

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
Anadenanthera peregrina var. *falcata* (Benth.) Altschul E
A. colubrina (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul**

**Marco Antonio Marques
Engenheiro Agrônomo**

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Maio de 2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
Anadenanthera peregrina var. *falcata* (Benth.) Altschul E
A. colubrina (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul**

Marco Antonio Marques

Orientador: Prof. Dr. Ivor Bergemann de Aguiar

Co-orientador: Dr. Antonio Carlos de Souza Medeiros

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção e Tecnologia de Sementes).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Maio de 2007

Marques, Marco Antonio
M357s Secagem e armazenamento de sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Bentham) Altschul e *A. colubrina* (Velloso) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul / Marco Antonio Marques. - - Jaboticabal, 2007
iv, 124 f. ; 28 cm

Tese (doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007.

Orientador: Ivor Bergemann de Aguiar

Banca Examinadora: Ivor Bergemann de Aguiar, Márcia Balistiello Figliolia, Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues, Claudio José Barbedo e Rinaldo César de Paula

Bibliografia

1. Sementes florestais. 2. Conservação. 3. Desidratação. 4. Criopreservação. 5. Qualidade fisiológica. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.531:634.0.2

Ficha Catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Serviço de Biblioteca e Documentação
e-mail: prosbo@ig.com.br

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MARCO ANTONIO MARQUES – Nascido em Ribeirão Preto, a 08 de abril de 1972, sexo masculino, filho de Alaor Marques e Teresa Dainez Marques, com Carteira de identidade sob o número 19975957-1 / SSP / SP / 17/09/1990 e CPF: 162.238.138-64, residente à rua Dr. Julio Dante Risso, 771, no Jardim Anhanguera em Ribeirão Preto, SP – Brasil. Concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual de Primeiro Grau Círculo Operário, EEPGCO em Ribeirão Preto, SP – Brasil em 1987 e o ensino médio no Centro Interescolar Objetivo de Ensino de 2º Grau Unidade XIX, CIO em Ribeirão Preto, SP – Brasil em 1990. Coursou a Graduação em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), concluída em 1997. Coursou o Mestrado em Agronomia pela FCAV/UNESP como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) na Área de Produção e Tecnologia de Sementes, concluído em 2001. Coursou o Doutorado em Agronomia pela mesma instituição, também como bolsista do CNPq e na Área de Produção e Tecnologia de Sementes, a partir de março de 2003.

A meus pais TERESA e ALAOR e padrinhos ALICE e ALCIDES.

“A vocês, que sempre estiveram a meu lado;

A vocês, que sonharam com minha realização profissional;

A vocês, que sempre renovaram minhas esperanças;

A vocês, que viveram para me tornar o que hoje sou;

A vocês, que ajudaram na construção deste ideal;

Pela lição de modéstia, sacrifício, lágrimas e risos,

sou-lhes grato; o meu MUITÍSSIMO OBRIGADO.

Retribuindo com meu triunfo,

Dedico

Ao Prof. Dr. **Ivor Bergemann de Aguiar**, meu orientador,

A quem devo grande parte do conhecimento

adquirido durante o período de realização do doutorado.

Não poupando esforços, quer seja dia ou noite,
para que seus orientados crescessem não apenas como
profissional, mas também como ser humano.

À força de espírito, ao esforço e à dedicação dispensados em
seu limite, deixando de lado seus problemas e compromissos,
pelo simples desejo de transmitir um pouco de sua experiência.

Durante anos de sua vida profissional,
sempre cumprindo suas tarefas; dentro de sua modéstia,
pensava estar fazendo apenas sua obrigação de professor;
mas o vejo como um grande mestre,

Minha Homenagem

À Danila Resende Rossetto,

A quem escolhi para dedicar o meu amor;

Por quem fui escolhido para receber o seu amor;

Você que sempre me apoiou e deu cumplicidade;

Que sempre esteve a meu lado em todos os momentos;

Que sempre me dá força para seguir em frente,

Ofereço

Agradecimentos

- a DEUS pela força, saúde e serenidade e por estar sempre presente em nosso trabalho, auxiliando em nossas decisões;
- à minha família pela paciência, compreensão e apoio;
- ao Pesquisador da Embrapa Florestas, Dr. ANTONIO CARLOS DE SOUZA MEDEIROS, pela co-orientação;
- aos MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA, pela análise da tese e sugestões apresentadas;
- à FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS por me receber, em especial aos DEPARTAMENTOS DE PRODUÇÃO VEGETAL E DE BIOLOGIA APLICADA À AGROPECUÁRIA;
- à Profa. Dra. TERESINHA DE JESUS DELÉO RODRIGUES pela amizade, dedicação e compreensão, bem como pela disponibilização do espaço físico necessário para a condução dos experimentos;
- ao Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA pela incontestável amizade e presteza sempre que solicitado;
- à Profa. Dra. IZABEL CRISTINA LEITE e aos Profs. Drs. RUBENS SADER, NELSON MOREIRA DE CARVALHO e ROBERVAL DAITON VIEIRA pelos ensinamentos, paciência, bondade, colaboração e amizade demonstrados em qualquer situação;
- ao Prof. Dr. ALEXANDRE AMSTALDEM MORAES SAMPAIO pelo apoio e permissão para a utilização de seu laboratório, que possibilitou a realização dos experimentos de liofilização;

- à doutoranda DANIELA CLEIDE DE AZEVEDO ABREU, pela colaboração no preparo das soluções salinas e no manuseio do nitrogênio líquido;
- à Técnica de Laboratório do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária SÔNIA MARIA R. CARREGARI (Laboratório de Fisiologia Vegetal) pela amizade, paciência, companheirismo e principalmente pelos ensinamentos. “Seu amor ao que faz, contribuiu muito para o nosso aprendizado”;
- aos Técnicos de Laboratório LAZARO do Departamento de Produção Vegetal (Laboratório de Tecnologia de Sementes), SÉRGIO APARECIDO BERALDO do Departamento de Zootecnia (Laboratório de Ruminantes) e TÂNIA MARA AZEVEDO de LIMA do Departamento de Tecnologia (Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal), pela colaboração na realização das análises;
- Aos Engenheiros do Instituto Florestal de São Paulo, responsáveis pelas Estações Experimentais de Araraquara (HONÓRIO CARLOS FACHIN), Santa Rita do Passa Quatro (EVERTON JOSÉ RIBEIRO) e Assis (WILSON AP. CONTIÉRI), pela colaboração na colheita dos frutos e extração das sementes;
- aos pesquisadores ANTONIO da SILVA da Seção de Silvicultura e funcionários do Centro de Sementes e do Laboratório de Sementes do Instituto Florestal de São Paulo, pela atenção dispensada;
- aos funcionários do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária e de Produção Vegetal, ALDO A. DE SOUZA, JAMIL A. FERRAZ, LUCINA DE O. M. SILVA e WAGNER APARECIDO TARINA, que tornaram o ambiente de trabalho mais acolhedor;
- às secretárias IVANA A. M. GARCIA, MARIA RENATA MIGLINO, MARISA COGA, MARIANGELA DE CENÇO CORREA LACERDA e NÁDIA LYNN OLIVEIRA, pela colaboração e convívio diário;

- aos amigos ADÃO, ADRIANO, ANDRESSA, JULIANA, MOACIR VINÍCIUS, RODRIGO FRANZÉ, RODRIGO (poeta) e SAMIRA, pelos maravilhosos momentos compartilhados;
- ao Sr. ROGÉRIO PESSOA, da PERFORMANCE INFORMÁTICA[®], pela contribuição na manutenção dos computadores;
- à ALCAN EMBALAGENS DO BRASIL LTDA., pelo fornecimento das lâminas utilizadas na confecção das embalagens impermeáveis;
- à EMBRAPA FLORESTAS de Colombo-PR, pelo estágio concedido;
- às BIBLIOTECÁRIAS, pelo pronto atendimento e pela confecção da ficha catalográfica;
- às funcionárias da Seção de Pós-Graduação ESTELA, IZABEL, MARCIA e VALÉRIA, pela atenção no atendimento durante todos estes anos;
- aos PROFESSORES que transmitiram seus conhecimentos, contribuindo para a minha formação;
- ao CNPq, pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de doutorado e da taxa de bancada;
- a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e que porventura não tenham sido citadas.

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
***Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul E**
***Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul**

RESUMO – Este trabalho foi conduzido com duas espécies arbóreas do gênero *Anadenanthera* (Mimosaceae): *A. peregrina* var. *falcata* (angico-do-cerrado) e *A. colubrina* var. *cebil* (angico-vermelho), com os objetivos de (a) confirmar a classificação das sementes quanto ao comportamento fisiológico no armazenamento e quanto à longevidade; (b) conservar a qualidade fisiológica das sementes a médio prazo; (c) testar métodos de secagem para reduzir, com segurança, o teor de água das sementes a baixos níveis; (d) armazenar as sementes desidratadas em temperatura inferior a zero, visando à conservação a longo prazo. As sementes foram desidratadas sobre soluções salinas saturadas, sobre sílica gel e por liofilização. As sementes desidratadas foram armazenadas por diferentes períodos nos ambientes de sala de laboratório, câmara seca, câmara fria, freezer, ultra-freezer e nitrogênio líquido fase vapor. Foram avaliados o teor de água, a capacidade germinativa e o vigor das sementes. As duas espécies são ortodoxas e de curta longevidade quando armazenadas na sala de laboratório. Os três métodos de secagem foram eficientes para reduzir o teor de água das sementes. As sementes conservaram sua qualidade fisiológica a médio prazo quando (a) acondicionadas em embalagem permeável e armazenadas em câmara seca; (b) acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em câmara fria; (c) liofilizadas, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em sala de laboratório. As sementes desidratadas suportaram o armazenamento em temperaturas baixa e ultra-baixa, demonstrando possibilidades de serem conservadas a longo prazo.

Palavras-Chave: sementes florestais, conservação, desidratação, criopreservação, qualidade fisiológica

DRYING AND STORAGE OF SEEDS OF
***Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul AND**
***Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul**

SUMMARY – This work was carried out with two Brazilian tree species of the *Anadenanthera* genus (Mimosaceae): *A. peregrina* var. *falcata* and *A. colubrina* var. *cebil*, with the objectives of (a) to confirm the seed classification concerning both to the physiological behaviour during storage and to the longevity; (b) to conserve the seed physiological quality in medium-term storage; (c) to test drying methods for reduce safely to low values the seed moisture content; (d) to store dried seeds at sub-zero temperatures for a long-term storage. The seeds were dried over saturated salt solutions, over silica gel and by freeze-drying methods. Dried seeds were stored during different periods at room temperature, dry chamber, cold chamber, freezer, ultra-freezer and liquid nitrogen vapour phase. During storage, seed moisture content, germinability and vigour were evaluated. Seeds of both species showed orthodox behaviour and short longevity when stored at room temperature. The three drying methods were effective to reduce safely the seed moisture content. In medium-term storage, seeds maintained their physiological quality when (a) packaged into permeable container and stored at dry chamber; (b) packaged into impermeable container and stored at cold chamber; (c) freeze-dried, packaged into impermeable container and stored at room temperature. Dried seeds tolerated both low and ultra-low storage temperatures, showing possibility for long-term storage.

Keywords: forest seed, conservation, dehydration, cryopreservation, physiological quality

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
SUMMARY	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O gênero <i>Anadenanthera</i> e as espécies estudadas.....	3
2.2. Classificação das sementes quanto ao armazenamento.....	6
2.3. Tipos de água nas sementes.....	8
2.4. Tolerância das sementes à secagem.....	11
2.5. Métodos de secagem.....	12
2.5.1. Secagem em estufa.....	13
2.5.2. Secagem em câmara seca.....	14
2.5.3. Secagem sobre sílica gel.....	16
2.5.4. Secagem sobre soluções salinas saturadas.....	18
2.5.5. Secagem por liofilização.....	19
2.6. Hidratação das sementes.....	21
2.7. Armazenamento das sementes.....	24
2.7.1. Armazenamento de sementes liofilizadas.....	25
2.7.2. Armazenamento em temperatura inferior a zero.....	28
2.7.3. Armazenamento de sementes de angico.....	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1. Colheita e preparo das sementes.....	40
3.2. Experimentos de secagem das sementes.....	42
3.2.1. Secagem sobre soluções salinas saturadas.....	42
3.2.2. Secagem sobre sílica gel.....	43
3.2.3. Secagem em liofilizador.....	43
3.3. Efeito do teor de água na secagem das sementes.....	44
3.3.1. Secagem por liofilização.....	45
3.3.2. Secagem sobre sílica gel.....	45
3.4. Armazenamento em temperatura superior a zero.....	45
3.5. Armazenamento em temperatura inferior a zero.....	46
3.5.1. Após secagem sobre soluções salinas saturadas.....	46
3.5.2. Após secagem sobre sílica gel.....	47
3.5.3. Após liofilização.....	47

3.6. Superação da dormência secundária.....	48
3.6.1. Após armazenamento em câmara seca.....	48
3.6.2. Após armazenamento em temperatura superior a zero.....	49
3.7. Armazenamento após superação da dormência secundária.....	49
3.8. Perspectivas da qualidade das sementes.....	50
3.9. Composição química das sementes.....	50
3.10. Testes de umidade e de germinação.....	51
3.10.1. Teste de umidade.....	51
3.10.2. Teste de germinação.....	52
3.11. Procedimento estatístico.....	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1. Características iniciais das sementes.....	55
4.2. Armazenamento em temperatura superior a zero.....	57
4.3. Secagem para o armazenamento em temperatura inferior a zero..	66
4.3.1. Secagem sobre soluções salinas saturadas.....	67
4.3.2. Secagem sobre sílica gel.....	69
4.3.3. Secagem por liofilização.....	70
4.4. Efeito do teor de água inicial das sementes na secagem.....	73
4.4.1. Secagem por liofilização.....	74
4.4.2. Secagem sobre sílica gel.....	78
4.5. Armazenamento em temperatura inferior a zero.....	81
4.5.1. Após secagem sobre soluções salinas saturadas.....	81
4.5.2. Após secagem sobre sílica gel.....	86
4.5.2.1. <i>Anadenanthera peregrina</i> var. <i>falcata</i>	86
4.5.2.2. <i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i>	89
4.5.3. Após secagem por liofilização.....	91
4.6. Superação da dormência secundária.....	94
4.6.1. Após armazenamento em câmara seca.....	94
4.6.2. Após armazenamento em temperatura superior a zero.....	95
4.7. Armazenamento após superação da dormência secundária.....	97
4.7.1. Após permanência por seis meses na câmara seca.....	98
4.7.2. Após permanência por doze meses na câmara seca.....	100
4.8. Perspectivas da qualidade das sementes.....	102
5. CONCLUSÕES.....	107
6. REFERÊNCIAS.....	108

1. INTRODUÇÃO

A vegetação nativa brasileira vem sendo intensamente reduzida em decorrência das queimadas espontâneas e antrópicas, bem como da exploração indiscriminada dos recursos naturais. Conseqüentemente, várias espécies encontram-se em perigo de extinção. A conservação *ex situ*, através do armazenamento de sementes em condições controladas, é uma importante estratégia para preservar o material genético disponível na natureza.

As espécies arbóreas do gênero *Anadenanthera*, família Mimosaceae, denominadas popularmente de angico, pertencem ao grupo ecológico das secundárias ou oportunistas, cujas sementes geralmente são de curta longevidade. Em função dessa característica, as pesquisas sobre armazenamento de sementes são consideradas prioritárias para esse grupo de espécies (KAGEYAMA & VIANA, 1991; PIÑA-RODRIGUES & FIGLIOLIA, 1991).

Durante o armazenamento, as sementes apresentam comportamento fisiológico distinto, sendo normalmente classificadas em três grupos: (a) ortodoxas, que podem ser desidratadas a baixo teor de água e armazenadas em baixa temperatura; (b) recalcitrantes, que não suportam desidratação a teor de água relativamente alto e sofrem danos quando armazenadas em baixa temperatura e; (c) intermediárias, que suportam níveis intermediários de umidade, mas que também são danificadas pela baixa temperatura (HONG & ELLIS, 1998). Uma característica peculiar das sementes ortodoxas é a passagem por um período natural de secagem durante a fase final de maturação (CASTRO et al., 2004).

Nessa fase, as sementes das espécies arbóreas do gênero *Anadenanthera* passam por esse período de desidratação, uma vez que os frutos apresentam deiscência natural após a secagem, dispersando suas sementes (LORENZI, 2002a, 2002b; CARVALHO, 2003). Dessa forma, aventou-se a hipótese de que as sementes das espécies de angico pertencentes a esse gênero são ortodoxas.

Duas espécies do gênero *Anadenanthera* foram estudadas neste trabalho: *A. peregrina* var. *falcata* (Bentham) Altschul e *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul. A primeira é conhecida popularmente por angico-do-cerrado e ocorre

principalmente no cerrado, enquanto que a segunda é conhecida por angico-vermelho e ocorre principalmente na floresta estacional semidecídua (CARVALHO, 2003).

Não foi encontrada, na revisão de literatura, pesquisa detalhada sobre o armazenamento de sementes dessas duas espécies. Neste trabalho considerou-se o armazenamento a curto prazo, aquele efetuado entre a dispersão das sementes e a semeadura; a médio prazo, entre duas épocas de colheita consecutivas; e a longo prazo, em bancos de germoplasma. Para essas duas espécies, tem sido observado um ano de boa produção seguido de um ou dois anos de baixa produção de sementes.

O armazenamento a médio prazo vem sendo realizado com o uso de câmara seca ou câmara fria. Alguns trabalhos têm mostrado que sementes liofilizadas e acondicionadas em embalagem impermeável podem ser armazenadas em ambiente não controlado (CARNEIRO & AGUIAR, 1993). Para o armazenamento a longo prazo, os bancos convencionais de germoplasma têm utilizado freezer nas temperaturas de -18 a -20 °C; contudo, mesmo nessas temperaturas, o metabolismo das sementes ainda não é completamente interrompido. Pesquisas vêm mostrando que a criopreservação (armazenamento a -196 °C, em nitrogênio líquido) oferece potencial para conservação mais segura das sementes (STANWOOD & BASS, 1981).

O teor de água das sementes é um importante fator que influencia a manutenção da sua viabilidade durante o armazenamento, principalmente a longo prazo. Os métodos convencionais de secagem geralmente utilizam calor e não reduzem suficientemente o teor de água das sementes para o armazenamento em temperatura inferior a zero, sem danificar o embrião. Para o armazenamento em bancos de germoplasma, dependendo da espécie, é necessário desidratar as sementes até teores de água extremamente baixos, sem causar danos ao embrião (HU et al., 1998).

