também que algumas substâncias inibidoras solúveis em água podem ser removidas pela simples lavagem das sementes em água corrente (Popinigis, 1985). Entretanto, a embebição em água parada, em vez de lavar o inibidor, apenas o redistribui pela semente (Carvalho & Nakagawa, 1988).

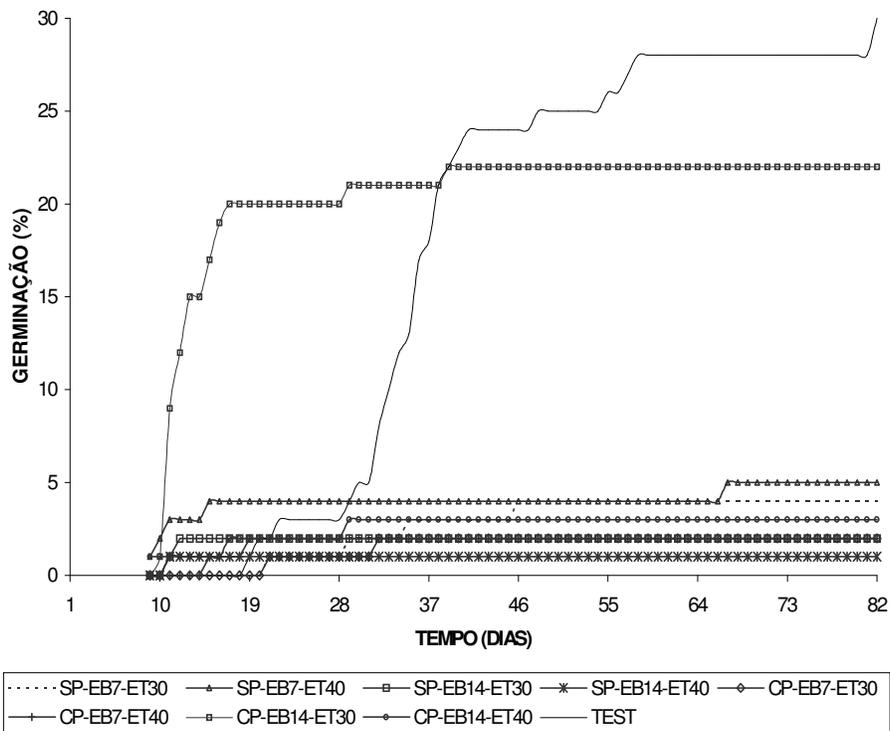
No que se refere ao processo de estratificação de sementes, uma de suas funções seria a de evitar o dessecamento do tegumento das sementes ao mesmo tempo em que baixa a tensão de oxigênio e aumenta a tensão de CO<sub>2</sub> no meio, proporcionando condições para a maturação ou para a superação de bloqueios que impedem o embrião de completar seu desenvolvimento (Cunha & Ferreira, 1987), ou seja, é um tratamento que leva a mudanças fisiológicas e metabólicas que subsidiam o processo de germinação de sementes.

#### **4.3.3 Distribuição da emergência no tempo**

Pela Figura 8 observam-se as ocorrências da emergência ao longo do tempo. Foram realizadas observações diárias até a estabilização do número de plântulas contadas, fato que ocorreu aos 82 dias. Pôde-se observar que diásporos pré-aquecidos ou não, quando submetidos à embebição por sete dias e estratificação a 30°C, emergiram após o início da emergência da testemunha. Em todos os outros tratamentos para superação de dormência, a velocidade de emergência foi maior do que no tratamento controle, embora com mais baixo percentual de emergência final. O tratamento que se destacou dos demais foi quando os diásporos foram pré-aquecidos, embebidos por 14 dias e estratificados a 30°C. Além de maior velocidade de emergência, também

apresentaram 22% de emergência final, significativamente superior em relação aos demais tratamentos.

Por estes resultados pode-se inferir que os tratamentos realizados foram eficientes em antecipar a emergência das plântulas de cajazeira, no entanto, podem ter sido drásticos a ponto de provocar algum dano ao embrião, determinando assim a baixa porcentagem de emergência de plântulas nas sementes com menores graus de dormência.