Em vista do exposto, o presente trabalho teve por objetivos (a) confirmar a classificação das sementes de angico-do-cerrado e de angico-vermelho quanto ao comportamento fisiológico durante o armazenamento e quanto à longevidade; (b) conservar a qualidade fisiológica das sementes a médio prazo; (c) testar métodos de secagem para reduzir seguramente o teor de água das sementes a baixos níveis; (d) armazenar as sementes desidratadas em temperatura inferior a zero, visando obter subsídios para a conservação a longo prazo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O gênero *Anadenanthera* e as espécies estudadas

De acordo com o Sistema de Classificação de Cronquist, o gênero *Anadenanthera* pertence à família Mimosaceae; do ponto de vista etimológico, *Anadenanthera* significa antera sem glândula (CARVALHO, 2003). Esse gênero possui quatro espécies arbóreas denominadas popularmente de angico (LORENZI, 2002a, 2002b; CARVALHO, 2003): *A. colubrina* (Vellozo) Brenan var. *colubrina*, *A. colubrina* (Vellozo) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul, *A. peregrina* (Lineau) Spegazzini var. *peregrina* e *A. peregrina* var. *falcata* (Bentham) Altschul.

Etimologicamente, o termo *colubrina* vem do latim *coluber*, em alusão à cobra; *peregrina* quer dizer viajante, ou seja, com distribuição ampla; *cebil* é uma palavra de origem espanhola, comum às leguminosas; em *falcata* o fruto é recurvado do meio para o ápice, como foice (CARVALHO, 2003).

Essas espécies têm como sinonímia botânica: *A. colubrina* (Vellozo) Brenan, *A. macrocarpa* (Bentham) Brenan; *A. colubrina* (Vellozo) Brenan, *A. peregrina* (Lineau) Spegazzini e *A. falcata* (Bentham) Spegazzini, respectivamente (LORENZI, 2002a, 2002b; CARVALHO, 2003). Do ponto de vista da sucessão secundária, as espécies de angico do gênero *Anadenanthera* foram enquadradas por FERRETTI et al. (1995) no grupo ecológico das espécies secundárias (transição de secundária inicial para tardia), para fins de revegetação com espécies nativas no Estado de São Paulo.

Nas quatro espécies, o fruto é um folículo (vagem com uma única fenda longitudinal) achatado e deiscente, contendo sementes circulares, achatadas, sem asas, brilhantes e de coloração escura (marrom escura a preta), como caracterizaram LORENZI 2002a, 2002b e CARVALHO, 2003). Segundo LORENZI (2002a, 2002b), para obtenção das sementes, os frutos dessas espécies devem ser colhidos da árvore quando iniciarem a abertura espontânea e, em seguida, levados ao sol para completar a abertura e a liberação das sementes. As espécies secundárias ou oportunistas normalmente produzem sementes de curta longevidade natural e o armazenamento é

um tema prioritário para o desenvolvimento de pesquisas com sementes desse grupo ecológico (KAGEYAMA & VIANA, 1991; PIÑA-RODRIGUES & FIGLIOLIA, 1991).

As espécies estudadas neste trabalho foram *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul e *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul. As duas espécies são nativas do Brasil e apresentam importância econômica e ecológica, sendo recomendadas para a recuperação de áreas degradadas (DURIGAN et al., 1997; LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003).

A. peregrina var. *falcata* ocorre nos Estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, principalmente em áreas de cerrado; por isso é denominada popularmente de angico-do-cerrado (DURIGAN et al., 1997; LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003). GERAQUE (2005) ressaltou que a área original de cerrado no Estado de São Paulo era de 14%, a qual foi reduzida para apenas 1,14% segundo levantamento feito em 1992. Comentando o projeto de mapeamento coordenado pela Embrapa Cerrados, ROMERO (2007) relatou que o cerrado brasileiro perdeu 38,8% da vegetação nativa, sendo o Estado de São Paulo o mais castigado.

Por apresentar casca grossa, profundamente gretada e fissurada, é conhecida também por angico-cascudo (CARVALHO, 2003). A espécie ocorre também no cerradão e em outros tipos de vegetação. No cerrado é uma árvore de menor porte (até 16 m de altura), mas na floresta estacional semidecidual do Paraná pode atingir 25 m de altura (DURIGAN et al., 1997; LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003).

Em publicações menos recentes, foi denominada pela sinonímia *A. falcata* (Benth.) Speng., como por DURIGAN et al. (1997) e LORENZI (2002a). É uma espécie colonizadora, sendo comum na vegetação secundária, principalmente na fase de capoeirão; contudo, ocorre também em formações primárias (DURIGAN et al., 1997; LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003). Essa espécie é confundida ora com *Parapiptadenia rigida* (angico-gurucaia), ora com *A. colubrina* var. *cebil*, das quais pode ser separada facilmente pela casca externa (CARVALHO, 2003); além disso, as sementes de *P. rigida* apresentam expansão alada, são de formato retangular e de coloração clara (LORENZI, 2002a).

No Estado de São Paulo, *A. peregrina* var. *falcata* floresce de agosto a outubro e os frutos amadurecem em agosto e setembro do ano seguinte, segundo DURIGAN et

al. (1997); de acordo com CARVALHO (2003), nesse Estado o florescimento ocorre de setembro a novembro e os frutos amadurecem de agosto a novembro do ano seguinte.

A espécie tem potencial para uso em paisagismo, principalmente na arborização de avenidas, rodovias, parques e praças. Produz madeira apropriada para a construção civil, como viga, caibro, tábuas e tacos para assoalho, bem como para uso rural e em obras externas, como dormente, estaca, poste, viga e mourões de cerca; fornece lenha de excelente qualidade. A casca e o lenho possuem tanino, usado em curtume; produz um corante, extraído da casca, utilizado em tinturaria (DURIGAN et al., 1997; LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003).

A. colubrina var. *cebil* ocorre desde o Paraná até o Maranhão e nordeste do país, e também no Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás; é popularmente conhecida como angico-vermelho (LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003). Ocorre principalmente na floresta latifoliada estacional semidecídua, onde pode atingir 30 m de altura; ocorre também em outras formações vegetais, como no cerrado, cerradão e caatinga, onde apresenta menor porte, até 15 m de altura (DURIGAN et al., 1997; LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003).

Em publicações menos recentes, foi denominada por DURIGAN et al. (1997) e LORENZI (2002a) pela sinonímia *A. macrocarpa* (Benth.) Brenan. De acordo com CARVALHO (2003), a mudança de nome, por ser recente, ainda é pouco divulgada, não estando ainda bem assimilada pelo público. A casca externa apresenta muitas variações em sua morfologia, podendo ser quase lisa e clara até fissurada e escura (LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003). Segundo CORDEIRO & TROVÃO (2000), é considerada espécie em extinção na região do Cariri paraibano.

No Estado de São Paulo, *A. colubrina* var. *cebil* floresce de setembro a novembro (DURIGAN et al., 1997; CARVALHO, 2003) e os frutos amadurecem em agosto e setembro do ano seguinte, segundo DURIGAN et al. (1997), e de abril a outubro, de acordo com CARVALHO (2003).

Essa espécie também tem potencial para a arborização de parques, praças e rodovias; as flores são apícolas, a casca, a resina e as folhas são usadas em medicina caseira; a casca também é rica em tanino, utilizada pelos curtumes. Sua madeira pode

ser utilizada na construção civil, rural e naval; produz lenha e carvão de boa qualidade (DURIGAN et al., 1997; LORENZI, 2002a; CARVALHO, 2003).

2.2. Classificação das sementes quanto ao armazenamento

A conservação da biodiversidade pode ser feita *in situ*, nas áreas de conservação, e *ex situ*, como por meio do armazenamento das sementes. Quando a conservação *ex situ* é escolhida como estratégia para garantir a sobrevivência de uma espécie, é necessário conhecer o comportamento fisiológico das sementes durante o armazenamento. De acordo com HONG & ELLIS (1998) as sementes seguem, basicamente, três padrões quanto ao comportamento durante o armazenamento: ortodoxo, intermediário e recalcitrante.

ROBERTS (1973) denominou de ortodoxas as sementes cujo período de viabilidade pode ser aumentado com a redução do seu teor de água para 2 a 5% e da temperatura do ambiente de armazenamento, e de recalcitrantes as sementes que perdem a viabilidade ao terem o teor de água reduzido para um valor relativamente elevado (12 a 31%). Posteriormente, ELLIS et al. (1990a, 1991a, 1991b) constataram que sementes de algumas espécies suportaram secagem até cerca de 8 a 11% de água e as denominaram de intermediárias. Uma das principais características dessa categoria é que as sementes desidratadas são danificadas pela baixa temperatura.

As sementes ortodoxas apresentam padrão característico de desenvolvimento, havendo um período natural de secagem ao final da fase de maturação, com redução na concentração de compostos solúveis, elevação no acúmulo de compostos insolúveis e alterações no potencial de síntese dos tecidos embrionários sob o gerenciamento de substâncias reguladoras do crescimento. Como resultado, essas sementes são conduzidas a um estado de repouso metabólico (quiescência), não verificado em sementes recalcitrantes, que passam diretamente do desenvolvimento para a germinação (ALPERT & OLIVER, 2002).

As sementes no estado de quiescência resistem às condições adversas do ambiente e, de acordo com BEWLEY & BLACK (1994), na ausência de dormência e

quando expostas a condições adequadas, são capazes de retomar o metabolismo no processo de germinação.

Com base em experimentos desenvolvidos por mais de 10 anos com várias espécies, NAKAMURA (1975) classificou as sementes, em relação ao teor de água para o armazenamento, em três grupos: (a) sementes cuja viabilidade é mantida melhor em atmosfera úmida e baixa temperatura; (b) sementes cuja viabilidade é mantida melhor em umidade relativa do ar variando de 25 a 30%; (c) sementes cuja viabilidade é mantida melhor em umidade relativa inferior a 10%.

STANWOOD (1981) dividiu as sementes em três classes, em relação à criopreservação (congelamento na temperatura do nitrogênio líquido) como uma alternativa para a preservação a longo prazo: ortodoxas resistentes ao congelamento (não danificadas pela secagem), ortodoxas sensíveis ao congelamento e recalcitrantes (danificadas pela secagem). Sementes de mais de 140 espécies foram congeladas e reaquecidas sem danos em sua viabilidade ou no desenvolvimento subsequente da planta. As espécies agrícolas e hortícolas mais comuns possuem sementes ortodoxas resistentes ao congelamento.

BONNER (1990) propôs uma classificação para as sementes de espécies florestais, compreendendo quatro grupos: a) ortodoxas verdadeiras: sementes que toleram secagem abaixo de 10% de água e, quando submetidas a temperatura abaixo de zero, podem ser armazenadas por períodos relativamente longos, ou seja, durante 50 anos ou mais; b) sub-ortodoxas: sementes que podem ser armazenadas nas mesmas condições do grupo anterior, mas no máximo por seis anos; c) temperadas recalcitrantes: sementes sensíveis à secagem a baixo teor de água, mas que podem ser armazenadas por vários anos em temperatura próxima do congelamento; d) tropicais recalcitrantes: sementes que podem ser armazenadas em condições de alta umidade relativa e com troca de gases, porém, apresentam maior sensibilidade à secagem e à baixa temperatura.

2.3. Tipos de água nas sementes

Por serem altamente higroscópicas, as sementes maduras estão, constantemente, num processo dinâmico de troca com o ar circundante, ora ganhando e ora perdendo água. O teor de água das sementes, a uma dada temperatura e em equilíbrio com a umidade relativa do ar, é denominado de ponto de equilíbrio higroscópico. Esse equilíbrio se verifica quando deixa de existir o gradiente de umidade entre as sementes e o ar circundante (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A curva de equilíbrio de umidade da semente de determinada espécie, em função da umidade relativa do ar, em determinada temperatura, é uma sigmóide. Essa curva consiste na combinação de três linhas retas, de acordo com Rockland (1969), citado por CARVALHO & NAKAGAWA (2000): uma mostrando um aumento rápido na umidade de equilíbrio entre 0 e 25% de UR; outra apresentando um pequeno aumento entre 25 e 70% de UR; e a terceira apresentando novamente um rápido aumento entre 70 e 100% de UR.

Existem três tipos de retenção de água, relacionadas com cada linha da curva de umidade de equilíbrio: a) água monocamada ou de ligação, em que as moléculas de água estão ligadas a grupos iônicos, como os carboxílicos e aminos, apresentando-se como uma camada simples, em torno das macromoléculas; b) água multicamada, quimicamente ligada, ou água intermediária, em que as moléculas de água são ligadas pelo hidrogênio aos grupos hidroxílicos e amidas, e frouxamente ligada por diversas camadas sobre a monocamada; c) água livre, capilar ou de solução, que não está ligada diretamente às macromoléculas, sendo mantida ligada à água adsorvida por meio de forças capilares (Rockland, 1969, citado por CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Os estudos sobre as relações entre a água e as sementes destacaram, durante muitos anos, a existência de três formas de água nas sementes: a) água absorvida ou água livre, associada ao sistema coloidal da semente, por meio de forças capilares, ocupando espaços intercelulares e poros do material; b) água adsorvida, também considerada livre, porém, presa ao sistema graças à atração molecular, sendo retida por adesão de suas moléculas ao material sólido; c) água de constituição ou de

composição, unida quimicamente à substância adsorvente ou fazendo parte integrante dessa substância e removida apenas sob condições especiais (MARCOS FILHO et al., 1987).

Posteriormente, passou a ser enfatizado o conceito de água ligada, água presa ou água retida (*bound water*). Refere-se à água associada à superfície de macromoléculas (polissacarídeos, proteínas e ácidos nucleicos) e suficientemente estruturada, de modo que suas propriedades termodinâmicas seriam diferentes às da água livre; além disso, não seria congelável (MARCOS FILHO, 2005).

Considerando a mobilidade da água e as suas propriedades termodinâmicas, foram descritos três tipos de água ligada aos tecidos da semente: água tipo 1, quimicamente unida por ligações iônicas, não atuando como solvente; água tipo 2, condensada sobre sítios hidrofílicos de macromoléculas, exercendo papel de solvente e apresentando propriedades semelhantes às da água livre; água tipo 3, que estabelece pontes sobre os sítios hidrofóbicos de macromoléculas, exibindo propriedades da água livre (Vertucci & Leopold, 1984 e Leopold & Vertucci, 1989, citados por MARCOS FILHO, 2005).

A água presente nas sementes pode estar tanto na forma absorvida como adsorvida. Na forma absorvida, as forças atuantes são do tipo capilar, essencialmente físicas e de pequena intensidade; já na forma adsorvida, as forças que agem são de atração molecular, de maior intensidade e de naturezas física e química (CARVALHO, 1994). A água adsorvida corresponde à água presa, representando um grau mais profundo de união, de modo que as propriedades das moléculas do produto adsorvente (macromoléculas do sistema coloidal) e as da água se interagem, ficando diferentes de seus estados originais. Essa interação recebe a denominação geral de sorção e resulta tanto da entrada (adsorção) como da saída (desorção) de água das sementes (Hunt & Pixton, 1974 e Leopold & Vertucci, 1989, citados por CARVALHO, 1994).

Atualmente, os tipos ou formas de água nas sementes são identificados com base no potencial hídrico e no modo de ligação da água com as macromoléculas (Vertucci, 1993 e Vertucci & Farrant, 1995, citados por MARCOS FILHO, 2005). As propriedades superficiais das macromoléculas, especialmente das protéicas pelo

interesse fisiológico, são modificadas pela quantidade de água associada (VILLELA & MARCOS FILHO, 1988).

Considerando o modelo de múltiplos sítios de sorção de água na macromolécula, foram descritos cinco tipos de água nas sementes, com base em Vertucci (1993) e Vertucci & Farrant (1995), citados por MARCOS FILHO (2005): a) água tipo 1, remanescente em tecidos muito secos (teor de água inferior a 7,5%, base úmida), praticamente sem mobilidade; é considerada água estrutural, não apresenta propriedades de solvente e era considerada água de constituição; b) água tipo 2, quando as sementes são hidratadas a teor de água de 7,5 a 20,0%, exibindo potencial hídrico de -11 a -150 MPa; trata-se de água multicamada, passa a desempenhar o papel de solvente e a adquirir propriedades mais próximas às de seu estado livre; a energia de ligação da água tipo 2 é menor que a do tipo 1, mas ambas não são congeláveis; como as reações de deterioração não estão confinadas às regiões hidrofóbicas, vários constituintes celulares estão suscetíveis à degradação e, portanto, ocorrem reações catabólicas; no entanto, quando o teor de água é inferior a 10%, apresenta características vítreas e essas reações são reprimidas; c) água tipo 3, presente após a hidratação adicional dos tecidos a teor de água de 20 a 33%, sendo retida com tensões de -4 a -11 MPa; a deterioração é acelerada porque as reações são favorecidas e a água se torna congelável quando atinge níveis mais próximos do limite superior de hidratação; d) água tipo 4, correspondente às características de solução concentrada, ocupando espaços intercapilares entre as macromoléculas e não interagindo com sua superfície; está retida com tensões entre -2 e -4 MPa, correspondendo a teor de água entre 33 e 41%; são ativados a síntese de proteínas e de ácidos nucleicos, bem como os mecanismos de reparo de DNA, permitindo evolução em direção à germinação; e) água tipo 5, correspondente às características apresentadas por uma solução diluída; é observada com teor de água superior a 41%, está retida com tensões inferiores a -1,5 MPa e não está ligada às macromoléculas; é a água que antigamente denominava-se de água livre e a germinação se completa apenas quando essa água está presente.

As águas dos tipos 2 e 3 correspondem ao que se considerava água adsorvida, enquanto que as dos tipos 4 e 5 correspondem à água considerada absorvida. Deve ser

ênfatizado que a água ligada a macromoléculas é estruturada e não congelável. O citoplasma das células não umedecidas de organismos tolerantes à dessecação, como as sementes ortodoxas, encontra-se no estado vítreo, assegurando a permanência das sementes no estado quiescente por período de tempo prolongado (MARCOS FILHO, 2005).

2.4. Tolerância das sementes à secagem

O desenvolvimento da maioria das sementes pode ser dividido em três fases: histodiferenciação, expansão celular e secagem na maturação. Essas fases são características das sementes ortodoxas, nas quais a dessecação ocorre naturalmente, de forma programada, no final de seu desenvolvimento (KERMODE & FINCH-SAVAGE, 2002; CASTRO et al., 2004).

Geralmente as sementes não são capazes de tolerar a dessecação em todos os estádios de seu desenvolvimento. Essa tolerância é adquirida antes mesmo da secagem natural, sendo imposta progressivamente durante o processo de maturação. A aquisição da tolerância à dessecação pode ou não coincidir com o início da capacidade do embrião para germinar (BEWLEY & BLACK, 1994).

Durante o desenvolvimento das sementes ortodoxas, há uma fase de transição entre a intolerância e a tolerância à dessecação, cuja duração é influenciada diretamente pelas condições do ambiente. A intolerância se manifesta durante a fase de expansão celular e em grande parte do período de deposição de substâncias de reserva, que ocorre na fase de secagem pré-maturação. As sementes passam a tolerar significativamente a desidratação quando a maior parte dessas substâncias já foi depositada (Vertucci & Farrant, 1995, citados por MARCOS FILHO, 2005).

Na etapa final do processo de maturação das sementes ortodoxas, paralelamente à desidratação, ocorre a redução dos níveis de ácido abscísico e a organização do sistema de membranas. A partir da segunda metade do período de acúmulo de substâncias de reserva, as sementes adquirem a capacidade de tolerar a desidratação (MARCOS FILHO, 2005).

Existe uma associação entre a tolerância à dessecação e aspectos sistemáticos e ecológicos, bem como entre a semente e a estrutura do fruto. Vários fatores estão envolvidos na tolerância ou sensibilidade à dessecação, como o controle de reguladores de crescimento (principalmente o ácido abscísico), o acúmulo de proteínas no final da maturação, o balanço entre açúcares solúveis (principalmente sacarose, rafinose e estaquiose), a presença de radicais livres e as características da água na semente (BARBEDO & MARCOS FILHO, 1998).

Ainda pouco se conhece sobre a evolução da tolerância à dessecação. Sabe-se que ela envolve a interação entre ajustes metabólicos e estruturais e que a menor eficiência de qualquer um dos fatores envolvidos pode resultar na formação de sementes com diferentes níveis de tolerância (CARVALHO, 2000; KERMODE & FINCH-SAVAGE, 2002; MARCOS FILHO, 2005).

Após a maturidade fisiológica das sementes ortodoxas, o elemento essencial da conversão do estado de quiescência para o de germinação é a água e essa capacidade de recuperar as funções biológicas com a nova embebição, após a secagem, caracteriza a tolerância à dessecação. Essa tolerância contribui para a dispersão das sementes e permite que uma espécie sobreviva durante os períodos desfavoráveis para o crescimento da planta. A tolerância à dessecação é um processo complexo, envolvendo a expressão de vários genes em direção à atuação de mecanismos de proteção celular e à conseqüente redução do nível de danos a um mínimo aceitável. Ao mesmo tempo, essa proteção deve se estender até o momento em que a semente é exposta à embebição para a germinação (MARCOS FILHO, 2005).

2.5. Métodos de secagem

O processo de secagem das sementes compreende, segundo CARVALHO & NAKAGAWA (2000a), duas fases distintas: a primeira é a transferência da água da superfície das sementes para o ar circundante; a segunda consiste na transferência da água do interior para a superfície das sementes. Se essa movimentação ocorrer muito rapidamente, pode causar danos ao tegumento ou à própria semente.

Para os estudos de secagem e de armazenamento, a água que realmente interessa é a adsorvida (ligada, presa ou retida), ou seja, aquela que resultaria em teor de água dentro da faixa de 0 a 25% (Hunt & Pixton, 1974, citados por CARVALHO, 1994). Enquanto alguns autores deram ênfase ao teor de água até o qual as sementes devem ser secadas (ELLIS et al., 1989, 1990b; VERTUCCI & ROOS, 1990), existe pouca informação sobre como as sementes devem ser secadas.

2.5.1. Secagem em estufa

A secagem das sementes pode ocorrer de duas formas: natural e artificial (TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977; SILVA et al., 1993; CARVALHO, 1994). A secagem natural tem como fonte de calor o sol e como ventilação a movimentação natural do ar. Na secagem artificial podem ser utilizados vários métodos, entre os quais o da estufa, onde a circulação de ar e a temperatura são controladas, independentemente portanto das condições climáticas (SILVA et al., 1993).

A temperatura máxima para uma secagem segura depende da espécie, mas geralmente varia de 35 a 45 °C; quando as sementes já estão parcialmente secas, essa temperatura pode ser mais elevada (HARRINGTON, 1972). Para sementes florestais, geralmente a secagem tem sido efetuada em estufa com temperatura de 40 a 45 °C (CARNEIRO & AGUIAR, 1993).

Sementes de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) foram secadas em estufa a 40 ± 2 °C pelos períodos de 10, 17 e 25 h, obtendo-se teores de água de 12,9; 8,9 e 6,4%, respectivamente (CARVALHO et al., 1999). Não foram apresentados os valores iniciais de teor de água e de porcentagem de germinação, e após a secagem as sementes foram armazenadas por um ano. Nesse período, as sementes armazenadas com 12,9% de água perderam a germinabilidade, enquanto que as armazenadas com menores teores de água apresentaram de 60 a 70% de germinação. BARBEDO et al. (2002) submeteram sementes de *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) à secagem em estufas reguladas para 40 e 50 °C, reduzindo o teor de água até 8,0%, e não constataram efeito da temperatura de secagem sobre a germinação das sementes.

Contudo, para sementes sensíveis, esse método tem conduzido à rápida perda do poder germinativo e do vigor, principalmente quando o período de secagem é mais prolongado. Isso foi constatado por MIYASAKI & CÂNDIDO (1978) com sementes de *Tabebuia serratifolia* (ipê-amarelo) e por PINTO et al. (1986) com sementes de *Tabebuia avellanedae* (ipê-rosa). Da mesma forma, RAMOS (1980) verificou que períodos de secagem em estufa a 42 °C superiores a duas, três e quatro horas, reduziram a qualidade fisiológica das sementes de *Jacaranda micrantha* (caroba), *Parapiptadenia rigida* (angico) e *Tabebuia cassinoides* (caixeta), respectivamente.

Segundo TOLEDO & MARCOS FILHO (1977), a injúria às sementes, causada pela temperatura de secagem, varia com o teor de água: quanto mais elevado for o teor de água das sementes, mais baixa deve ser a temperatura de secagem. Geralmente, existe uma relação inversa entre o teor de água das sementes e a manutenção de sua viabilidade durante o armazenamento, ou seja, sementes com menor teor de água possuem melhor potencial de armazenamento (HARRINGTON, 1972).

Os métodos convencionais de secagem, como o de estufa, geralmente não reduzem o teor de água das sementes a níveis suficientes para que elas possam ser armazenadas a longo prazo (Justice & Bass, 1978, citados por HU et al., 1998).

2.5.2. Secagem em câmara seca

A secagem pode ser realizada em câmaras secas, que são utilizadas como ambiente de armazenamento. Trata-se de salas construídas com parede dupla de tijolos, com isopor entre as duas camadas e impermeabilizadas com produtos químicos para maior isolamento térmico e ao vapor d'água. A baixa umidade é mantida com a utilização de um aparelho desumidificador e pode ter a temperatura controlada por um condicionador de ar (CARNEIRO & AGUIAR, 1993).

A velocidade de secagem depende do teor de água inicial das sementes e das condições de temperatura e umidade relativa do ar (UR) da câmara. São normalmente reguladas para a temperatura de 10 a 25 °C e UR de 20 a 45% e o método se baseia no equilíbrio higroscópico estabelecido entre a umidade relativa do ar e o teor de água das sementes (CARNEIRO & AGUIAR, 1993; CARVALHO & NAKAGAWA, 2000a).

CUNHA et al. (1992) utilizaram uma câmara seca com 15% de umidade relativa do ar e temperatura regulada para 22 °C, para secar sementes de ipê para posterior armazenamento. Avaliações do teor de água das sementes foram feitas diariamente, durante o período de sete dias. As sementes de *Tabebuia ochraceae* (ipê-amarelo) tiveram o teor de água inicial de 9,8% reduzido para 4,1 a 5,7% e a capacidade germinativa variando entre 93 e 100%; as de *T. impetiginosa* (ipê-roxo) de 10,0 para 2,7 a 4,2% de água e a germinação inicial (59%) foi mantida após sete dias de secagem (63%); as de *T. avellanedae* (ipê-rosa) de 10,2 para 4,0 a 6,2% de água e a germinação inicial (70%) não diferiu da obtida após sete dias de secagem (65%).

MEDEIROS et al. (1992) desidrataram sementes de *Astronium urundeuva* (aroeira) com teor de água inicial de 11,7% em câmara de secagem com circulação de ar, a 25 °C e 15% de umidade relativa. Após 96 e 144 h de permanência na câmara, o teor de água das sementes foi reduzido para 6,2 e 6,1%, respectivamente. Não houve diferença significativa entre poder germinativo inicial (70%) e o obtido após a secagem (74%) das sementes.

CARVALHO & LEÃO (1995) submetem sementes de *Swietenia macrophylla* (mogno) com teor de água inicial de 27,7% a diferentes métodos de secagem: ao sol, em câmaras com 30 ± 1 °C e 40% UR e com 35 ± 1 °C e 35% UR e em sala com ar condicionado (23 ± 1 °C e 65 ± 3 % UR). O teor de água das sementes, após atingirem o equilíbrio higroscópico, foi de 5,6% para a sala com ar condicionado e de 2,8 a 3,8% para os demais ambientes. Após a secagem, as sementes mantiveram a capacidade germinativa inicial, que foi de 98%.

Trabalhando com *Tabebuia roseo-alba* (ipê-branco), DEGAN et al. (1997) desidrataram sementes com teor de água inicial de 21,9% em câmara seca com aproximadamente 40% de umidade relativa do ar e temperaturas de 34 °C (bulbo seco) e 23 °C (bulbo úmido) por 24 h. Após esse período, o teor de água das sementes foi reduzido para 4,0%. O poder germinativo inicial das sementes, que era de 57%, foi reduzido para 45% após a secagem. MARQUES (1997) reduziu com segurança o teor de água de sementes de *Tabebuia chrysotricha* mediante secagem em câmara seca com temperatura bulbo úmido igual a 23^oC, temperatura do bulbo seco igual a 34^oC e umidade relativa do ar a 40%, por 72 horas.

A fim de estudar a influência do teor de água e da conservação em bancos de germoplasma de sementes de *Bixa orellana* (urucum), EIRA & MELLO (1997) utilizaram câmara seca com 22 °C e 15% UR. Foram testados sete lotes de sementes colhidos na região de Brasília, cuja umidade relativa do ar na época de colheita era baixa (47% UR), por isso o teor de água inicial das sementes também foi baixo (5,9 a 9,9%). Após 72 horas (três dias) de secagem, o teor de água das sementes foi reduzido para a faixa de 5,2 a 7,6%. As sementes dessa espécie possuem dormência primária (tegumento impermeável à água) e a secagem aumentou a proporção de sementes duras.

MEDEIROS & ABREU (2003) avaliaram os efeitos da secagem sobre a viabilidade de embriões em sementes de *Ilex paraguariensis* (erva-mate). A testemunha, sem secagem, apresentou 68% de embriões viáveis. A secagem foi feita em câmara seca (14 °C e 32% UR) pelos períodos de 7, 28, 49 e 56 dias e a viabilidade foi determinada pelo teste de tetrazólio. Obteve-se, respectivamente, 69, 82, 87 e 74% de embriões viáveis, enquanto que o teor de água das sementes foi reduzido de 7,6 para 6,0%. Os autores concluíram que as sementes apresentam tolerância à dessecação e estão enquadradas no grupo das ortodoxas, possibilitando a realização de estudos visando a conservação a longo prazo da espécie.

2.5.3. Secagem sobre sílica gel

A sílica gel é o dessecante mais utilizado para a secagem de pequenas amostras de sementes mantidas em recipientes selados (PROBERT & HAY, 2000). Para estudar o comportamento de seis espécies da família Meliaceae durante o armazenamento, na Inglaterra, HONG & ELLIS (1998) desidrataram as sementes sobre sílica gel regularmente regenerada por secagem, a 20 °C, a fim de obterem teores de água inferiores a 8%. Em seus trabalhos realizados também na Inglaterra, visando estudar a relação entre o teor de água e a longevidade das sementes, ELLIS et al. (1989, 1990a, 1995) adotaram a secagem sobre sílica gel regularmente regenerada, a 20 °C, para ajustar o teor de água das sementes de várias espécies.

HU et al. (1998) verificaram, na China, que a sílica gel foi eficiente para secar sementes de oito espécies agrícolas a teores de água extremamente baixos. Ainda na

China, KONG & ZHANG (1998) constataram que a secagem das sementes de nove espécies de hortaliças a teores de água extremamente baixos, com o uso da sílica gel, não afetou a capacidade germinativa inicial e aumentou a longevidade das sementes quando o teor de água de cada espécie foi o mais adequado para o armazenamento.

No Brasil, LEÃO et al. (1995) submeteram sementes de *Swietenia macrophylla* (mogno) com teor de água inicial de 23,4% em sala com condicionador de ar (24 ± 1 °C e $68 \pm 3\%$ UR) por 6, 12, 24 e 48 h, reduzindo o teor de água das sementes para 15,3, 11,2, 7,7 e 6,2%, respectivamente. As sementes com menor teor de água (6,2%) foram mantidas em dessecadores contendo 1 kg de sílica gel durante 24 e 48 h, na mesma temperatura, reduzindo o teor de água para 2,9 e 2,4%, respectivamente. Os autores verificaram que a secagem não afetou a capacidade germinativa e o vigor das sementes de mogno.

SALOMÃO & SANTOS (1999) submeteram sementes de *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) com valores iniciais de 7,1% de água e 90% de germinação a secagem sobre sílica gel por 24, 48, 72, 96, 120, 144 e 168 h. Ao término da secagem (168 h), as sementes apresentaram 4,8% de água e 100% de germinação. Do mesmo modo, NOGUEIRA et al. (1999) submeteram sementes de *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca) com valores iniciais de 12,4% de água e 65% de germinação à secagem em dessecador contendo sílica gel, por 24, 48, 72, 96, 168, 216 e 264 h. Os autores constataram que as sementes são tolerantes à secagem, que atingiram 5,4% de água após 264 h de exposição à sílica gel e 99% de germinação.

WANDERLEY et al. (2001) utilizaram sílica gel na proporção de 1:10 (1 g de sementes para 10 g de sílica gel) para a dessecação de sementes de *Peltophorium dubium* (tamboril) com teor de água inicial de 10%. A capacidade germinativa inicial das sementes foi de 42% e o período de dessecação foi de 96 h, monitorado em intervalos de 24 h. No final desse período, o teor de água das sementes foi reduzido para 5,8% e a germinação aumentou para 71%. A maior porcentagem de germinação (96%) foi obtida com 72 h de dessecação, quando as sementes atingiram 6,5% de água. O coeficiente de correlação indicou uma forte associação entre o teor de água e a capacidade germinativa das sementes, ou seja, a porcentagem de germinação aumentou com a redução do teor de água das sementes.

Da mesma forma, NOGUEIRA et al. (2001) submeteram sementes de *Cedrela fissilis* (cedro) com teor de água inicial de 15,1% à secagem em um dessecador contendo sílica gel. Não foi informada a capacidade germinativa inicial das sementes. O período de secagem foi de 72 h e amostras foram retiradas a intervalos de 12 a 24 h para avaliação do teor de água e da porcentagem de germinação das sementes. O mais baixo teor de água (1,6%) foi obtido após 36 h de secagem, sem afetar a capacidade germinativa das sementes. Os autores concluíram que as sementes de cedro apresentam comportamento ortodoxo.

2.5.4. Secagem sobre soluções salinas saturadas

O controle da umidade relativa em pequenos espaços fechados, contendo soluções salinas saturadas, tem sido utilizado há muito tempo em pesquisas biológicas (WINSTON & BATES, 1960). De acordo com esses autores, as soluções mantêm constante a umidade relativa na atmosfera ao seu redor, porque qualquer solução aquosa de uma substância não volátil produz uma pressão de vapor d'água definida em determinada temperatura, quando a fase de vapor está em equilíbrio com o líquido. SUN (2002) relatou que em um recipiente fechado, uma solução salina saturada (com excesso de sal) produz uma pressão de vapor d'água constante, em uma determinada temperatura.

As soluções são preparadas, segundo WINSTON & BATES (1960), dissolvendo-se suficiente quantidade do sal em água fervendo, até a saturação, e adicionando-se pequena quantidade do sal depois da solução estar parcialmente fria. VERTUCCI & ROSS (1993) prepararam as soluções saturadas, em sua pesquisa, misturando água desionizada/destilada com o sal até formar uma pasta, não deixando ficar menos de 1 mm e mais de 2 a 3 mm da pasta em cima dos cristais do sal; foram feitas observações regulares, para assegurar que adequada quantidade de pasta fosse mantida. Recentemente, MEDEIROS (2006) detalhou o procedimento a ser adotado no preparo das 11 soluções salinas saturadas mais utilizadas no estudo das relações entre a umidade relativa do ar, a temperatura e o teor de água das sementes.

De acordo com WINSTON & BATES (1960), as soluções saturadas podem ser mantidas por longo período, sem alterar a umidade relativa. A temperatura do sistema deve ser mantida constante, embora alguns sais, como o cloreto de sódio, possam manter a umidade relativa constante em ampla faixa de temperatura. Os autores apresentaram algumas tabelas contendo a umidade relativa obtida com alguns sais, em determinadas temperaturas. Mais recentemente, VERTUCCI & ROOS (1993), SUN (2002) e MEDEIROS (2006) também apresentaram uma tabela contendo uma relação de sais e a umidade relativa obtida em diferentes temperaturas, para cada sal.

MEDEIROS (1996) e MEDEIROS et al. (1998) ajustaram diferentes teores de água de equilíbrio, antes de submeter sementes de *Astronium urundeuva* (aroeira) à deterioração controlada a 60 °C, mantendo amostras de sementes sobre soluções salinas saturadas preparadas com cinco sais. As sementes permaneceram por 12 dias a 6 °C sobre as soluções, obtendo-se teores de água que variaram de 6,0 a 15,6%.

Para estudar o comportamento fisiológico das sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilho) e de *Miconia cabucu* (pixiricão) em relação ao armazenamento, ABREU & MEDEIROS (2005a,b) utilizaram diferentes soluções salinas saturadas que proporcionaram diferentes umidades relativas do ar, no interior de dessecadores. Para as sementes de *S. commersoniana*, com teor de água inicial de 8,5%, foram utilizados cinco sais e os teores de água obtidos variaram de 2,3 a 17,3. Para as sementes de *M. cabucu*, com teor de água inicial de 12,5%, foram utilizados seis sais e os teores de água obtidos foram de 6,4 a 16,5%. Da mesma forma, CADDAH et al. (2005) mantiveram sementes de *Talauma ovata* (bagaçu) com teor de água inicial de 12,8% sobre soluções salinas saturadas de NaBr (Brometo de Sódio) e KAc (Acetato de Potássio), sendo o equilíbrio higroscópico estabelecido com 8,5% para NaBr e 6,5% para KAc. Nesses três trabalhos, os dessecadores contendo as soluções foram mantidos em sala com temperatura de 20 °C.

2.5.5. Secagem por liofilização

WOODSTOCK (1975) referiu-se à liofilização (freeze-drying) como um método alternativo para a secagem de sementes. Nos Estados Unidos da América,

WOODSTOCK et al. (1976) colocaram sementes de cebola, pimentão e salsa em um liofilizador (freeze-dryer), no qual as sementes foram submetidas ao congelamento seguido de secagem a vácuo. No vácuo, o teor de gelo das sementes é reduzido por sublimação; esse processo é endotérmico, requerendo pequena quantidade de calor para evaporar o gelo, sem passar pelo estado líquido. O teor de água das sementes foi reduzido com segurança a níveis inferiores aos usualmente alcançados pelos métodos convencionais de secagem.

Na China, sementes de oito espécies agrícolas com teor de água inicial de 4,4 a 10,8%, dependendo da espécie, foram eficientemente secadas por liofilização a níveis extremamente baixos, sem afetar a capacidade germinativa (HU et al., 1998). Nesse mesmo país, sementes de nove espécies de hortaliças com teor de água inicial de 5,2 a 12,0%, também dependendo da espécie, tiveram o teor de água reduzido pela liofilização, sem afetar a germinabilidade (KONG & ZHANG, 1998).