**FIGURA 8.** Porcentagem de emergência de plântulas de cajazeira no período de 82 dias, cujos diásporos foram submetidos aos tratamentos: com pré-aquecimento (CP), sem pré-aquecimento (SP), embebição por 7 dias (EB7) e por 14 dias (EB14), estratificação a 30°C (ET30) e a 40°C (ET40) no decorrer do tempo. UFLA, Lavras, MG, 2003.

A temperatura influencia na germinação, tanto afetando a velocidade de absorção de água, como as reações bioquímicas que determinam todo o processo (Carvalho & Nakagawa, 1988). A temperatura máxima para a germinação da maioria das espécies está na faixa de 35°C a 40°C (PinãRodrigues, 1988). Como no transcorrer desse ensaio o máximo de temperatura chegou a 39°C, a influência desse fator pode ter prejudicado o processo de germinação das sementes, sendo mais drástico para as sementes submetidas aos tratamentos pré-germinativos.

Outro detalhe a ser destacado é o fato de que o lote utilizado nesse experimento, proveniente da safra do ano 2000 do estado do Ceará, passou por longo período de armazenamento em diferentes condições de temperatura e umidade. Isso pode ter influenciado na viabilidade das sementes, pois é sabido que sementes em deterioração são mais sensíveis às alterações de temperatura.

Vale salientar também que, ao final do teste de germinação, os diásporos que não germinaram foram seccionados transversalmente e, por meio de análise visual, constatou-se que todas as sementes estavam em estágio de putrefação com tecido embrionário pastoso e odor fétido característico.

## **4.4 Experimento III**

### **4.4.1 Porcentagem de emergência**

Na Tabela 3A, verifica-se que somente ocorreu efeito significativo na porcentagem de emergência de plântulas para os fatores escarificação física e estratificação a quente, isoladamente.

A primeira plântula emergida foi observada no terceiro dia após a semeadura, sendo que, já durante a realização dos tratamentos, após a estratificação (retirada dos diásporos de dentro do substrato umedecido), quatro

diásporos, os quais foram escarificados e estratificados, já tinham iniciado o processo de germinação caracterizado pelo surgimento da alça do hipocótilo.

Os percentuais de plântulas normais e anormais verificado entre os diásporos com sementes que foram capazes de germinar foram, respectivamente, 90% e 10%. Dentre as sementes que germinaram, 13% dos diásporos apresentaram dupla germinação, correspondendo a 38 diásporos, dois diásporos (0,66%) com tripla germinação e um diásporo (0,33%) apresentou quádrupla germinação. Ressalte-se ainda que, quando ocorre a germinação de mais de uma semente por diásporo, esta dificilmente ocorre ao mesmo tempo. Isto demonstra a alta fertilidade das sementes de cajazeira e pode representar uma estratégia de adaptação da espécie, promovendo a distribuição da germinação no tempo e no espaço.

A emergência das plântulas cujos diásporos foram escarificados foi superior em relação à ausência de escarificação (Tabela 8). Este resultado confirma os relatos de Firmino et al. (1997) que, ao efetuarem o desponte do diásporo na região proximal ao embrião, seguido de embebição em água por 2 horas conseguiram maior porcentagem e velocidade de emergência de plântulas de cajá quando comparado com diásporos despontados nas regiões distal e distal-proximal em relação ao eixo embrionário.

**TABELA 8.** Resultados médios de porcentagem de emergência (%E) de plântulas de cajazeira após tratamentos de escarificação física e estratificação a quente para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003.

	% E	
	Com	Sem
Escarificação física	32 a	19 b
Estratificação a quente	29 a	22 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de F, a 1% de probabilidade.

Também Silva (2001) obteve como melhor tratamento para superação da dormência de sementes de cajá a escarificação dos diásporos na região proximal ao eixo embrionário, com embebição em solução de hipoclorito de sódio por 24 horas e lavagem por 72 horas em água corrente.