AYROSA (2004) definiu liofilização como um processo de desidratação, no qual materiais freqüentemente de origem biológica são previamente congelados e a seguir a quantidade de solvente (geralmente água) é reduzida, primeiro por sublimação e depois por desorção, para valores tais que impedem atividade biológica e reações químicas. Em seu trabalho, a autora mostra um diagrama das fases da água, que representam papel fundamental na liofilização. Trata-se de uma representação gráfica das propriedades da água em termos de duas variáveis: temperatura e pressão. O diagrama mostra as regiões onde as fases sólida, líquida e vapor da água estão presentes e a interseção das três linhas (ponto triplo) ocorre a 0,0098 °C e 0,06 atm. Fornecendo calor ao material a ser liofilizado, em condições abaixo do ponto triplo, a água contida nesse produto passará diretamente do estado sólido para o de vapor, sublimando. A autora salienta que a temperatura do produto congelado deve ser mantida bem abaixo de 0 °C.

A liofilização vem sendo utilizada há muito tempo na área de produtos farmacêuticos e na conservação de substâncias biológicas, principalmente alimentos (NATALE & CARVALHO, 1983; Harper & Tappel, 1957, citados por FIGLIOLIA et al., 1986/88; AYROSA, 2004). Em alguns trabalhos realizados com sementes, estas foram submetidas a um congelamento prévio antes de serem colocadas no liofilizador, como

procederam WOODSTOCK et al. (1976), NATALE & CARVALHO (1983) e HU et al. (1998).

Nenhum trabalho realizado no exterior com sementes florestais foi encontrado na consulta bibliográfica. No Brasil, a liofilização foi testada para desidratar sementes de espécies florestais nativas, com base no conceito de que as sementes liofilizadas e acondicionadas em embalagem impermeável podem ser armazenadas em ambiente não controlado (CARNEIRO & AGUIAR, 1993). O primeiro trabalho foi desenvolvido por NATALE & CARVALHO (1983) com sementes de *Tabebuia* sp (ipê-roxo). Os autores envolveram as embalagens (frascos de vidro) em papel alumínio, com base em uma literatura específica de alimentos, segundo a qual o material liofilizado se deteriora na presença de luz. A liofilização reduziu o teor de água das sementes de 11,0 para 5,1%.

Posteriormente, a eficiência da liofilização na secagem das sementes foi constatada por FIGLIOLIA et al. (1986), que reduziu o teor de água das sementes de *Pinus elliotii* var. *elliotii* de 13,4 para 4,0% e de *P. caribaea* var. *hondurensis* de 12,3 para 4,5% e por FIGLIOLIA et al. (1986/88), com sementes de cinco espécies florestais nativas: *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco), *Cedrela fissilis* (cedro-rosa), *Esenbeckia leiocarpa* (guarantã), *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho) e *Tabebuia vellosi* (ipê-amarelo). O teor de água inicial das sementes variou de 7,0 a 9,1% (dependendo da espécie) e foi reduzido para 2,3 a 7,5% com a liofilização.

Da mesma forma, AGUIAR & FIGLIOLIA (1991) reduziram o teor de água das sementes de *Bauhinia variegata* var. *variegata* (bauínia-rósea) de 12,0 para 6,2%, SILVA et al. (1992) das sementes de *Galesia gorarema* (pau-d'alho) de 10,6 para 3,8%, DEGAN et al. (1997) das sementes de *Tabebuia roseo-alba* (ipê-branco) de 21,0 para 3,7%, NOGUEIRA et al. (1999) das sementes de *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca) de 12,4 para 6,9% e SILVA et al. (2001) das sementes de *Tabebuia heterophylla* (ipê-rosa) de 5,9 para 3,4%, com a liofilização.

2.6. Hidratação das sementes

O processo germinativo de uma semente, ou seja, a saída de seu estado de quiescência, parte da hidratação e absorção de água seguindo uma seqüência de três

etapas principais: embebição, processos bioquímico e reparatório e emergência propriamente dita (BEWLEY & BLACK, 1994; MARCOS FILHO, 2005).

Durante a germinação das sementes, a absorção de água apresenta um padrão trifásico: hidratação rápida (Fase I), uma fase estacionária (Fase II) e outra fase de hidratação rápida, marcada pela emergência da raiz primária (Fase III). A duração de cada fase depende de certas características das sementes (conteúdo de substâncias hidratáveis, permeabilidade da testa, tamanho da semente e absorção de oxigênio) e das condições durante a exposição das sementes à água (temperatura, substrato e disponibilidade de água), conforme Bewley & Black (1978) e Vertucci (1989), citados por REIS (1995).

A embebição é identificada como a primeira fase da absorção e é considerada um processo físico, em consequência das forças matriciais das sementes e da disponibilidade de água. Ela ocorre de forma gradativa, sendo que cada parte constituinte da semente absorve água de forma distinta (MARCOS FILHO, 2005).

As injúrias provocadas pela embebição podem se manifestar durante a fase de hidratação. Quando a absorção de água pelas sementes que foram submetidas à secagem ocorre de forma rápida, ela pode ser prejudicial à sua qualidade fisiológica (NUTILE, 1964; BASS, 1975; CARVALHO, 2000).

A velocidade de absorção de água pelas sementes é condicionada por uma série de fatores como a composição química da semente, a permeabilidade do tegumento à água, a disponibilidade de água no estado líquido ou gasoso, a temperatura, a pressão osmótica da água ou da solução que umedece o substrato, o teor de água inicial e a qualidade fisiológica da semente. À medida que as sementes se hidratam, principalmente quando elas se encontram muito secas, a velocidade de embebição pode exercer papel fundamental no processo reparatório (ROSSETTO et al., 1995; KERMODE & FINCH-SAVAGE, 2002).

Já a sensibilidade da semente ao estresse durante a embebição é controlada por três fatores: conteúdo de umidade inicial das sementes, temperatura e velocidade de absorção de água. A interação entre esses fatores exerce efeito significativo sobre o vigor das plantas que se desenvolvem a partir dessas sementes (REIS, 1995; MARCOS FILHO, 2005).

Foi possível elucidar os danos causados durante a embebição apenas quando as membranas celulares foram colocadas como as principais responsáveis pelo controle da entrada de água em sementes secas. Esse controle está intimamente ligado à velocidade com que a água é fornecida às sementes (ALPERT & OLIVER, 2002; MARCOS FILHO, 2005).

Diferenças acentuadas entre os potenciais hídricos das sementes e do substrato podem acarretar sérios danos, devido à entrada muito rápida de água nas sementes, especialmente nas menos vigorosas. Sementes com teor de água inferior a 11% são mais sensíveis a essas injúrias durante a embebição e os danos em sementes secas são atenuados quando a embebição é lenta (MARCOS FILHO, 2005).

O período necessário para que as sementes entrem em equilíbrio com a umidade relativa do ar é suficiente para que ocorram problemas como condensação de água sobre as sementes, ocasionando germinação indesejável, proliferação de microrganismos e aceleração do processo de envelhecimento, que acompanham o aumento do teor de água. Porém, esses problemas podem ser minimizados com a adoção de temperaturas mais baixas e estáveis (ROSSETTO et al., 1995; KERMODE & FINCH-SAVAGE, 2002).

Os danos causados pela embebição podem ser evitados por métodos de hidratação controlada, entre os quais se destacam: (1) absorção de vapor d'água de atmosfera com elevada umidade relativa, (2) embebição em substrato umedecido e (3) imersão direta em água. Durante a hidratação controlada, as atividades metabólicas pré-germinativas que ocorrem resultam na melhoria da qualidade da semente. A protrusão da radícula pode ser evitada pela exposição das sementes a temperatura inferior à necessária para a germinação (REIS, 1995; MARCOS FILHO, 2005).

A exposição à alta umidade relativa pelo método da atmosfera úmida é baseada na troca de vapor d'água entre as sementes e o ar atmosférico no interior de caixas plásticas, sob temperatura controlada. Esse procedimento promove um umedecimento lento, reduzindo a ocorrência de danos às sementes com baixo teor de água causados pelo contato direto com a solução utilizada no teste de germinação. O equilíbrio higroscópico é atingido em período de tempo que pode variar de acordo com o teor de água inicial das sementes e o teor de água final desejado e também de acordo com a

umidade do ar, a temperatura, a composição química e o potencial fisiológico da semente (ROSSETTO et al., 1995; MARCOS FILHO, 2005).

2.7. Armazenamento das sementes

As sementes geralmente apresentam, por ocasião da maturidade fisiológica, a máxima qualidade em termos de massa seca, germinação e vigor; a partir desse momento, pode ocorrer queda progressiva da qualidade das sementes, pelo processo de deterioração. Algumas espécies florestais apresentam produção irregular de sementes, sendo abundante em determinado ano e escassa ou inexistente em outros; assim, o armazenamento torna-se necessário para garantir a demanda anual de sementes, disponibilizando o estoque para os anos de baixa produção (CARNEIRO & AGUIAR, 1993). O armazenamento deve manter o poder germinativo e o vigor das sementes por períodos que dependem do interesse em conservar as sementes por curto, médio e longos prazos (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000*b*).

Vários são os fatores que influenciam a manutenção da qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento, como longevidade natural, composição química, qualidade inicial e teor de água das sementes, embalagem de acondicionamento, temperatura e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento e período de armazenamento desejado. Esses fatores foram abordados por diversos autores como HARRINGTON (1972), POPINIGIS (1985), CARNEIRO & AGUIAR (1993), CARVALHO & NAKAGAWA (2000*b*), PROBERT & HAY (2000) e MARCOS FILHO (2005), entre outros.

O armazenamento a curto prazo é realizado para conservar a qualidade das sementes entre os períodos da colheita e da semeadura (HARRINGTON, 1972). A médio prazo o armazenamento tem por objetivo garantir a demanda anual de sementes, possibilitando o estoque para os anos de baixa produção (CARNEIRO & AGUIAR, 1993). Nesses dois casos, as sementes ortodoxas podem ser acondicionadas em embalagem permeável e armazenadas em câmara seca ou acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em câmara fria. Essas duas condições de

armazenamento compreendem temperatura superior a zero (CARNEIRO & AGUIAR, 1993).

2.7.1. Armazenamento de sementes liofilizadas

Como foi mencionado no item 2.5.5, a liofilização foi utilizada no Brasil para armazenar sementes liofilizadas em ambiente não controlado. Nesse sentido, NATALE & CARVALHO (1983) reduziram o teor de água das sementes de *Tabebuia* sp (ipê-roxo) de 11,0 para 5,1% e as acondicionaram em frascos de vidro vedados com parafina para obter perfeita vedação. Os frascos contendo as sementes foram envolvidos em papel alumínio, para evitar a influência da luz, e armazenados por 12 meses em sala de laboratório (sem controle da temperatura e da umidade relativa do ar). As sementes não liofilizadas não germinaram após quatro meses de armazenamento, enquanto que as liofilizadas mantiveram o poder germinativo durante todo o período de armazenamento.

Três trabalhos foram realizados no Brasil, com liofilização de sementes de espécies exóticas. O primeiro foi conduzido por FIGLIOLIA et al. (1986) com sementes de *Pinus elliotii* var. *elliotii* e *P. caribaea* var. *hondurensis*. O teor de água das sementes da primeira espécie foi reduzido de 13,4 para 4,0% e o da segunda de 12,3 para 4,5% de água. Da mesma forma que o trabalho anterior, as sementes liofilizadas e não liofilizadas foram acondicionadas em frascos de vidro hermeticamente fechados, envolvidos em papel alumínio, e armazenadas por 520 dias em sala de laboratório. As sementes liofilizadas de *P. elliotii* var. *elliotii* mantiveram elevada capacidade germinativa até 450 dias, enquanto que as não liofilizadas apresentaram redução acentuada na germinação após 120 dias. As sementes liofilizadas de *P. caribaea* var. *hondurensis* germinaram em elevada porcentagem até 360 dias, enquanto que as não liofilizadas germinaram em baixa porcentagem após 240 dias de armazenamento.

No segundo trabalho conduzido com espécie exótica, AGUIAR & FIGLIOLIA (1991) reduziram o teor de água das sementes de *Bauhinia variegata* var. *variegata* (bauínia-rósea) de 12,5 para 6,2% com a liofilização. As sementes liofilizadas foram acondicionadas em sacos de polietileno envolvidos com papel alumínio e armazenadas

em sala de laboratório (condições não controladas) e em geladeira. As sementes não liofilizadas foram acondicionadas em sacos de papel para o armazenamento em sala de laboratório e em sacos de polietileno para o armazenamento em geladeira. As sementes permaneceram armazenadas nessas condições durante 90 dias, sendo depois submetidas ao envelhecimento precoce (45 °C e 100% UR por 32 h) a fim de estimar o potencial de armazenamento das sementes. Os resultados mostraram que as sementes liofilizadas podem ser conservadas em sala de laboratório tão bem quanto as não liofilizadas na geladeira.

No terceiro trabalho, realizado por SILVA et al. (2001), sementes liofilizadas e não liofilizadas de *Tabebuia heterophylla* (ipê-rosa) foram acondicionadas em embalagem impermeável (saco confeccionado com lâmina de papel/polietileno/alumínio/polietileno) e termosoldada. O armazenamento das sementes foi feito em sala de laboratório (condições não controladas), câmara seca (21 °C e 45% UR) e câmara fria (5 °C e 90% UR) por 489 dias. O poder germinativo e o índice de velocidade de germinação foram avaliados periodicamente. Os resultados mostraram que a liofilização foi eficiente para conservar as sementes nos ambientes não controlado e de câmara seca, mas desnecessária para o armazenamento em câmara fria. As sementes não liofilizadas, armazenadas na câmara fria, conservaram melhor sua qualidade fisiológica do que as liofilizadas armazenadas na sala de laboratório e na câmara seca.

Os demais trabalhos com liofilização de sementes florestais foram conduzidos com espécies nativas do Brasil. FIGLIOLIA et al. (1986/88) reduziu o teor de água das sementes de cinco espécies, pela liofilização. As sementes liofilizadas e não liofilizadas foram acondicionadas em frascos de vidro hermeticamente fechados, envolvidos em papel alumínio e armazenadas em sala de laboratório por 520 dias para *Cedrela fissilis* (cedro-rosa), *Esenbeckia leiocarpa* (guarantã) e *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho) e 600 dias para *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco) e *Tabebuia vellosi* (ipê-amarelo). Periodicamente foi avaliado o poder germinativo das sementes armazenadas.

As sementes liofilizadas de jequitibá-branco mantiveram a germinação inicial (em torno de 70%) por 420 dias, enquanto a queda da germinabilidade das sementes não

liofilizadas foi mais acentuada até 330 dias e aos 420 dias apenas 9% das sementes germinaram. As sementes liofilizadas de cedro-rosa germinaram em elevada porcentagem (70 a 97%) até 480 dias, ao passo que as não liofilizadas apresentaram germinação nula a partir de 210 dias. Para as sementes de ipê-amarelo, as sementes não liofilizadas apresentaram germinação nula a partir de 120 dias e as liofilizadas mantiveram elevada germinação (60 a 76%) durante 420 dias. Em duas espécies não houve muita diferença entre as sementes liofilizadas e não liofilizadas. Para as sementes de angico-vermelho, houve decréscimo da capacidade germinativa nos dois tratamentos, mas para as sementes não liofilizadas a redução foi mais acentuada; para as sementes de guarantã, tanto as sementes liofilizadas como as não liofilizadas mantiveram o poder germinativo até 420 dias. Verifica-se, portanto, que o efeito benéfico da liofilização não é regra geral e que alguns fatores podem estar envolvidos em sua eficiência.

No trabalho desenvolvido por SILVA et al. (1992) com *Gallesia gorarema* (pau-d'alho), as sementes liofilizadas e não liofilizadas também foram acondicionadas em frascos de vidro hermeticamente fechados e envolvidos em papel alumínio. As sementes foram armazenadas em sala de laboratório (condições não controladas) por 210 dias, sendo o poder germinativo avaliado periodicamente em germinador e em viveiro. Nos dois casos, as sementes liofilizadas mantiveram a germinação inicial durante todo o período de armazenamento, enquanto que as não liofilizadas praticamente não germinaram após 90 dias de armazenamento.

No trabalho desenvolvido por DEGAN et al. (2001), a liofilização reduziu o teor de água das sementes de *Tabebuia roseo-alba* (ipê-branco) de 21,9 para 3,7%. As sementes liofilizadas foram acondicionadas em saco de polietileno envolvido por uma folha de alumínio, colocado dentro de outro saco de polietileno, que foi termosoldado. A seguir, as sementes foram armazenadas em sala de laboratório (condições não controladas), câmara seca (sem controle da temperatura e com 40% UR) e câmara fria (10 °C e 86% UR). A capacidade germinativa das sementes foi avaliada periodicamente, até 300 dias. Nesse experimento não foi inserida uma testemunha, representada pelas sementes não liofilizadas. Na sala de laboratório, as sementes mantiveram a capacidade germinativa por apenas 30 dias; na câmara seca por 90 dias

e na câmara fria durante todo o período de armazenamento. Assim, nesse trabalho a liofilização não foi eficiente para conservar as sementes dessa espécie em ambiente não controlado.

2.7.2. Armazenamento em temperatura inferior a zero

Para o armazenamento a longo prazo, adotado em bancos de germoplasma, a viabilidade das sementes deve ser mantida pelo maior período de tempo possível (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000b), exigindo menor teor de água das sementes e menor temperatura do ambiente de armazenamento. O International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) foi fundado em 1974 e uma de suas primeiras providências foi recomendar, para a conservação de recursos genéticos a longo prazo, o acondicionamento de sementes ortodoxas com teor de água de $5 \pm 1\%$ em embalagem hermética e armazenamento na temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou menos. Posteriormente, a Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) e o International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) decidiram ampliar a faixa de teor de água para 3 a 7%, dependendo da espécie (ELLIS et al., 1996).

No Brasil, para a conservação a médio prazo, em bancos de germoplasma, geralmente é utilizada a temperatura de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para as sementes intolerantes ao congelamento (EIRA & MELLO, 1997). Para as sementes ortodoxas, que toleram a secagem e o congelamento, as sementes são armazenadas a -20°C (EIRA & MELLO, 1997; SALOMÃO, 2002). O acondicionamento das sementes é feito em embalagem hermética. Muitos trabalhos têm sido realizados nessa linha de pesquisa, a fim de classificar as sementes de acordo com o comportamento fisiológico durante o armazenamento.

Nesse sentido, CUNHA et al. (1992) secaram sementes de *Tabebuia ochraceae* (ipê-amarelo), *T. impetiginosa* (ipê-roxo) e *T. avellanedae* (ipê-rosa) em câmara seca por até sete dias, em intervalo de um dia, com valores iniciais de teor de água variando de 9,8 a 10,2% e capacidade germinativa de 59 a 100%, dependendo da espécie. O período de 24 h foi suficiente para reduzir pela metade o teor de água das sementes e as sementes de ipê-roxo perderam mais água do que as outras duas espécies.