Em se tratando de espécies frutíferas e florestais, a técnica da escarificação é bastante utilizada e com boas respostas germinativas como a encontrada neste ensaio e também por Azerêdo et al. (2002). Esses autores constataram que a porcentagem e velocidade de emergência de plântulas de sapoti apresentaram os maiores valores (81% e 0,58, respectivamente) quando foram submetidas ao corte lateral sem embebição.

Evidencia-se que a escarificação física do diásporo realizada com a serrinha protética odontológica permite um corte reto e limpo. É uma técnica bem mais segura e eficiente do que a escarificação realizada com esmeril, tanto para o pesquisador que não corre risco de ferimentos durante a operação, quanto por se evitar possíveis danos ao embrião. No entanto, o tempo para execução do corte é mais demorado e a durabilidade e resistência da serra é pequena.

O efeito favorável da estratificação a quente também pôde ser constatado, já que a emergência das plântulas de cajá cujos diásporos foram estratificados foi superior à dos diásporos não estratificados (Tabela 8). Resultados semelhantes foram obtidos com a escarificação física.

Assim, como já foi discutido no segundo experimento, novamente o processo de estratificação a quente pode ter proporcionado condições favoráveis para a maturação do embrião. Também pode ter funcionado provocando um amolecimento do endocarpo, facilitando, assim, a entrada de água. Salienta-se que a cajazeira, por se tratar de uma espécie tropical, respondeu convenientemente à temperatura de 30°C durante a estratificação, ao contrário da estratificação a frio realizada no primeiro ensaio que resultou em germinação nula.

#### 4.4.2 Índice de velocidade de emergência

Quanto ao vigor das sementes, avaliado pelo IVE, constata-se que houve efeito significativo para os fatores escarificação física e estratificação a quente, isoladamente e para a interação estratificação a quente (30°C) x imersão em solução de GA<sub>3</sub> (1000 mg. L<sup>-1</sup>), como exposto na Tabela 3A.

Visualiza-se, na Tabela 9, que nos tratamentos nos quais os diásporos foram estratificados houve maiores ganhos na velocidade de emergência das plântulas em comparação com aqueles nos quais os diásporos não foram estratificados, independente da presença de ácido giberélico. Por outro lado, pode-se observar que nos diásporos que foram estratificados, a embebição em ácido giberélico reduziu a velocidade de emergência e nos diásporos que não foram estratificados não houve nenhum efeito do ácido giberélico.

**TABELA 9.** Resultados médios do índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de cajazeira após tratamentos de estratificação a quente a 30°C e imersão em solução de GA<sub>3</sub> (1000 mg.L<sup>-1</sup>) para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003.

ESTRATIFICAÇÃO A QUENTE	GA <sub>3</sub>	
	0	1000 mg.L <sup>-1</sup>
SEM	0,539 Ba	0,655 Ba
COM	1,529 Aa	1,156 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

#### 4.4.3 Tempo médio de emergência

Quanto ao TME, verificou-se significância estatística para a interação tripla: escarificação física (sem e com) x estratificação a quente a 30°C (sem e

com) x imersão em solução de GA<sub>3</sub> – 1000 mg.L<sup>-1</sup> (sem e com), conforme verifica-se na Tabela 3A.

Na Tabela 10, constata-se que a aplicação de GA<sub>3</sub> reduziu o tempo médio de emergência de 35 para 23 dias, quando os diásporos não foram estratificados ou escarificados. Nos diásporos que não foram escarificados, mas foram estratificados, não observou-se efeito da giberelina, mas verificou-se menor tempo médio de emergência em comparação com os diásporos que não foram submetidos a nenhum tratamento. Os tratamentos realizados em diásporos escarificados não diferiram entre si, em relação ao tempo médio de emergência.

**TABELA 10.** Resultados médios do tempo médio de emergência de plântulas de cajazeira após tratamentos de escarificação física, estratificação a quente e imersão em solução de GA<sub>3</sub> (1000 mg.L<sup>-1</sup>) em diferentes combinações de ausência ou presença dos tratamentos para superação de dormência. UFLA, Lavras, MG, 2003.

	Escarificação			
	Sem		Com	
	Estratificação a quente		Estratificação a quente	
GA <sub>3</sub>	Sem	Com	Sem	Com
Sem	35 Bb	16 Aa	20 Aa	19 Aa
Com	23 Aa	21 Aa	20 Aa	17 Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna para cada forma de escarificação, não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Resultado semelhante ao encontrado nesse experimento foi obtido por Ynoue et al. (1999) que, estudando o efeito do GA<sub>3</sub> na germinação de sementes de kiwi (*Actinidia chinensis* Planch.) mediante a porcentagem e o tempo médio de germinação, concluíram que para diminuir o tempo médio de germinação recomenda-se o tratamento de estratificação a frio e com GA<sub>3</sub> a 150 mg.L<sup>-1</sup>.

Da mesma forma, Melo (1999) constatou que o método de imersão em ácido giberélico por 24 horas foi o mais efetivo na superação de dormência das sementes de maracujá suspiro (*Passiflora nítida* H.B.K.) e também antecipou a emergência. Também Aoyama et al. (1996) por meio dos resultados obtidos na germinação de sementes de lavanda, concluíram que sementes tratadas com GA<sub>3</sub>, tanto a 100 como 200 mg.L<sup>-1</sup>, aumentaram a porcentagem de germinação, bem como diminuíram o tempo médio de germinação.

Em contrapartida, Leonel & Rodrigues (1999) concluíram que giberelina e citocinina não afetaram o processo germinativo de sementes de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* OSBECK), utilizando como testes de vigor o tempo médio e velocidade média de germinação.

Embora o uso de giberelina seja uma das alternativas para superação de dormência em sementes de diversas espécies, vale ressaltar que nada tem sido ainda pesquisado sobre qual concentração de ácido giberélico deve ser empregada, nem por quanto tempo as sementes devem permanecer imersas. Daí não ter sido possível detectar trabalhos específicos para cajazeira.

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O percentual de germinação superior observado nas sementes procedentes de Paracatu, MG, em comparação com a baixa germinação apresentada pelas sementes provenientes do estado do Ceará, principalmente para aquelas colhidas no ano de 2002, permite supor que, além de outros fatores, como presença de substâncias inibidoras, características do armazenamento, microorganismos, também as diferenças climáticas entre essas regiões podem ter influenciado no desenvolvimento das sementes. Na região do município de Paracatu, a intensidade e a constância das chuvas são maiores, o que pode permitir uma melhor formação do embrião e, por conseguinte, maior capacidade germinativa.

Embora não tenha sido estudado nesse trabalho, verifica-se que quanto às condições e período de armazenamento dos diásporos nos três ensaios, verificou-se que as melhores respostas em germinação ocorreram de diásporos armazenados à temperatura ambiente (ensaio 3) em vez de armazená-los em câmara de refrigeração (ensaios 1 e 2). Deduz-se, portanto, que não só a aplicação dos tratamentos mas também as características do armazenamento podem ter influenciado a germinação e isto sugere que outros experimentos deverão ser realizados visando identificar o efeito do armazenamento sobre a viabilidade de sementes de cajazeira.

A classificação do tipo de semente é de fundamental importância para a definição dos meios a serem utilizados para a sua conservação. Sabe-se que um grande número de espécies frutíferas possui sementes recalcitrantes (Gomes, 1980). No entanto, para o agrupamento da cajazeira entre as sementes ortodoxas, recalcitrantes ou grupos intermediários, devem-se conduzir estudos específicos de secagem e tolerância à dessecação.

Normalmente, espécies em fase de domesticação, como a cajazeira, apresentam germinação baixa e desuniforme e esta situação desestimula, muitas vezes, a continuidade dos trabalhos por alguns pesquisadores, até mesmo pela dificuldade de se obter sementes. No entanto, dada a importância da espécie e o difícil objetivo a ser alcançado da máxima germinação no menor tempo, sugere-se que, em pesquisas posteriores, a seleção de matrizes seja feita buscando-se agregar outras características agrônomicas de interesse aos atributos de germinação, bem como se faça a utilização de plantas individuais com características mais homogêneas.