Sementes provenientes de cada período de secagem foram acondicionadas hermeticamente em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-20°C), sendo que cada período de secagem correspondeu a igual período de armazenamento. Outro lote de sementes das três espécies, não submetido à secagem, foi também armazenado no freezer pelos mesmos períodos. Em todos os tratamentos a capacidade germinativa das sementes foi mantida, levando os autores a concluir que as sementes dessas espécies são ortodoxas e podem ser armazenadas a longo prazo em banco de germoplasma a -20 °C, desde que o teor de água das sementes seja inferior a 10%.

Complementando esse trabalho, MELLO & EIRA (1995) acondicionaram sementes dessas três espécies, além de *Tabebuia roseo-alba* (ipê-branco), em embalagens permeável (saco de papel kraft) e armazenadas em ambiente de laboratório, bem como impermeável (trifoliada, com lâminas de papel/alumínio/polietileno) e armazenadas em freezer a -20 °C. O teor de água inicial das sementes de ipê-roxo e ipê-rosa encontrava-se em torno de 7%, enquanto que as de ipê-amarelo e ipê-branco era de aproximadamente 9%. A capacidade germinativa inicial das sementes de ipê-amarelo foi de 100% e a das demais espécies variou em torno de 50%, e foi avaliada a cada seis meses, até dois anos. As sementes armazenadas em condições não controladas se conservaram por apenas seis meses, enquanto que a -20 °C a capacidade germinativa das sementes foi mantida durante todo o período de armazenamento. Esses resultados confirmaram os obtidos no trabalho anterior, mostrando que as sementes dessas quatro espécies do gênero *Tabebuia* são ortodoxas e podem ser conservadas a longo prazo com 7 a 9% de água, a -20 °C.

LEÃO et al. (1995) armazenaram sementes de *Swietenia macrophylla* (mogno) com 2,4% de água, obtido após secagem em sala com ar condicionado (24 ± 1 °C e 68 ± 3%UR) seguida de permanência em dessecador contendo sílica gel. As sementes foram armazenadas a -18 °C por 30 dias, sem comprometimento do poder germinativo e do vigor. Os autores concluíram que as sementes de mogno apresentam comportamento ortodoxo, por terem suportado a secagem e o congelamento.

CARVALHO et al. (1999) acondicionaram sementes de *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) com teores de água de 12,9, 8,9 e 6,4% em sacos de polietileno

semipermeável e as armazenaram por um ano em câmara fria (6 °C e 80% UR) e em freezer (-18 °C). As sementes armazenadas com 12,9% de água perderam a germinabilidade, enquanto que as armazenadas com 6,4 e 8,9% de água apresentaram germinação de 60 a 74% nos dois ambientes testados. Os autores classificaram as sementes dessa espécie como ortodoxas.

Sementes de *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) com valores iniciais de 7,1% de água e 90% de germinação foram submetidas à secagem sobre sílica gel por períodos que variaram de 24 a 168 h (SALOMÃO & SANTOS, 1999). Após cada período de secagem, as sementes foram congeladas a -20 °C por sete dias. As sementes submetidas a 168 h de secagem apresentaram 4,8% de água e após o congelamento a capacidade germinativa foi de 99%. Esses resultados levaram os autores a concluir que as sementes de jacarandá-da-bahia apresentam comportamento ortodoxo para fins de conservação.

Recentemente, CARVALHO et al. (2006) procuraram classificar sementes de 39 espécies florestais quanto ao comportamento durante o armazenamento e verificar a relação com a classificação quanto ao grupo ecológico. Foram estudadas 39 espécies presentes em remanescentes de matas ciliares da bacia do Alto e Médio Rio Grande, MG. Após a secagem, as sementes foram acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas durante 90 dias a 5 °C e a -18 °C. Antes e após o armazenamento, foram determinados o teor de água e a capacidade germinativa das sementes. Foram classificadas como ortodoxas 17 espécies pertencentes ao grupo ecológico das pioneiras, clímax exigentes de luz ou clímax tolerantes à sombra; e como recalcitrantes cinco espécies pertencentes ao grupo ecológico das clímax tolerantes à sombra ou clímax exigentes de luz. As espécies que apresentaram redução ou ausência total de germinação, aparentemente devido à dormência, não foram classificadas quanto ao comportamento no armazenamento.

Contudo, nas temperaturas de -18 e -20 °C o metabolismo das sementes ainda ocorre e a sua viabilidade pode ser reduzida (STANWOOD & BASS, 1981). Segundo esses autores, com a criopreservação todas as fontes de deterioração são grandemente reduzidas ou mesmo cessadas. A criopreservação consiste na preservação a -196 °C, que é a temperatura do nitrogênio líquido (LN₂); nessa

temperatura, todos os processos metabólicos das sementes são essencialmente paralisados, proporcionando assim uma preservação infinita. Se uma amostra de sementes pode ser congelada em nitrogênio líquido e descongelada sem danos, o armazenamento por dias, semanas, anos ou séculos não deverá causar alteração em sua viabilidade (Stanwood, 1985, citado por REIS & CUNHA, 1997).

STANWOOD & ROOS (1979) acondicionaram sementes de 16 espécies (14 olerícolas e duas ornamentais) em embalagem de papel, que foram imersas em nitrogênio líquido por 180 dias, sem efeitos danosos à germinação. Do mesmo modo, sementes de 29 espécies vegetais foram acondicionadas em embalagem de papel e imersas no nitrogênio líquido também por 180 dias (STANWOOD, 1980). Das espécies estudadas, 27 foram descongeladas sem redução da capacidade germinativa. STYLES et al. (1982) compararam a germinação de sementes de 24 espécies armazenadas por 600 dias em nitrogênio líquido, com as armazenadas pelo mesmo período a 5 °C. As sementes foram acondicionadas em embalagem impermeável (alumínio) para a imersão em nitrogênio líquido e as sementes armazenadas a 5 °C foram mantidas em recipientes herméticos contendo sílica gel. Não foi constatada diferença na capacidade germinativa das sementes após o armazenamento nos dois ambientes. Os autores salientaram as vantagens do armazenamento das sementes em nitrogênio líquido, sobre os métodos convencionais: ausência do controle da temperatura e da umidade relativa; proteção contra pragas e doenças; preservação infinita com pouca ou nenhuma alteração genética.

Os primeiros trabalhos sobre criopreservação de sementes de espécies florestais nativas do Brasil foram desenvolvido por MEDEIROS & CAVALLARI (1992) e MEDEIROS et al. (1992) com *Astronum urundeuva* (aroeira). No primeiro trabalho, os autores apresentaram os resultados obtidos após a permanência das sementes por apenas 15 dias no nitrogênio líquido. No segundo trabalho, os autores desidrataram sementes com valores iniciais de 11,7% de água e 70% de germinação para aproximadamente 6,0% de água, obtendo 74% de germinação. As sementes desidratadas foram acondicionadas em embalagem hermética trifoliada (papel/alumínio/polietileno), colocadas em “canisters” de aço inoxidável e lentamente imersas no nitrogênio líquido, a -196 °C. A capacidade germinativa das sementes foi

avaliada após 30, 90 e 150 dias de permanência no botijão contendo nitrogênio líquido. As sementes mantiveram a capacidade germinativa durante todo o período de armazenamento e os autores concluíram que a criopreservação é um método promissor para a conservação das sementes dessa espécie em bancos de germoplasma e que as sementes devem ser desidratadas a 6,0% de água.

Posteriormente, MEDEIROS (1996) e MEDEIROS et al. (1998) confirmaram que as sementes de aroeira possuem um comportamento fisiológico fortemente ortodoxo, podendo ser desidratadas e conservadas em baixa temperatura, inclusive em nitrogênio líquido. Os autores utilizaram a equação de viabilidade com a temperatura de -20 °C e teor de água de equilíbrio em ambiente a 15 °C e 15% UR e determinaram a previsão de longevidade das sementes, que foi de 1.208 anos.

SADER & MEDEIROS (1993) verificaram que as sementes de *Spondias tuberosa* (umbuzeiro) também são ortodoxas e que a criopreservação é indicada para a conservação a longo prazo das sementes. Os autores constataram que sementes desidratadas dessa espécie apresentaram elevada germinação após congelamento por 24 h em nitrogênio líquido. SALOMÃO (1995) também verificou que as sementes de *Ziziphus joazeiro* (joazeiro), consideradas tolerantes à dessecação, sobreviveram após congelamento em nitrogênio líquido. Após a extração, as sementes foram secadas em ambiente normal de laboratório por dois dias e a seguir acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas no mesmo ambiente por sete meses. Após esse período, as sementes foram acondicionadas em tubos criogênicos de plástico, selados, e imersas diretamente no nitrogênio líquido por 24 h. Depois disso, as sementes foram lentamente descongeladas por três horas em ambiente normal de laboratório. Foi constatado considerável aumento na porcentagem e na velocidade de germinação das sementes congeladas, em comparação com as não congeladas.

SALOMÃO & MUNDIN (1997a) avaliaram a influência do teor de água para fins de criopreservação de sementes de 11 espécies arbóreas: *Amburana cearensis* (cerejeira), *Aspidosperma discolor* (carapanaúba), *A. parvifolium* (guatambu), *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves), *Schinopsis brasiliensis* (braúna), *Jacaranda cuspidifolia* (caroba), *Tabebuia caraíba* (craibeira), *T. impetiginosa* (ipê-roxo), *T. ochracea* (ipê-amarelo), *T. serratifolia* (ipê-amarelo) e *Magonia pubescens* (tingui). As sementes foram

congeladas a -196 °C por zero (testemunha) e 24 h, com teor de água inicial baixo (5,0 a 8,5%) e após reidratação a 25 °C e 90% UR por 24 h, elevando o teor de água para 7,1 a 22,6%, dependendo da espécie. Todos os tratamentos aumentaram significativamente a germinação das sementes de braúna. A reidratação seguida da exposição à temperatura criogênica comprometeu sensivelmente o poder germinativo das sementes de craibeira e ipê-amarelo (*T. ochracea*). Para as sementes das demais espécies, não houve diferença significativa entre os resultados obtidos antes e após a reidratação e à exposição ao nitrogênio líquido. Os autores concluíram que embora as sementes estudadas tenham comportamento ortodoxo, o limite superior crítico de umidade variou entre as espécies e constituiu um fator determinante na manutenção da integridade fisiológica das sementes durante a criopreservação.

Uma das espécies utilizadas no trabalho anterior foi estudada com maior detalhe por SALOMÃO & MUNDIN (1997b). Sementes de nove lotes de *Astronium fraxinifolium* (gonçalo-alves) com valores iniciais médios de 9,6% de água e 94% de germinação foram acondicionadas em sacos plásticos e imersas diretamente em nitrogênio líquido. O poder germinativo das sementes foi monitorado no início do armazenamento e após 6 e 12 meses. Após seis meses de armazenamento, a capacidade germinativa média foi reduzida para 87% devida à elevada incidência de *Aspergillus niger* nas sementes de seis lotes. Contudo, esses valores não diferiram significativamente daqueles observados no início e após 12 meses de armazenamento, cuja germinação média foi de 92%. Os autores concluíram que a criopreservação é uma alternativa promissora para a conservação a longo prazo de germoplasma-semente dessa espécie, independente da procedência.

NOGUEIRA et al. (1999) estudaram os efeitos da secagem e da imersão das sementes de *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca) em nitrogênio líquido (N₂) na germinabilidade, com vistas à conservação a longo prazo. Após a coleta e o beneficiamento, as sementes com valores iniciais de 12,4% de água e 65% de germinação foram imediatamente submetidas aos seguintes tratamentos: T₁ = controle; T₂ = imersão direta em N₂ por 24 h; T₃ = secagem por liofilização; T₄ = liofilização seguida de imersão em N₂ por 24 h; T₅ = secagem sobre sílica gel e posterior liofilização; T₆ = tratamento T₅ seguido de imersão em N₂ por 24 h; T₇ = secagem sobre

sílica gel por 12 dias; T₈ = tratamento T₇ seguido de imersão em N₂ por 24 h. As sementes não suportaram a imersão em nitrogênio líquido, submetidas ou não à secagem. Os melhores resultados foram obtidos com a secagem em liofilizador e sobre sílica gel, isoladamente ou associada, que conduziu a 92 a 98% de germinação.

A habilidade de tolerar a temperatura criogênica foi avaliada por SALOMÃO (2002), com sementes ortodoxas de 66 espécies tropicais pertencentes a 21 famílias e procedentes dos biomas Cerrado e Mata Atlântica brasileiros. O teste foi apenas preliminar e testes de germinação foram conduzidos antes e após três dias de exposição das sementes ao nitrogênio líquido. O teor de água das sementes variou de 3 a 15%, dependendo da espécie. Os resultados mostraram que a criopreservação pode ser uma alternativa promissora para o armazenamento das sementes da maioria das espécies testadas, uma vez que a germinabilidade de 51 espécies não foi afetada pela temperatura criogênica. A autora considerou a possibilidade de que, para algumas espécies, a interação entre o teor de água das sementes e a velocidade de congelamento tenha afetado negativamente a germinação após a exposição ao nitrogênio líquido.

ABREU & MEDEIROS (2005a) equilibraram sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilho) com teor de água inicial de 8,5% e germinação inicial de 97% em cinco soluções salinas, a 20 °C, e obtiveram teores de água variando de 2,3 a 17,3%. Após a secagem, as sementes foram embaladas hermeticamente e armazenadas em câmara fria (5 °C), freezer (-18 °C) e nitrogênio líquido (-196 °C). Nas avaliações realizadas até 180 dias de armazenamento nas diferentes temperaturas, o poder germinativo das sementes se manteve entre 92 e 95%).

Com sementes de *Miconia cabucu* (pixiricão), com valores iniciais de 12,5% de água e 100% de germinação, ABREU & MEDEIROS (2005b) utilizaram seis soluções salinas saturadas para equilibrar, também a 20 °C, o teor de água das sementes para valores que variaram de 6,4 a 16,5%. Após o acondicionamento em embalagem hermética, as sementes foram armazenadas nos três ambientes mencionados no trabalho anterior, além de câmara fria a -5 °C. A capacidade germinativa das sementes se manteve entre 95 e 98% após 180 dias de armazenamento. Nos dois trabalhos, os autores concluíram que as sementes toleram a desidratação e suportam o

armazenamento em baixa temperatura, inclusive a do nitrogênio líquido, e podem ser classificadas como ortodoxas.

2.7.3. Armazenamento de sementes de angico

Poucos artigos sobre armazenamento de sementes de angico foram publicados em periódicos. Alguns trabalhos foram realizados com *Parapiptadenia rigida* (angico-gurucaia ou angico-vermelho), que de acordo com CARVALHO (2003) às vezes é confundida com *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*. Outros trabalhos foram apresentados em eventos científicos e estão publicados apenas na forma de resumo, enquanto que dois trabalhos constam de dissertação de mestrado.

RAMOS (1980) secou sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em estufa a 42 °C por três horas (período não prejudicial ao vigor), obtendo 8,7% de água. A seguir, as sementes foram acondicionadas em duas embalagens permeáveis (saco de papel multifolhado e de tela de algodão) e três embalagens impermeáveis (lata, saco plástico e frasco de vidro). As sementes assim acondicionadas foram armazenadas em condições não controladas (valores médios de 18 °C e 82% UR) e em câmara fria (valores médios de 4 °C e 96% UR) pelo período de um ano. Avaliações do teor de água, capacidade germinativa (porcentagem final de germinação) e vigor (índice de velocidade de germinação) foram feitas a cada três meses. Após 12 meses de armazenamento, a capacidade germinativa inicial das sementes, que era de 100%, foi reduzida para 17 a 38% quando acondicionadas nas embalagens permeáveis e na lata e armazenadas em condições não controladas. Nesse ambiente, obteve-se 71% de germinação com as sementes acondicionadas em sacos plásticos e em frascos de vidro. Para esse mesmo período, na câmara fria, quando as sementes foram acondicionadas nas embalagens permeáveis a capacidade germinativa foi reduzida para 2 a 8% e nas impermeáveis mantida a 78 a 90%. O vigor das sementes teve comportamento semelhante ao da capacidade germinativa.

Sementes dessa mesma espécie, *P. rigida* (Bentham) Brenan, com valores iniciais de 15,5% de água e 83% de germinação, foram acondicionadas e armazenadas sem secagem (FOWLER & CARPANEZZI, 1998). As sementes foram acondicionadas

em embalagens de papel kraft e de polietileno (24 μ de espessura) e armazenadas em sala de laboratório (ambiente não controlado); em embalagem de papel kraft e armazenadas em câmara seca (14 \pm 1 $^{\circ}$ C e 39 \pm 1% UR) e na mesma embalagem de polietileno e armazenadas em câmara fria (4 \pm 1 $^{\circ}$ C e 89 \pm 1% UR). Avaliações do teor de água e do poder germinativo foram efetuadas mensalmente, até o período de um ano. No final do período de armazenamento, o melhor resultado foi obtido na câmara fria, que manteve 56% do poder germinativo inicial das sementes. Nesse período, a germinação foi de aproximadamente 20% na câmara seca e nula na sala de laboratório.

Mais recentemente, PIVETA & MUNIZ (2005) acondicionaram sementes de *P. rigida* Benth. em embalagem permeável e as armazenaram a -7 $^{\circ}$ C, 10 $^{\circ}$ C e 25 $^{\circ}$ C por quatro meses. Mensalmente foram feitas avaliações da sanidade e do poder germinativo das sementes. Nas temperaturas de -7 e 25 $^{\circ}$ C, a germinação se manteve constante durante o armazenamento, enquanto que a 10 $^{\circ}$ C houve aumento da germinação, apesar da maior incidência de patógenos, e foi considerada pelos autores a temperatura mais eficiente.

Os trabalhos seguintes foram conduzidos com espécies do gênero *Anadenanthera*, sendo mantido o nome científico utilizado pelos respectivos autores.

Sementes de *Piptadenia peregrina* Benth. com valores iniciais de 13,4% de água e 94% de germinação foram armazenadas por SILVA (1990) por 120 dias. As sementes foram acondicionadas sem secagem em saco de polietileno e em caixa de papelão e armazenadas em ambiente não controlado (19 a 30 $^{\circ}$ C e 55 a 80% UR), ante-câmara (20 \pm 2 $^{\circ}$ C e 50 \pm 5% UR) e câmara fria (7 $^{\circ}$ C e 22% UR). A cada 30 dias, foram avaliados o poder germinativo e o vigor (primeira contagem) das sementes. A germinação foi de 4% e o vigor foi muito baixo após 120 dias de armazenamento, quando as sementes foram armazenadas em ambiente não controlado, independente da embalagem. Nesse período, o poder germinativo das sementes foi maior na câmara fria (61 a 66%) do que na ante-câmara (50%), independente da embalagem, embora o vigor tenha sido o mesmo nas duas condições de armazenamento, quando as sementes foram acondicionadas em caixa de papelão. Esse trabalho foi complementado por BORGES et al. (1991), que determinaram os teores de açúcares redutores, carboidratos ácidos digeríveis e lipídeos das sementes. A redução da

germinabilidade não se correlacionou com os níveis de açúcares e carboidratos, mas houve correlação positiva entre a germinação das sementes e o teor de lipídeos.