Supõe-se que o tipo de dormência das sementes de cajazeira possivelmente seja mais endógena do que física, pois os resultados do primeiro ensaio evidenciaram que as sementes colhidas e postas para germinar no mesmo ano permanecem todas dormentes. Ainda, pelos resultados da curva de embebição, presume-se que o endocarpo, não impede a entrada de água.

A respeito da utilização de hormônios vegetais, seria interessante também testar, além da giberelina em maiores concentrações e tempos de imersão, o efeito do etileno ou ainda outras substâncias, tais como nitrato de potássio, que, por lavagem, retiram possíveis inibidores da germinação.

Várias proposições podem ser levantadas a respeito de fatores que podem ter ocasionado a baixa germinação nesses ensaios. Entre elas: a própria composição do diásporo, cujas estruturas componentes mesocarpo interno, endocarpo e sementes podem restringir mecanicamente o crescimento do eixo embrionário e ou conter substâncias inibidoras da germinação; a ação de microrganismos que favoreceriam a deterioração das sementes, devido ao longo período de armazenamento; os diferentes lotes de sementes utilizados, devido às diferenças genéticas existentes entre as plantas e às próprias condições edafoclimáticas dos locais de cultivo.

A eficácia na aplicação de tratamentos pré-germinativos, principalmente em espécies em fase de domesticação, como a cajazeira, depende também do grau de dormência das sementes, que varia muito de acordo com a origem e época de colheita.

## 6 CONCLUSÕES

As estruturas que compõem o diásporo da cajazeira, tais como o mesocarpo interno e o endocarpo, que envolvem a semente, não são impermeáveis à água.

O número de lóculos e sementes que pode conter um diásporo de cajazeira varia de zero a cinco.

A utilização da concentração de solução de tetrazólio a 0,5% por um período de 24 horas a temperatura de 30°C permite avaliar a viabilidade das sementes de cajazeira pelo teste de tetrazólio.

A intensidade de radiação de 60 Kvp no tempo de exposição aos raios-x de 30 segundos permite a visualização nítida das estruturas internas do diásporo de cajazeira.

A escarificação química com ácido sulfúrico concentrado, por 30 e 60 minutos de imersão é ineficiente como tratamento para superação de dormência de sementes de cajá.

A utilização de temperaturas abaixo de 10°C em tratamentos de superação de dormência é prejudicial à germinação das sementes de cajá.

O pré-aquecimento dos diásporos por cinco dias, seguido da embebição em água corrente por 14 dias e da estratificação a 30°C por sete dias, permite maior velocidade de emergência de plântulas de cajazeira.

A aplicação de giberelina antecipa a germinação de sementes de cajazeira.

A escarificação física do diásporo na região proximal ao embrião e a estratificação a quente na temperatura de 30°C por sete dias resultam em maior eficiência na superação de dormência de sementes de cajá.

Não foi possível determinar com precisão quais as causas da dormência das sementes de cajazeira.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.A.; RINNE, R.W. Seed maturation in soybeans (*Glycine max* L. merr.) is dependent of seed mass and the parent plant, yet is necessary for production of viable seeds. **Journal of Experimental Botany**, v32, p. 615-620, 1981.
- AIRY SHAW, H.K.; FORMAN, L.L. The genus *Spondias* L. (Anacardiaceae) in tropical Asia. **Kew Bulletin**, Kew, v.21, n.1, p.1-20, 1967.
- AJAO, A.O.; SHONUKAN, O.; FEMI-ONADEKO, B. Antibacterial effect of aqueous and alcoholic extracts of *S. mombin* and *Alchornea cordifolia*. **Fitoterapia**, Nigeria, v. 55, n. 6, p.337-339, 1984.
- AMARAL, A. dos S.; GONÇALO, J.F.P. Dormência em sementes de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.30, n.301, p. 35-7, jul./ago. 1977.
- AOYAMA, E.M.; ONO, E.O.; FURLAN, M.R. Estudo da germinação de sementes de lavanda (*Lavandula angustifolia* Miller). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.53, n.2-3, maio/dez. 1996.
- AZERÊDO, G.A. de. et al. Desempenho de sementes de sapoti (*Achras sapota* L.) submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p. 147-150, 2002.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: Funep, 1995. p. 247.
- BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 433p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445 p.
- BOSCO, J.; AGUIAR FILHO, S.P.; BARROS, R.V. Influência de tratamentos térmicos e químicos na germinação de sementes de cajá (*Spondias lutea*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, p. 261-264, 1998. (Comunicação Científica).

BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 351-396.

BRAGA, R. Cajazeira. In: \_\_\_\_\_. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3.d. Mossoró: ESAM, 1976. p.103. (Coleção Mossoroense-XLII).

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA / DNDV / CCAV, 1992. p.365.

CAMPBELL, C.W.; SAULS, J.W. **Spondias in Florida**. Miami: University of Florida, 1994.

CAMPOS, C.O. **Estudo de quebra de dormência da semente de umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). 1986. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CAMPOS, H. de. **Estatística experimental não paramétrica**. Piracicaba: ESALQ, 1983. 4.ed. 349p.

CARDOSO, E.A. **Germinação, morfologia e embriologia de algumas espécies do gênero *Spondias***. 1992. 58 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

CARVALHO, A.C.T. de. et al. Utilização do ácido sulfúrico na superação da dormência e viabilidade de sementes de cajá (*Spondias mombin* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza, CE. **Resumos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/SBF, 2000. p.144.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p.424.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1972. 84p.

CORRÊA, M.P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura - IBDF. 1975. v. 6, p. 336-339.

COSTA, A.M.G. **Pré-embebição e germinação de sementes de cajazeira** (*Spondias mombin* L.). Fortaleza: UFC/CCA, 1998. 39p. Monografia (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CUNHA, G.G.; FERREIRA, A.G. **Ciência e Cultura**, Porto Alegre, v.10, n. 39, p.974-976, 1987.

DEMÉTRIO, C.G.B. In: REUNIÃO ANUAL DA RBRAS, 38.; SEAGRO, 9. 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRS, 1993.113p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias para o presente e o futuro**. Fortaleza, 1999. 156p. (Relatório de Atividades 1996/1997).

FERREIRA, D. F. **Sisvar - Sistema de análise estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA - DEX, 2000. CD-ROM.

FIRMINO, J.L.; ALMEIDA, M.C.; TORRES, S.B. Efeito da escarificação e da embebição sobre a emergência e desenvolvimento de plântulas de cajá. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 125-128, 1997.

GIACOMETTI, D.C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1., 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1993. p.13-27.

GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. 6.ed. São Paulo: Nobel, 1980. 448p.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 6.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997. p.770.

HILHORST, H.W.N.; KARSSSEN, C.M. Seed dormancy and germination: The role of abscisic acid and gibberelins and the importance of hormone mutants. **Plant Growth Regul.** v. 11, p. 225-238. 1992.

HLADIK, A.; HALLÉ, N. Note sur les endocarpes de quatre espèces de Spondias d'Amérique (Anacardiacees). **Adansonia**, Paris, v.18, n.4, p.487-492, 1979.

INTERNATIONAL RULES FOR SEED TESTING. **Seed science and technology**, Zurich, 1993. 363p. (Supplement, 21)

KERMODE, A.R.; DUMBROFF, E.B; BEWLEY, J.D. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination. VII-Effects of partial and complete desiccation on abscisic acid levels and sensivity in *Ricinus communis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 40, p.303-311, 1989a.

KERMODE, A.R.; PRAMANIK, S.K.; BEWLEY, J.D. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination. VI-Desiccation-induced changes in messenger RNA populations within the endosperm of *Ricinus communis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany**, v.40, p.33-41, 1989b.

KOVACK, D.A.; BRADFORD, K.J. Imbibitional damage and desiccation tolerance of wild rice (*Zizania palustris*) seeds. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 43, n. 251, p. 747-757, June, 1992.

LEONEL, S.; RODRIGUES, J.D. Efeitos de giberelinas, citocininas e do nitrato de potássio, no processo germinativo de sementes de limoeiro `cravo' (*Citrus limonia* OSBECK) **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, 1999.

LIAO, J. Morphological studies on the flowers and fruits of the family Anacardiaceae in Taiwan. **National Taiwan University College of Agriculture Memoirs**, Taipei, v.14, n.1, p.93-123, 1973.