Sementes de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan com valores iniciais de 12,9% de água, 99% de germinação e vigor (índice de velocidade de emergência) de 9,9 foram acondicionadas em sacos de algodão e armazenadas em câmara com temperatura e umidade relativa controladas (não foram informados os valores) por GOMES et al. (1997). A cada seis meses foram avaliados o teor de água, a capacidade germinativa e o vigor das sementes. Após 12 meses, a capacidade germinativa foi reduzida para 68% e o vigor para 6,6 e as sementes não germinaram mais após 20 meses de armazenamento. Mais recentemente, DANTAS et al. (2005) acondicionaram sementes dessa mesma espécie em sacos plásticos e de papel e as armazenaram por quatro meses em câmara fria e em ambiente não controlado. Foram feitos testes de germinação em germinador, sobre papel germitest, e semeadura em bandejas contendo areia lavada. Os autores não apresentaram nenhum resultado, nem valores iniciais da qualidade das sementes, mas relataram que não houve diferença significativa entre os resultados obtidos nos tratamentos testados.

NUNES & NUNES (2005) armazenaram sementes de cinco espécies florestais de ocorrência no cerrado mineiro, avaliando o teor de água e a capacidade germinativa das sementes no início e após três e seis meses de armazenamento. Após a colheita as sementes foram submetidas à secagem e o teor de água foi reduzido para 9 a 11%, dependendo da espécie. A espécie de angico estudada foi *Anadenanthera falcata* (Benth. Speg.). As sementes foram acondicionadas em sacos de papel kraft e armazenadas em ambiente de laboratório (20 ± 2 °C) e na geladeira (5 ± 2 °C). Para as sementes de angico-do-cerrado, a germinação e o vigor iniciais de 40% foram mantidos apenas na geladeira.

Embora DURIGAN et al. (1997) tenham relatado que as sementes de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. e de *A. macrocarpa* (Benth.) Brenan possam ser armazenadas em ambiente não controlado por até dois anos, desde que liofilizadas, nenhum trabalho envolvendo a liofilização de sementes desse gênero foi encontrado na consulta bibliográfica. O único trabalho que abordou o armazenamento de sementes

liofilizadas de angico foi o realizado por FIGLIOLIA et al. (1986/88) com *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan, comentado no item 2.7.1.

Com relação ao armazenamento em temperatura inferior a zero, REIS & CUNHA (1997) estudaram o comportamento das sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (angico-vermelho) sob diversas condições de umidade e armazenamento, visando ao estabelecimento de métodos para a conservação de seu germoplasma. As sementes foram submetidas a quatro tratamentos: sementes com teor de água inicial de 5,6% (testemunha); sementes hidratadas a 8,3% de água; sementes hidratadas (8,3%) e desidratadas a 4,4%; e sementes hidratadas (8,3%) e desidratadas a 3,5%. Após os tratamentos, as sementes foram acondicionadas em embalagem impermeável trifoliada (alumínio/papel/polietileno) e armazenadas por 72 h em ambiente de laboratório (25 ± 2 °C), freezer (-20 °C) e nitrogênio líquido (-196 °C). Os parâmetros avaliados foram o poder germinativo, o vigor (valor de germinação) e a absorção de água pelas sementes. A germinabilidade foi mantida após todos os tratamentos, mas as sementes hidratadas apresentaram melhores resultados de vigor, principalmente em nitrogênio líquido. As autoras concluíram que as sementes dessa espécie apresentam comportamento ortodoxo, pela tolerância a baixo teor de água e ao congelamento.

CERQUEIRA et al. (2001) também verificaram que as sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (angico) suportam temperatura inferior a zero. Sementes dessa espécie foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -14 °C. Não foi informada a qualidade inicial das sementes, mas após 10 meses de armazenamento foram constatadas 67% de sementes germinadas.

Entre as 66 espécies ortodoxas estudadas por SALOMÃO (2002) para verificar a tolerância das sementes à temperatura criogênica, comentadas no item anterior, a única espécie de angico estudada foi *Anadenanthera colubrina*. Sementes com 7,1% de água e 99% de germinação foram acondicionadas em embalagem de alumínio e imersas diretamente no nitrogênio líquido por 72 h. Após a permanência no botijão de nitrogênio líquido, o poder germinativo das sementes foi de 93% e a autora sugeriu que a criopreservação é uma alternativa promissora para o armazenamento das sementes dessa espécie.

Entre as 39 espécies estudadas por CARVALHO et al. (2006) para verificar a relação entre a classificação das espécies florestais quanto ao comportamento fisiológico durante o armazenamento e a classificação quanto ao grupo ecológico, também apresentadas no item anterior, *Anadenanthera colubrina* também foi a única espécie de angico testada. As sementes recém-beneficiadas, com 29,5% de água e 89% de plântulas emergidas, foram desidratadas a 7,3% de água e apresentaram 94% de emergência. Após o armazenamento por 90 dias a -18 °C, as sementes desidratadas apresentaram 91% de emergência, sendo classificadas como ortodoxas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Colheita e preparo das sementes

As sementes de angico utilizadas neste trabalho foram extraídas de frutos maduros (fase de abertura natural) colhidos em duas Estações Experimentais pertencentes ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo. As sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico-do-cerrado) foram colhidas na Estação Experimental de Araraquara e as de *A. colubrina* var. *cebil* (angico-vermelho) na Estação Experimental de Assis.

A Estação Experimental de Araraquara está situada a 21° 48' S e 48° 11' W, na altitude média de 663 m, enquanto que a de Assis está situada a 22° 40' S e 50° 25' W, com altitude média de 562 m; segundo a classificação climática de Köppen, o clima das duas Estações é do tipo Cwa, ou seja, quente de inverno seco (VENTURA et al., 1965/66).

Em 2003 foi adquirido desse Centro um sub-lote de *A. peregrina* var. *falcata* já beneficiado, cujas sementes foram extraídas de frutos colhidos em 18 de agosto de 2003. Com esse sub-lote, foram realizados testes preliminares de germinação para definir as condições a serem adotadas nas futuras avaliações da qualidade fisiológica das sementes. Os testes foram conduzidos no Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Jaboticabal. A semeadura foi feita sobre papel de filtro, em caixas de plástico transparentes para germinação, no escuro contínuo e com fotoperíodo de 12 h sob luz branca (lâmpadas fluorescentes) e nos regimes de temperatura constante de 25 °C e alternada de 20-30 °C.

O remanescente do sub-lote foi armazenado na câmara fria do Departamento de Produção Vegetal da FCAV/UNESP e descartado depois de ter sido danificado pela elevação da temperatura causada por avaria ocorrida no compressor da câmara fria. Quando não especificado, as demais atividades experimentais do presente trabalho foram desenvolvidas no Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da FCAV/UNESP.

Em 09 de setembro de 2004 foi colhido outro sub-lote de frutos da mesma espécie, que foi beneficiado no Departamento de Biologia onde, segundo recomendação de DURIGAN et al. (1997) e LORENZI (2002a), permaneceu exposto ao sol por 24 a 48 h para fins de secagem e extração das sementes. Após o beneficiamento, as sementes foram colocadas em bandejas e armazenadas por 30 dias em uma sala com umidade relativa do ar de $50 \pm 5\%$ e condicionador de ar regulado para a temperatura de 25 ± 5 °C (sala climatizada), até a completa adequação da sala de desidratação.

A sala de desidratação foi mantida com umidade relativa do ar de $42 \pm 2\%$ e temperatura de $20 \pm 0,5$ °C. As sementes permaneceram nessa sala por mais 25 dias, até a transferência para a câmara seca, mantida com a temperatura de 20 ± 2 °C e $40 \pm 1\%$ de umidade relativa do ar. As sementes foram acondicionadas em embalagem permeável (saco de papel) e armazenadas na câmara seca a partir de 11 de novembro de 2004, até a instalação dos experimentos.

Nessa data foi instalado um ensaio preliminar com sementes desse sub-lote, testando diferentes períodos de umedecimento lento, a 20 °C e 90% UR, para ser definido o período a ser adotado nas futuras avaliações da qualidade fisiológica das sementes. Os períodos testados foram de 1, 2, 3, 5, 6, 24, 48, 72 e 96 h. O umedecimento lento é um procedimento usual adotado antes da instalação do teste de germinação, quando as sementes são armazenadas com baixo teor de água (EIRA & MELLO, 1997).

Em 2005 foram colhidos dois sub-lotes de frutos, um de *A. peregrina* var. *falcata* em 19 de agosto e outro de *A. colubrina* var. *cebil* em 25 de agosto. As sementes colhidas em Araraquara foram beneficiadas em Jaboticabal e as colhidas em Assis chegaram beneficiadas. Após o beneficiamento ou o recebimento, as sementes foram imediatamente utilizadas ou armazenadas na câmara seca até a instalação dos experimentos.

3.2. Experimentos de secagem das sementes

Três métodos de secagem, visando reduzir o teor de água das sementes para o armazenamento em temperatura inferior a zero, foram realizados com sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004.

3.2.1. Secagem sobre soluções salinas saturadas

Em 14 de outubro de 2004, uma amostra de sementes foi submetida à secagem sobre soluções salinas saturadas até o estabelecimento do equilíbrio higroscópico. Foram utilizados os sais: Cloreto de Lítio (LiCl), Acetato de Potássio (KAc) e Carbonato de Potássio (K_2CO_3). As soluções foram preparadas de acordo com WINSTON & BATES (1960), MERCK (1989), VERTUCCI & ROOS (1993), MEDEIROS (1996) e modificações sugeridas por MEDEIROS (2004)¹.

A secagem foi conduzida na sala de desidratação, onde as soluções foram colocadas em placas de Petri de 500 mL no interior de três dessecadores de vidro com capacidade para 6 L, cada um contendo a solução de um sal. Após a estabilização, a 20 °C, essas soluções promovem as seguintes umidades relativas do ar no interior do dessecador, segundo SUN (2002): LiCl = 12,5%; KAc = 23%; K_2CO_3 = 44%. Para o monitoramento das condições ambientais, foi colocado dentro de cada dessecador um termohigrômetro analógico com sensibilidade de 5 a 95 °C para a temperatura e de 0 a 100% para a umidade relativa do ar.

Após a estabilização da umidade relativa do ar no interior de cada dessecador, cada placa de Petri contendo uma solução foi coberta por uma placa de porcelana perfurada, sobre a qual permaneceram os recipientes contendo as sementes, até o estabelecimento do equilíbrio higroscópico.

Para determinar o momento em que se estabeleceu o equilíbrio higroscópico, quatro repetições de 16 sementes de cada dessecador tiveram sua massa monitorada diariamente, em balança analítica com precisão de duas casas decimais, até que o

¹ MEDEIROS, A.C.S. Laboratório de Sementes, CNPF/EMBRAPA, Colombo, comunicação pessoal, 2004.

peso do recipiente contendo as sementes se estabilizasse por pelo menos cinco dias consecutivos.

3.2.2. Secagem sobre sílica gel

Ainda em 14 de outubro de 2004, outra amostra foi submetida à secagem sobre sílica gel, até o estabelecimento do equilíbrio higroscópico. A secagem também foi conduzida na sala de desidratação, a $20 \pm 0,5$ °C.

A sílica gel foi colocada no fundo de dois dessecadores com capacidade de 6 L. Foram colocados 2 kg de sílica gel em cada dessecador, a qual foi regularmente substituída por igual quantidade desidratada em estufa a 130 °C por 6 h. A substituição foi feita a cada quatro dias, independente da mudança da coloração azul para rosa, característica da absorção de água pelo cloreto de cobalto impregnado na sílica gel.

Após a estabilização da umidade relativa do ar (15% UR) no interior de cada dessecador, foi colocada uma placa de porcelana perfurada, sobre a qual permaneceram os recipientes contendo as amostras de sementes, até o estabelecimento do equilíbrio higroscópico entre a água contida nas sementes e a umidade relativa do ar proporcionada pela sílica gel.

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar no interior do dessecador foi feito com termohigrômetro digital (sensibilidade de 2 a 40 °C e de 0 a 100% de UR). O monitoramento da massa das sementes (constante em pelo menos cinco pesagens consecutivas) foi efetuado de acordo com o procedimento descrito no item anterior.

3.2.3. Secagem em liofilizador

Em 25 de fevereiro de 2005, uma terceira amostra foi submetida à secagem por liofilização. O equipamento utilizado foi um liofilizador marca Edwards, modelo Super Modulo, pertencente ao Laboratório de Ruminantes do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP.

A liofilização ocorreu da seguinte forma: primeiramente o equipamento foi ligado para iniciar o resfriamento até -40 °C, demorando cerca de 10 min para atingir essa temperatura. Em seguida, as sementes dispostas em placas de Petri plásticas foram distribuídas em prateleiras no interior do liofilizador. Este foi fechado, sendo ligada a bomba de vácuo que proporcionou à câmara onde se encontravam as sementes, em alguns minutos, a pressão de 10^{-1} atm e a temperatura de -50 °C. A partir desse momento, começou a contagem do período de liofilização programado.

Foram testados os seguintes períodos de liofilização: 6, 12, 24, 42, 72 e 96 h, para as sementes não submetidas ao congelamento prévio. Para as sementes submetidas ao congelamento prévio (24 h em freezer a -20 °C), foram testados apenas os períodos de 6, 12 e 24 h.

Após o primeiro período de liofilização, a bomba de vácuo foi desligada e um registro que iguala a pressão interna à externa da câmara onde permaneceram as sementes foi aberto lentamente. Em seguida, as sementes foram retiradas do liofilizador e a bomba de vácuo foi ligada novamente, até o final de cada período subsequente.

3.3. Efeito do teor de água na secagem das sementes

Estes experimentos foram conduzidos com sementes de *A. peregrina* var. *falcata* e de *A. colubrina* var. *cebil* colhidas em 2005, partindo-se de amostras de sementes com teor de água superior e inferior a 10%. Até a determinação do teor de água mais elevado, as sementes permaneceram na câmara seca acondicionadas em sacos de plástico fechados.

Após essa determinação, as sementes foram espalhadas em bandejas na câmara seca, por diferentes períodos, a fim de serem obtidos menores teores de água. Foi estudado o efeito do teor de água inicial na secagem por liofilização e sobre sílica gel, utilizando os métodos descritos anteriormente.

3.3.1. Secagem por liofilização

As sementes de *A. peregrina* var. *falcata* foram liofilizadas por 6 h, sem congelamento prévio, a partir de 30 de agosto de 2005. Foram utilizadas amostras com 11,6% de água (teor de água inicial), 9,8% de água (após permanência por três dias na câmara seca) e 8,9% de água (depois de mais dois dias de permanência na câmara seca).

As sementes de *A. colubrina* var. *cebil* foram liofilizadas por 6, 18, 24 e 42 h, com e sem congelamento prévio, em 05 e 10 de setembro de 2005. Foram utilizadas amostras com 10,6% de água (teor de água inicial) e com 8,7% de água, obtido após a permanência das sementes na câmara seca.

3.3.2. Secagem sobre sílica gel

A amostra de sementes de *A. colubrina* var. *cebil* com 10,6% de água (teor de água inicial) foi submetida à secagem sobre sílica gel a partir de 05 de setembro de 2005, até o estabelecimento do equilíbrio higroscópico. Em 10 de setembro foi iniciada a secagem da amostra contendo 8,7% de água, obtida após permanência na câmara seca.

3.4. Armazenamento em temperatura superior a zero

Este experimento foi instalado em 10 de novembro de 2004, com uma amostra das sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 que se encontravam armazenadas na sala de desidratação. As sementes foram acondicionadas em embalagens permeável (saco de papel) e impermeável (trifoliada, confeccionada com lâmina de 84,4 μ de espessura, constituída de um filme externo de poliéster, um central de alumínio e outro interno de polietileno).

Para o acondicionamento em embalagem impermeável, as sementes foram submetidas à secagem sobre sílica gel, seguindo o método descrito no item 3.2.2, durante oito dias, até atingirem teor de água inferior a 9%. Esse teor de água é

recomendado por CARNEIRO & AGUIAR (1993) e CARVALHO & NAKAGAWA (2000b). O monitoramento do teor de água das sementes foi realizado a cada dois dias.

As sementes assim acondicionadas foram armazenadas em sala de laboratório (condições não controladas), câmara seca (20 ± 2 °C e $40 \pm 1\%$ UR) e câmara fria (10 ± 2 °C e $70 \pm 3\%$ UR). Em todos ambientes de armazenamento, a temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas com termohigrômetro digital. O teor de água e a qualidade fisiológica das sementes foram determinados após 30, 120, 240 e 660 dias de armazenamento.

3.5. Armazenamento em temperatura inferior a zero

3.5.1. Após secagem sobre soluções salinas saturadas

Depois que foi atingido o equilíbrio higroscópico entre o teor de água das sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 e a umidade relativa do ar proporcionada pelas soluções salinas saturadas, descritas no item 3.2.1, as sementes foram acondicionadas na embalagem impermeável. A seguir, elas foram armazenadas em freezer (-18 °C), em ultra-freezer (-85 °C) e em nitrogênio líquido fase vapor (-188 °C).

Para o armazenamento em nitrogênio líquido, foi utilizado um botijão de alumínio com capacidade para 33,4 L. Foi mantido no fundo do botijão o volume de nitrogênio até a altura de 6 cm, suficiente para proporcionar ao espaço localizado acima do líquido, vapor na temperatura de -188 °C.

As embalagens contendo as sementes foram inseridas nas alças de suspensão dos “canisters”, cujos tubos cilíndricos foram retirados. No final dessas alças foram adicionados, por meio de buchas com rosca, ganchos para que as embalagens pudessem ser penduradas. Logo acima da área selada, as embalagens foram perfuradas e introduzidas nos ganchos, tendo-se colocado quatro embalagens por alça, na seqüência das avaliações efetuadas.

A temperatura no interior do botijão, bem como no freezer e no ultra-freezer, foi monitorada com termômetro digital com sensibilidade de -199,9 °C a +199,9 °C. O teor

de água e a qualidade fisiológica das sementes foram avaliados após 15, 225 e 645 dias de armazenamento.

3.5.2. Após secagem sobre sílica gel

Para o armazenamento das sementes desidratadas sobre sílica gel, foram utilizadas sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 e de *A. colubrina* var. *cebil* colhidas em 2005.

Após ter atingido o equilíbrio higroscópico, as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* foram acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas no freezer e em nitrogênio líquido fase vapor, em 03 de janeiro de 2005.

A embalagem, bem como o monitoramento da temperatura, foram os mesmos adotados no item anterior. O teor de água e a qualidade fisiológica das sementes foram avaliados após 15, 180 e 600 dias de armazenamento.

Tendo atingido o equilíbrio higroscópico, as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* foram acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas na sala de laboratório, na câmara fria e em nitrogênio líquido fase vapor, em 03 de janeiro de 2006.