LIMA, D.; BRUNO, R.L.A. de; CARDOSO, E.A. de. Efeito de recipientes e de dois ambientes de armazenamento sobre a germinação e vigor de sementes de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.13, n.2, p.27-32, 1991.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Plantarum, 1992. p.370.

LOZANO, N.B. Desarrollo y anatomia del fruto del jobo (*Spondias mombin* L.). **Caldasia**, Bogotá, v.14, n.68/70, p.465-490, 1986.

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

MARCOS FILHO, J.; KOMATSU, Y.H.; BARZAGHI, L. Métodos para superar a dormência de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, n.2, p.65-75, 1987.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4.ed. New York: Pergamon, 1989. 270p.

MELO, A.L. de. **Métodos de quebra de dormência, e de armazenamento de sementes, e aspectos da obtenção de mudas de maracujá suspiro** (*Passiflora*

*nitida* H.B.K.), 1999. 95p. (Tese - Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

METIVIER, J. R. Citocininas e giberelinas. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. ed.2. São Paulo: EDUSP, 1986, v.2, p.93-162, 1986.

MITCHELL, J.D.; DALY, D.C. Revisão das espécies neotropicais de *Spondias* (Anacardiaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46, 1995, São Paulo: SBB. **Anais...** jan. 1995, p. 416.

MOORE, J.N.; BROWN, G.R.; LUNDERGAN, C. Effect of duration of acid scarification on endocarp thickness and seedling emergence of blackberries. **HortScience**, 9(3): 204-205, 1974.

PEREIRA, K.S.N.; SILVA, H.; SILVA, A.Q. da. Caracterização da unidade de dispersão de cajá (*Spondias mombin* L.). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 14, 1996. **Anais...** Londrina, PR, 1996. p. 97.

PINÃ-RODRIGUES, F.C.M. **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas, SP. Fundação Cargill, p.100, 1988.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: Ministério da Agricultura AGIPLAN, p.298, 1985.

ROSENBERG, L.A.; RINNE, R.W. Moisture loss as a prerequisite for seedling growth in soybean seeds (*Glycine max* L. merr.). **Journal of Experimental Botany**, 37:1663-1674, 1986.

SARMENTO, F.S.G. **Influência do tamanho da semente e de métodos de quebra de dormência na germinação e formação de mudas de cajazeira** (*Spondias lutea* S.). (Trabalho de Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1997.

SILVA, A.Q.; SILVA, H. Cajá, uma frutífera tropical. **Informativo Sociedade Brasileira de Fruticultura**, Itajaí, v. 14, n. 4, dez. 1995.

SILVA, J.B.C.; NAKAGAWA, J. Estudo de fórmulas para cálculo da velocidade de germinação. **Informativo ABRATES**. Londrina, v.5, n.1, p. 62-73, 1995.

SILVA, L.M. da. **Tratamentos pré-germinativos para superação de dormência em sementes de cajazeira** (*Spondias mombin* L.) Fortaleza:

UFC/CCA, 2001, 40p. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal do Ceará.

SOUZA, F.X. de. **Spondias agroindustriais e os seus métodos de propagação.** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT/SEBRAE/CE, 1998. (Documento, 27). 28p.

SOUZA, F.X. de; ARAÚJO, C.A.T. **Avaliação dos métodos de propagação de algumas Spondias agroindustriais.** Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1999. 4p. (Comunicado Técnico, 31).

SOUZA, F.X. de; INNECCO, R. Métodos de propagação sexual e assexual das Spondias. SIMPÓSIO AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 1, 1998, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1998.

SOUZA, F.X. de; SOUSA, F.H.L.; FREITAS, J.B.S. Germinação de sementes e morfologia de endocarpos de cajazeira (*Spondias mombin* L.). **Agrotrópica**, Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, BA, 11 (1), p. 45-48, 1999. (Nota Científica).

STEPHENS, S.E. Some tropical fruits. The vip apple or hog plum. **Queensland Agricultural Journal**, v. 44, p. 625-626. nov. 1935.