Outras amostras desse sub-lote, não submetidas à secagem sobre sílica gel, foram acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na sala de laboratório e na câmara seca, bem como acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas na câmara fria.

A avaliação do teor de água e da qualidade fisiológica das sementes foi efetuada após 230 dias de armazenamento.

3.5.3. Após liofilização

Em 26 de setembro de 2005, com base nos resultados obtidos no experimento descrito no item 3.3.1, uma amostra das sementes de *A. colubrina* var. *cebil* colhidas em 2005 foram liofilizadas por 18 h, sem congelamento prévio.

A seguir, elas foram acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas na sala de laboratório, na câmara fria e em nitrogênio líquido fase vapor. Algumas amostras não liofilizadas foram acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na sala de laboratório e na câmara seca, enquanto que outras foram acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas na câmara fria.

As embalagens e os ambientes, bem como o monitoramento das condições dos ambientes utilizados, foram os mesmos descritos nos itens anteriores. O teor de água e a qualidade fisiológica das sementes foram avaliados após 60 e 330 dias de armazenamento.

3.6. Superação da dormência secundária

Foi observado, após os experimentos de secagem, que houve significativa melhoria na qualidade fisiológica das sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004. Considerou-se, então, que essas sementes adquiriram dormência secundária durante o período em que estiveram armazenadas na sala climatizada, antes de serem transferidas para a câmara seca. Assim, foram instalados alguns experimentos para verificar a superação da dormência secundária dessas sementes.

3.6.1. Após armazenamento em câmara seca

Foram instalados dois experimentos com o remanescente do sub-lote de sementes que estava armazenado na câmara seca, acondicionado na embalagem permeável a partir de 11 de novembro de 2004.

Foram retiradas duas amostras, uma após seis meses (10 de maio de 2005) e outra após um ano (10 de novembro de 2005) de permanência na câmara seca. As sementes dessas amostras foram submetidas à liofilização por seis horas, sem congelamento prévio, conforme o procedimento descrito no item 3.2.3.

Antes e depois da liofilização, foram aferidos o teor de água e a qualidade fisiológica das sementes.

3.6.2. Após armazenamento em temperatura superior a zero

As sementes que se encontravam acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes, com temperatura superior a zero (experimento descrito no item 3.4), também foram submetidas à liofilização por seis horas, sem congelamento prévio, a fim de avaliar uma possível superação de dormência secundária. Como no item anterior, foi adotado o procedimento descrito no item 3.2.3.

A liofilização foi efetuada em 04 de setembro de 2006, portanto, após 22 meses de armazenamento, ou seja, 660 dias. Antes e depois da liofilização, foram avaliados o teor de água e a qualidade fisiológica das sementes.

3.7. Armazenamento após superação da dormência secundária

As sementes de *A. peregrina* var. *falcata* liofilizadas após seis meses de permanência na câmara seca foram acondicionadas nas embalagens permeável e impermeável e armazenadas em sala de laboratório e também na embalagem impermeável e armazenadas na câmara fria e em nitrogênio líquido fase vapor.

Neste experimento foram testados mais dois tratamentos: o primeiro, com sementes liofilizadas acondicionadas em recipiente de vidro transparente, e o segundo considerado testemunha, com sementes não liofilizadas e acondicionadas na embalagem permeável; estes dois tratamentos foram armazenados em sala de laboratório.

O teor de água e a qualidade fisiológica das sementes foram aferidos após 30 e 480 dias de armazenamento.

Antes da liofilização das sementes que permaneceram durante um ano armazenadas na câmara seca, foi retirada uma amostra que serviu de testemunha, acondicionada na embalagem permeável e continuando armazenada na câmara seca. Outra amostra foi liofilizada, acondicionada na embalagem impermeável e armazenada na sala de laboratório.

O teor de água e a qualidade fisiológica das sementes foram aferidos após 300 dias de armazenamento.

Para os dois experimentos, foram adotados os mesmos procedimentos dos experimentos anteriores, no que diz respeito ao monitoramento das condições de cada ambiente de armazenamento.

3.8. Perspectivas da qualidade das sementes

Quando as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* estavam completando dois anos e meio de idade e as de *A. colubrina* var. *cebil* estavam para completar um ano e meio de idade, em 01 de março de 2007, foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes que ainda se encontravam armazenadas. As avaliações foram efetuadas com sementes liofilizadas e não liofilizadas.

Foram avaliadas as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* que estavam armazenadas na câmara seca, acondicionadas nas embalagens permeável e impermeável, bem como as que estavam armazenadas na câmara fria, acondicionadas na embalagem impermeável. Para *A. colubrina* var. *cebil*, foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na câmara seca, bem como a das acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas na câmara fria.

3.9. Composição química das sementes

Foram determinados os teores de amido, pelo método de Soxhlet, e de extrato etéreo (lipídeo), seguindo a metodologia descrita em Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000). O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método microkjeldhal, obtendo-se o teor de proteína bruta pela multiplicação do teor de nitrogênio total pela constante 6,25, conforme LEE (1975).

O teor de lipídeo foi determinado no Laboratório de Ruminantes, do Departamento de Zootecnia, e os teores de proteína e amido foram determinados no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, do Departamento de Tecnologia, ambos pertencentes à FCAV/UNESP.

Foram utilizadas três repetições de aproximadamente 5 g de sementes, para a determinação de cada componente, e os resultados foram expressos em porcentagem.

3.10. Testes de umidade e de germinação

Após o beneficiamento ou o recebimento das sementes, assim como antes e depois de cada tratamento de secagem e de armazenamento, foram determinados o teor de água e a qualidade fisiológica das sementes. Após o acondicionamento das sementes, as embalagens já se encontravam devidamente identificadas e foram imediatamente fechadas. A extremidade aberta dos sacos de papel foram dobradas e presas com clips, enquanto que as embalagens trifoliadas foram seladas em seladora tipo guilhotina.

3.10.1. Teste de umidade

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 h, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992b), utilizando quatro repetições de 16 sementes.

Após cada tratamento de secagem, tomou-se o cuidado de pesar e acondicionar as sementes o mais breve possível, pois estando com baixo grau de umidade, as sementes poderiam absorver água rapidamente. Para tal, foi colocada uma balança analítica com precisão de quatro casas decimais e a seladora próximas do local de secagem, para a determinação imediata da massa fresca e o acondicionamento das sementes.

3.10.2. Teste de germinação

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelo teste de germinação, conduzido com as melhores condições obtidas nos experimentos preliminares descritos no item 3.1. Procurou-se, dentro do possível, seguir as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992a). Foram utilizados germinadores de câmara verticais tipo

BOD e caixas de plástico transparentes de 11x11x4 cm com tampa, desinfestadas com álcool 96 °GL e hipoclorito de sódio a 5%.

Como substrato foram utilizadas duas folhas de papel de filtro em cada caixa, umedecidas com 15 mL (duas a duas vezes e meia o peso do substrato) de solução de nistatina a 0,2%, com o objetivo de reduzir a incidência de fungos. O papel é recomendado por FIGLIOLIA et al. (1993) como substrato para a germinação de sementes de angico (*Anadenanthera* spp, *Parapiptadenia* spp), que são de tamanho médio e de forma achatada.

Todo material utilizado, com exceção das sementes e das caixas para germinação, foi previamente autoclavado por 20 min a 120 °C.

Foram utilizadas oito repetições de 16 sementes para cada tratamento; essa quantidade de sementes, distribuída nas caixas para germinação, permitiu adequado espaçamento entre as sementes, como recomendado em BRASIL (1992a) e por PIÑA-RODRIGUES et al. (2004). Embora as Regras para Análise de Sementes prescrevam o uso de 400 sementes para o teste de germinação, para as espécies florestais essa quantidade nem sempre é possível e geralmente os técnicos do setor florestal adotam 100 sementes, distribuídas em quatro repetições de 25 ou cinco repetições de 20 sementes (PIÑA-RODRIGUES et al., 2004).

Os testes de germinação foram conduzidos na temperatura constante de 25 °C, sob fotoperíodo de 12 h sob luz branca (lâmpadas fluorescentes). Após cada tratamento de secagem e de armazenamento, antes da instalação do teste de germinação, as sementes foram mantidas por 24 h sobre telas metálicas no interior de caixas para germinação contendo 40 mL de água desionizada, em germinador regulado para a temperatura constante de 20 °C. Esse procedimento promove um umedecimento lento, reduzindo a ocorrência de danos às sementes com baixo teor de água pelo contato direto com a solução utilizada no teste de germinação (ROSSETTO et al., 1995).

As sementes armazenadas em nitrogênio líquido, antes de serem submetidas ao umedecimento lento, foram colocadas em banho Maria a 40 °C por 4 min, para possibilitar o descongelamento rápido (STYLES et al., 1982; BHAT et al., 1994; SOM, 2000). A seguir, as sementes foram deixadas sobre bancada de laboratório, para

ocorrer o equilíbrio com a temperatura desse ambiente (GONZALES-BENITO et al., 1998; DECRUSE et al., 1999).

As contagens do número de sementes germinadas foram realizadas diariamente, sempre no mesmo horário, até a estabilização do processo germinativo, que se deu no sétimo dia após a instalação do teste de germinação. Foram adotados, como critério de germinação, a protrusão de 2 mm de radícula (critério botânico, segundo LABOURIAU, 1983) e a formação de plântulas normais (critério tecnológico, conforme BRASIL, 1992a). Contudo, neste trabalho estão apresentados apenas os resultados obtidos pelo critério tecnológico.

A qualidade fisiológica das sementes foi representada pela capacidade germinativa (porcentagem total de germinação) e pelo vigor (velocidade de germinação) das sementes. O vigor foi representado pelo índice de velocidade de germinação, calculado pela somatória da divisão entre o número de sementes germinadas em cada contagem e o número de dias correspondente a cada contagem (fórmula proposta por Maguire, 1962, citada por NAKAGAWA, 1999).

3.11. Procedimento estatístico

Os valores de teor de água das sementes não foram submetidos à análise estatística. Para os dados referentes à qualidade fisiológica das sementes, foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado e foram feitas análises de variância ou de regressão, segundo PIMENTEL-GOMES & GARCIA (2002). Foram adotadas oito repetições de 16 sementes para cada tratamento. Os dados de germinação foram submetidos ao teste de normalidade de Liliefors (UFV, 1999) e não houve necessidade de transformação.

Para os tratamentos de efeito qualitativo, tais como sal, embalagem de acondicionamento e ambiente de armazenamento, foram realizadas análises de variância seguidas por teste de comparação de médias. Quando foram testados dois ou mais fatores, as análises foram efetuadas sob o esquema fatorial.

Para os tratamentos de efeito quantitativo, como períodos de secagem ou de armazenamento, foram feitas análises de variância, seguido por teste de comparação

de médias, quando testados até três períodos, e análises de regressão polinomial quando testados mais de três períodos. Mesmo neste caso, foram feitas análises de variância e teste de médias para os fatores de efeito quantitativo em cada período de secagem ou de armazenamento, em parcelas subdivididas. Ao serem ajustadas as regressões polinomiais, foi escolhida a equação com menor grau significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade, desde que a diferença entre os valores dos coeficientes de determinação dessas equações não tenham ultrapassado a 5%.

Em todas as análises efetuadas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados originais foram processados pelos programas SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1999), SISVAR – Programa de Análises Estatísticas e Planejamento de Experimentos da Universidade de Lavras (FERREIRA, 1998) e ESTAT – Programa de Análises Estatísticas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características iniciais das sementes

Os valores médios de teor de água, capacidade germinativa (porcentagem final de germinação) e vigor (índice de velocidade de germinação) das sementes utilizadas neste trabalho, determinados logo após o beneficiamento ou o recebimento de cada sub-lote, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores iniciais de teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* colhidas em Araraquara (SP) e de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* colhidas em Assis (SP).

Espécie e variedade	Colheita	Avaliação	TA (%)	G (%)	IVG
	18/08/03	20/08/03	11,0	71	3,7
<i>A. peregrina</i> var. <i>falcata</i>	09/09/04	16/09/04	12,0	87	3,0
	19/08/05	30/08/05	11,6	58	2,3
<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	25/08/05	30/08/05	10,6	90	3,5

Nos testes preliminares de germinação, realizados com sementes de 2003, as sementes germinaram de forma similar na presença e ausência de luz, bem como nas temperaturas constante e alternada (dados não apresentados). Esses resultados estão de acordo com as informações de PIÑA-RODRIGUES et al. (1990) e de KAGEYAMA & VIANA (1991), de que as sementes das espécies secundárias ou oportunistas geralmente não apresentam dificuldades para a germinação e não são afetadas, dentro da faixa adequada, por fatores como temperatura, luz e umidade do substrato.

Todos os testes de germinação foram conduzidos a 25 °C e sob fotoperíodo de 12 h de luz branca, que são as condições normalmente utilizadas no laboratório onde os testes foram realizados. Nos trabalhos citados na Revisão de Literatura, com sementes de angico, em dois deles não foram informadas as condições do teste de germinação (GOMES et al., 1997 e FOWLER & CARPANEZZI, 1998) e em um foi utilizada a temperatura alternada de 20-30 °C sob fotoperíodo de oito horas (REIS & CUNHA, 1997). Nos outros trabalhos foi utilizada a temperatura constante: PIVETA & MUNIZ (2005) utilizaram 22 °C sob fotoperíodo de 12 h e CARVALHO et al. (2006) utilizaram 25 °C sob luz branca contínua, enquanto que nos demais foi utilizada a temperatura de 25 °C, mas não foi informado o fotoperíodo adotado.

Antes da instalação dos testes de germinação, as sementes foram submetidas ao umedecimento lento por 24 h a 20 °C, que conduziu aos melhores resultados nos testes realizados preliminarmente (dados não apresentados). Segundo ROSSETTO et al. (1995), o umedecimento lento reduz a ocorrência de danos às sementes com baixo teor de água causada pelo contato direto com a solução utilizada no teste de germinação. De acordo com EIRA & MELLO (1997), a embebição lenta ou pré-hidratação em uma atmosfera saturada é um procedimento usual em bancos de germoplasma antes da instalação do teste de germinação, quando as sementes são armazenadas com baixo teor de água. Antes de testar a germinabilidade, HONG & ELLIS (1998) umidificaram sementes de seis espécies florestais da família Meliaceae com teor de água inferior a 10% sobre água a 20 °C por 24 h, a fim de evitar danos causados pela embebição rápida. Da mesma forma, KONG & ZHANG (1998) expuseram sementes de nove espécies de hortaliças desidratadas a baixo teor de água em sala de laboratório com 100% UR por dois a quatro dias, antes da embebição, para evitar possíveis injúrias.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram diferenças na qualidade inicial dos sub-lotes de sementes utilizados nesta tese. O sub-lote de *A. peregrina* var. *falcata* (angico-do-cerrado) colhido em 2005 foi o de pior qualidade, enquanto que o dessa espécie colhido em 2004, bem como o de *A. colubrina* var. *cebil* (angico-vermelho) colhido em 2005, foram os de melhor qualidade. O sub-lote de *A. peregrina* var. *falcata* colhido em 2003 apresentou capacidade germinativa apenas regular.

4.2. Armazenamento em temperatura superior a zero

O armazenamento em temperatura superior a zero foi testado para as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 porque não foi encontrado, na consulta bibliográfica, qualquer artigo detalhado a respeito da conservação das sementes dessa espécie. Foram utilizados os ambientes tradicionais para o armazenamento a médio prazo (câmara seca e câmara fria), visando conservar as sementes pelo menos durante o período compreendido entre duas colheitas consecutivas. Para fins de comparação, foi utilizada uma sala de laboratório, com condições não controladas, a fim de estimar a longevidade natural das sementes.

Embora LORENZI (2002a) tenha relatado que essa espécie produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, isso não tem ocorrido. O ano de 2004 foi de boa produção, mas em 2005 a produção foi escassa e as sementes produzidas apresentaram baixa qualidade, como mostra a Tabela 1. Após o beneficiamento deste sub-lote e a constatação de sua baixa qualidade, foi acionado o Centro de Sementes do Instituto Florestal e em todas as Estações Experimentais do Estado de São Paulo a produção foi escassa, não havendo sementes disponíveis para a condução de alguns experimentos que haviam sido planejados.

Assim, é importante conservar a qualidade das sementes por pelo menos dois anos. Vale ressaltar que os frutos foram colhidos em 09/09/2004 e que o início do armazenamento se deu em 10/11/2004, portanto, cerca de 60 dias após. Somando os 660 dias pelos quais as sementes permaneceram armazenadas, a idade das sementes, a partir da extração, foi de dois anos no final do período de armazenamento.

No momento do acondicionamento, a capacidade germinativa das sementes havia sido reduzida de 87 para 67% (Tabelas 1 e 3) e o índice de velocidade de germinação de 3,0 para 2,8 (Tabelas 1 e 4). Convém ressaltar que, antes do início do armazenamento, as sementes haviam permanecido por 30 dias na sala climatizada e por 25 dias na sala de desidratação, cujas condições ambientais não eram bem controladas.

As sementes foram acondicionadas com 8,9% de água na embalagem permeável e com 8,0% de água na impermeável. Segundo HARRINGTON (1973), se

na embalagem impermeável o teor de água das sementes for elevado, a respiração das sementes e a ação de microrganismos aumentarão o teor de água das sementes, uma vez que a água é um dos produtos da respiração. O autor recomenda teor de água de 6 a 12% para sementes amiláceas e de 4 a 9% para sementes oleaginosas e relatou que quanto maior for o período e a temperatura de armazenamento, menor deverá ser o teor de água. CARNEIRO & AGUIAR (1993) e CARVALHO & NAKAGAWA (2000b) também salientaram que, em embalagens impermeáveis, o teor de água das sementes não deve ser maior que 9% e que teor acima do limite adequado ativará a respiração das sementes no interior da embalagem, acelerando o processo de deterioração.

Quanto ao comportamento das sementes durante o armazenamento, os valores de coeficiente de determinação próximos de 1,0 revelam que os pontos estimados pelas equações de regressão estão próximos dos observados nos testes de germinação, para os dois parâmetros avaliados (Tabela 2). Para a porcentagem de germinação a regressão foi significativa para todas as condições testadas. Quanto à velocidade de germinação, contudo, não foi constatado efeito significativo para as sementes acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na sala de laboratório, bem como para as acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas na câmara fria.

Maior redução na qualidade fisiológica das sementes ocorreu na sala de laboratório, nas duas embalagens, segundo a média geral de IVG. Por outro lado, as sementes se conservaram melhor na câmara fria, também nas duas embalagens (Tabela 2), evidenciando a importância da temperatura mais baixa na preservação da qualidade das sementes. As sementes armazenadas na câmara seca ocuparam uma posição intermediária.

Analisando os valores obtidos em cada período de armazenamento, verifica-se que após 30 dias não houve diferença significativa entre os tratamentos testados, para a capacidade de germinação (Tabela 3). Para o vigor, entretanto, na sala de laboratório as sementes acondicionadas na embalagem impermeável germinaram em menor velocidade que na permeável (Tabela 4).

Tabela 2. Equação de regressão e coeficiente de determinação (R^2) da qualidade fisiológica das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 10/11/04.