VIDAVER, W. Light and seed germination. In: KHAN, AA. **Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination.** Amsterdam, North Holland Publishing Co., p.181-90, 1977.

VIEIRA, M.das G.G.C.; BORGES, J.W.M.; MORAES, E.A. Ensaio preliminar sobre métodos utilizados na quebra de dormência em sementes de arroz (*Oriza sativa* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, 9(2): 172-9, 1985.

VILLACHICA, H. Ubos (*Spondias mombim* L.). In: VILLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia.** Lima: Secretaria Pro-Tempore/Tratado de Cooperacion Amazonica, 1996. p. 270-274.

YNOUE, C.K.; ONO, E.O.; MARCHI, L. de O.S. Efeito do GA<sub>3</sub> na germinação de sementes de kiwi (*Actinidia chinensis* Planch.). **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v.56, n.1, 1999.

## ANEXOS A

<b>TABELA 1A</b> Resumo da análise de deviance do experimento I para superação da dormência de sementes de cajazeira, para os dados de porcentagem de emergência (%E) obtidos do teste de germinação. UFLA, Lavras, MG, 2003..	65
<b>TABELA 2A</b> Resumo da análise de variância do experimento II para superação da dormência de sementes de cajazeira, para os dados de porcentagem de emergência (%E) e índice de velocidade de emergência (IVE). UFLA, Lavras, MG, 2003. ....	65
<b>TABELA 3A</b> Resumo da análise de variância do experimento III para superação da dormência de sementes de cajazeira, para os dados de porcentagem de emergência (%E), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME). UFLA, Lavras, MG, 2003.....	66

**TABELA 1A** Resumo da análise de deviance do experimento I para superação da dormência de sementes de cajazeira, para os dados de porcentagem de emergência (%E) obtidos do teste de germinação. UFLA, Lavras, MG, 2003.

FV	GL	%E
Tratamento	5	21,26*
Lote	2	44,19
Resíduo		0,9512
CV (%)	64,89	

\* - Significativo, pelo teste do qui-quadrado, a 5% de probabilidade.

**TABELA 2A** Resumo da análise de variância do experimento II para superação da dormência de sementes de cajazeira, para os dados de porcentagem de emergência (%E) e índice de velocidade de emergência (IVE). UFLA, Lavras, MG, 2003.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		%E	IVE
Pré-aquecimento	1	3,2848*	0,0106**
Embebição	1	1,8917ns	0,0130**
Estratificação	1	4,3368*	0,0100**
Pré-aq.x Bem	1	12,2270**	0,0247**
Pré-aq x Estr	1	3,6694*	0,0164**
Emb x Estr	1	5,5347**	0,0224**
Pré-Aq x Emb x Est	1	2,7076*	0,0086**
Adic vs Fatorial	1	39,6553**	0,0120**
Resíduo	27	0,6022	0,0007
CV (%)		30,68	2,68

\* e \*\* - Significativo, pelo Teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.  
ns - não significativo, pelo Teste F, a 5% de probabilidade.

**TABELA 3A** Resumo da análise de variância do experimento III para superação da dormência de sementes de cajazeira, para os dados de porcentagem de emergência (%E), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME). UFLA, Lavras, MG, 2003.

QUADRADOS MÉDIOS				
FV	GL	%E	IVE	TME
Escarificação	1	1014,0000**	2,1295**	150,0000*
Estratificação	1	266,6666**	3,3338**	228,1666**
GA <sub>3</sub>	1	16,6666ns	0,0986ns	28,1666ns
Esc x Est	1	6,0000ns	0,0365ns	112,6666*
Esc x GA <sub>3</sub>	1	24,0000ns	0,0013ns	10,6666ns
Est x GA <sub>3</sub>	1	112,6666ns	0,3589**	88,1666ns
Esc x Est x GA <sub>3</sub>	1	42,6666ns	0,0084ns	112,6666*
Resíduo	16	30,6666	0,0519	22,9583
CV (%)		21,86	23,50	22,37

\* e \*\* - Significativo, pelo Teste F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns - não significativo, pelo Teste F, a 5% de probabilidade.