Ambiente	Embalagem	Equação para porcentagem de germinação (G%)	R^2
S. laboratório	Permeável	$G = 71,036 - 0,3947x + 0,005x^2$ (**)	0,99
Câmara seca	Permeável	$G = 64,663 - 0,0748x$ (**)	0,98
Câmara fria	Permeável	$G = 65,409 + 0,0194x - 0,0002x^2$ (*)	0,99
S. laboratório	Impermeável	$G = 60,375 - 0,107x$ (**)	0,97
Câmara seca	Impermeável	$G = 67,408 - 0,2119x + 0,0002x^2$ (*)	0,99
Câmara fria	Impermeável	$G = 66,604 - 0,0939x + 0,0001x^2$ (*)	0,99
		Equação para índice de velocidade de germinação (IVG)	R^2
S. laboratório	Permeável	IVG = 1,4 (ns)	-
Câmara seca	Permeável	IVG = 2,6827 - 0,0037x (*)	0,88
Câmara fria	Permeável	IVG = 2,8242 - 0,016x - 0,000006x ² (**)	0,99
S. laboratório	Impermeável	IVG = 2,1839 - 0,0041x (*)	0,85
Câmara seca	Impermeável	IVG = 2,6684 - 0,105x - 0,00001x ² (*)	0,98
Câmara fria	Impermeável	IVG = 1,9 (ns)	-

(ns) Equação não significativa a 5% de probabilidade.

(*) e (**) Respectivamente, significativo a 5% e 1% de probabilidade.

Nesse período houve variação na umidade relativa do ar (Figura 2A), mas a embalagem impermeável impediu a troca de vapor d'água com o ambiente externo (Figura 1). Assim, a variação da temperatura deve ter afetado o vigor das sementes, como salientou HARRINGTON (1973), pois age diretamente na velocidade dos processos químicos das sementes (POPINIGIS, 1985).

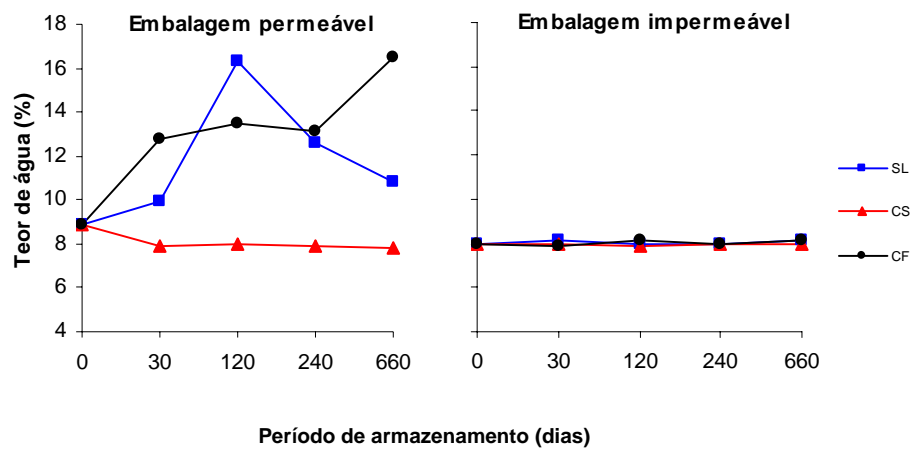


Figura 1. Teor de água das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas por diferentes períodos em sala de laboratório (SL), câmara seca (CS) e câmara fria (CF). Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 10/11/04.

Tabela 3. Porcentagem de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* acondicionadas em embalagens permeável (P) e impermeável (I) e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 10/11/04.

Ambiente	Período	Inicial	30 dias		120 dias		240 dias		660 dias	
			P	I	P	I	P	I	P	I
Sala de laboratório			63 aA	56 aA	30 bA	40 bA	0 bB	33 bA	0 bA	1 cA
Câmara seca		67	59 aA	63 aA	54 aA	40 bB	49 aA	32 bB	21 aA	23 bA
Câmara fria			65 aA	63 aA	61 aA	57 aA	59 aA	50 aA	0 bB	50 aA
F para ambiente (A)			2,13 ^{ns}		18,73 ^{**}		31,47 ^{**}		61,82 ^{**}	
F para embalagem (E)			1,54 ^{ns}		1,11 ^{ns}		29,45 ^{**}		38,43 ^{**}	
F para interação (Ax E)			1,35 ^{ns}		6,23 ^{**}		54,86 ^{**}		33,88 ^{**}	
Coeficiente de variação para ambiente (%)			26,53		23,43		29,88		43,27	
Coeficiente de variação para embalagem (%)			30,03		20,04		22,55		41,40	

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 4. Índice de velocidade de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* acondicionadas em embalagens permeável (P) e impermeável (I) e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 10/11/04.

Ambiente	Período	30 dias		120 dias		240 dias		660 dias	
	Inicial	P	I	P	I	P	I	P	I
Sala de laboratório		2,8 aA	1,8 aB	1,5 bA	1,3 aA	0,0 cB	1,0 abA	0,0 bA	0,0 cA
Câmara seca	2,8	2,5 aA	2,2 aA	2,5 aA	1,5 aB	1,3 bA	0,9 bA	0,7 aA	0,8 bA
Câmara fria		2,8 aA	2,0 aA	2,5 aA	2,0 aA	2,1 aA	1,4 aB	0,0 bB	1,5 aA
F para ambiente (A)		0,48 ^{ns}		5,46 ^{**}		45,79 ^{**}		77,53 ^{**}	
F para embalagem (E)		11,75 ^{**}		8,04 ^{**}		3,81 ^{ns}		30,34 ^{**}	
F para interação (Ax E)		1,87 ^{ns}		1,31 ^{ns}		37,04 ^{**}		27,16 ^{**}	
Coeficiente de variação para ambiente (%)		42,54		39,71		30,42		38,54	
Coeficiente de variação para embalagem (%)		34,73		36,28		29,07		45,98	

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

Após 120 dias, as sementes armazenadas na sala de laboratório já apresentaram sensível redução na porcentagem (Tabela 3) e na velocidade (Tabela 4) de germinação, nas duas embalagens. A variação da temperatura e da umidade relativa do ar (Figura 2B) contribuiu para essa redução, tanto que na embalagem permeável o teor de água das sementes aumentou de 10 para 16% (Figura 1A). Na embalagem impermeável, as sementes armazenadas na câmara seca também tiveram sua qualidade fisiológica reduzida. A 20 °C pode ter havido maior atividade metabólica das sementes, embora o teor de água tenha se mantido constante (Figura 1B). Os melhores resultados foram obtidos com as sementes acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na câmara seca, bem como com as acondicionadas nas duas embalagens e armazenadas na câmara fria.

Após 240 dias de armazenamento, ou seja, após oito meses, as sementes acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na sala de laboratório não germinaram (Tabela 3), concordando com a colocação de DURIGAN et al. (1997), LORENZI (2002a) e de CARVALHO (2003), de que as sementes dessa espécie perdem rapidamente a viabilidade quando armazenadas em ambiente não controlado. NUNES & NUNES (2005) acondicionaram sementes de *Anadenanthera falcata* em embalagem permeável e as armazenaram em ambiente de laboratório e em geladeira por seis meses; a germinação inicial, que foi de 40%, foi mantida apenas na geladeira, confirmando a curta longevidade das sementes. Vale ressaltar que a qualidade inicial das sementes utilizadas nesse trabalho foi muito baixa e é um dos fatores que afetam a conservação das sementes durante o armazenamento. Segundo HARRINGTON (1972), a longevidade corresponde ao período pelo qual as sementes permanecem viáveis e depende de fatores que vão desde as condições às quais a planta-mãe foi submetida até aquelas às quais as sementes dispersas foram mantidas.

Sementes de outras espécies de angico também tiveram a capacidade germinativa muito reduzida quando acondicionadas em embalagem permeável e armazenadas em ambiente não controlado. RAMOS (1980) verificou, para sementes de *Parapiptadenia rigida* com germinação inicial de 100%, redução para 17 e 38%, dependendo da embalagem, em um ano. FOWLER & CARPANEZZI (1998) constataram, para essa mesma espécie, com germinação inicial de 83%, perda total da

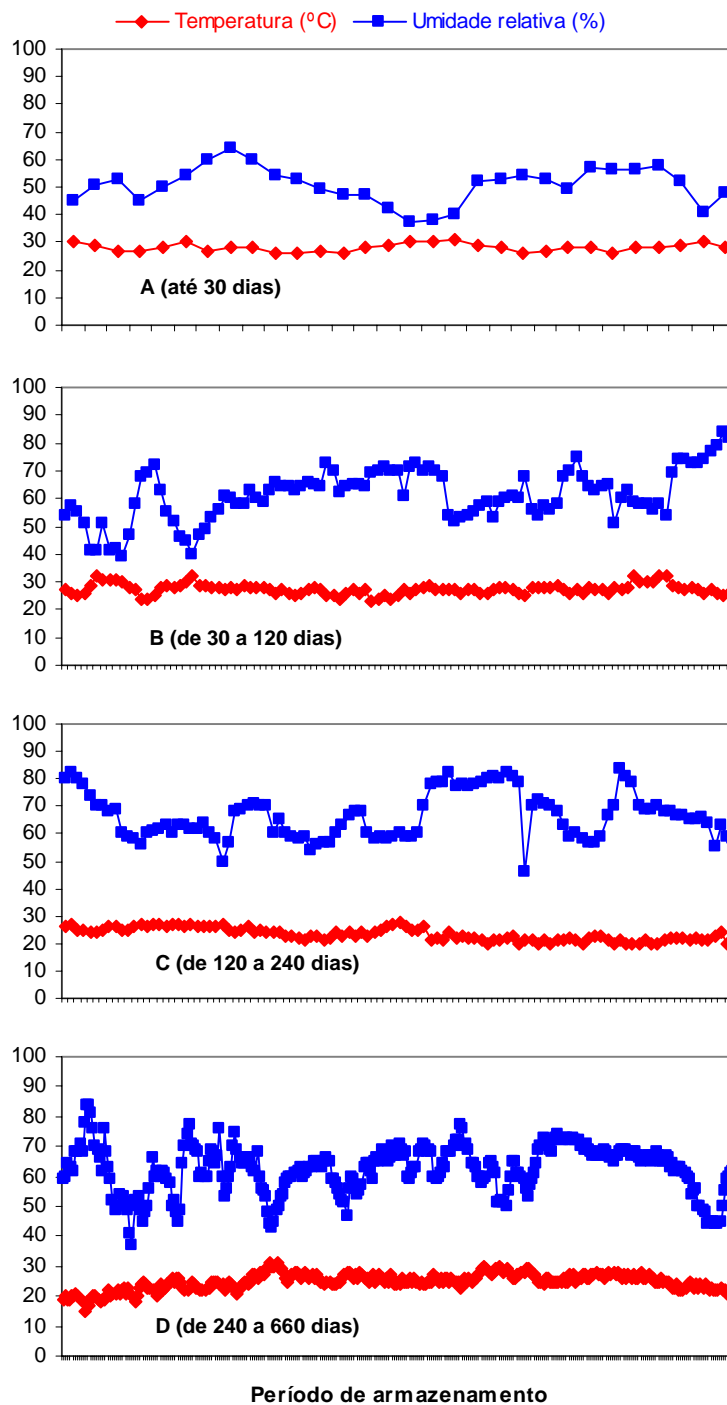


Figura 2. Temperatura e umidade relativa do ar registradas na sala de laboratório durante o armazenamento das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 10/11/04.

germinabilidade antes de completar um ano de armazenamento. Para *Piptadenia peregrina*, em apenas quatro meses a capacidade germinativa das sementes foi reduzida de 94 para 4%, como observou SILVA (1990).

Os melhores valores de porcentagem de germinação, após 240 dias de armazenamento, continuaram sendo obtidos na câmara fria, nas duas embalagens, e na câmara seca, quando as sementes foram acondicionadas na embalagem permeável (Tabela 3). Quanto ao vigor, entretanto, na câmara fria as sementes germinaram em maior velocidade quando acondicionadas na embalagem permeável, em comparação com as demais condições testadas (Tabela 4).

Na última avaliação, efetuada após 660 dias de armazenamento (22 meses), foi possível notar a maior eficiência da câmara fria na manutenção da germinabilidade (Tabela 3) e do vigor (Tabela 4) das sementes, quando foram acondicionadas na embalagem impermeável. Na embalagem permeável, o aumento do teor de água das sementes e a alta umidade relativa do ambiente (Figura 1A) promoveram a perda total da capacidade germinativa. Como salientaram TOLEDO & MARCOS FILHO (1977), um inconveniente da câmara fria é apresentar elevada umidade relativa do ar, aumentando o teor de água das sementes; considerando que a embalagem é permeável, as sementes absorveram água.

A câmara seca, que vinha sendo um ambiente adequado para a conservação da capacidade germinativa das sementes acondicionadas na embalagem permeável, já que manteve o teor de água das sementes estável (Figura 1), no final do período de armazenamento apresentou germinação e vigor tão reduzidos quanto na embalagem impermeável (Tabelas 3 e 4). Ficou evidente, assim, que a diferença de 10 °C entre a temperatura da câmara fria e da câmara seca foi decisiva para a conservação das sementes.

Trabalhando com *Parapiptadenia rigida*, RAMOS (1980) e FOWLER & CARPANEZZI (1998) também verificaram que a câmara fria foi o ambiente mais adequado para o armazenamento por um ano das sementes acondicionadas em embalagens semipermeável e impermeável. FOWLER & CARPANEZZI (1998) também não obtiveram bons resultados acondicionando as sementes em embalagem permeável e as armazenando em câmara seca. O teor de água inicial das sementes, que era de

15,5%, foi mantido em torno de 11% na câmara seca. Os autores consideraram que essa redução afetou a germinabilidade das sementes durante o armazenamento e sugeriram que as sementes apresentam comportamento intermediário mencionado por ELLIS et al. (1990a).

Embora SILVA (1990) tenha armazenado sementes de *Piptadenia peregrina* por apenas quatro meses, acentuada redução na capacidade germinativa inicial (94%) foi constatada mesmo na câmara fria (64%) e na ante-câmara (50%). O ambiente denominado pelo autor de câmara fria, na realidade, tratou-se de uma câmara fria e seca (7 °C e 22% UR) e o de ante-câmara uma câmara seca (20 °C e 50% UR).

4.3. Secagem para armazenamento em temperatura inferior a zero

Para o armazenamento em temperatura inferior a zero (baixa e ultra-baixa temperaturas), visando a conservação de recursos genéticos a longo prazo, as sementes devem apresentar teor de água variando de 3 a 7% (FAO/IPGRI, 1994, citados por ELLIS et al., 1996 e HONG & ELLIS, 1998). Métodos convencionais de secagem freqüentemente não reduzem o teor de água das sementes suficientemente (Justice & Bass, 1978, citados por HU et al., 1998) e os bancos genéticos necessitam de métodos para reduzir o teor de água das sementes a baixos níveis, sem causar danos. RAMOS (1980) constatou que a secagem em estufa a 42 °C por três horas reduziu o teor de água das sementes de *Parapiptadenia rigida* (angico) para 8,7% e que período superior a esse afetou negativamente a qualidade fisiológica das sementes.

Nesta tese, as sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 foram secadas sobre soluções salinas saturadas e sobre sílica gel, no interior de dessecadores colocados em ambiente com a temperatura de $20 \pm 0,5$ °C. Os dois experimentos foram iniciados simultaneamente e as sementes, que se encontravam armazenadas na sala climatizada, apresentaram 12,5% de água, 48% de capacidade germinativa e índice de velocidade de germinação igual a 1,3.

Posteriormente foi instalado um terceiro experimento, cujas sementes foram desidratadas por liofilização.

4.3.1. Secagem sobre soluções salinas saturadas

As sementes expostas à solução preparada com LiCl (12,5% UR) demoraram 38 dias para atingir o teor de água de 5,9% em equilíbrio higroscópico; as sementes expostas às soluções de KAc (23% UR) e de K₂CO₃ (44% UR) demoraram 44 dias para atingir, respectivamente, 7,0 e 9,4% de água (Tabela 5).

Tabela 5. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* secadas sobre diferentes soluções salinas saturadas. Colheita em 09/09/04; início da secagem em 14/10/04.

Secagem	Sal	Equilíbrio higroscópico	TA (%)	G (%)	IVG
Antes			12,5	48 c	1,3 b
	LiCl	22/11/04	5,9	63 b	1,6 b
Depois	KAc	28/11/04	7,0	58 b	2,3 b
	K ₂ CO ₃	28/11/04	9,4	88 a	4,9 a
F para tratamento				54,62 **	20,84 **
Coeficiente de variação (%)				9,9	30,0

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(**) Significativo a 1% de probabilidade.

A porcentagem de germinação que, antes da secagem era de 48%, aumentou significativamente para 58 e 63% quando o teor de água foi reduzido para 7,0 e 5,9%, respectivamente. O índice de velocidade de germinação aumentou gradativamente de 1,3 para 2,3, embora de forma não significativa (Tabela 5). Aumento mais acentuado e significativo foi observado quando as sementes foram secadas sobre a solução de K₂CO₃, conduzindo ao teor de água de 9,4% com capacidade germinativa de 88% e índice de velocidade de 4,9.

Fazendo um retrospecto da qualidade fisiológica das sementes desse sub-lote, verifica-se que após o beneficiamento, em 16/09/04, elas apresentaram 87% de

germinação e índice de velocidade (IVG) de 3,0 (Tabela 1). No início da secagem sobre soluções salinas saturadas (Tabela 5), em apenas um mês, a germinação foi reduzida para 48% e o IVG para 1,3. Esses resultados sugerem uma possível deterioração das sementes; contudo, após a secagem, as sementes recuperaram sua qualidade fisiológica, principalmente quando expostas à solução de K_2CO_3 , inclusive aumentando o vigor em relação ao valor inicial.

Como nesse período as sementes haviam permanecido na sala climatizada, é possível que elas tenham adquirido dormência secundária, em consequência da variação da temperatura e da umidade relativa do ar ocorrida nessa sala. Tanto que no início do armazenamento em temperatura superior a zero, em 10/11/04, as sementes haviam permanecido por 25 dias na sala de desidratação, com condições mais controladas, e a capacidade germinativa foi aumentada para 67% (Tabela 3) e o IVG para 2,8 (Tabela 4), revelando uma recuperação na qualidade fisiológica.

Pode-se considerar que, na sala de desidratação e na secagem sobre soluções salinas saturadas, houve superação da dormência secundária adquirida na sala climatizada. De acordo com CARDOSO (2004) e MARCOS FILHO (2005), a indução e a superação da dormência secundária podem ocorrer sucessivamente na mesma semente, dependendo das variações das condições ambientais, principalmente da umidade relativa, temperatura, luz e oxigênio.

CADDAH et al. (2005) submeteram sementes de *Talauma ovata* (bagaçu) com teor de água de 12,8% à exposição sobre solução salina saturada preparada com Acetato de Potássio (KAc) e o equilíbrio higroscópico foi estabelecido após oito semanas (56 dias), com teor de água 6,5%. As sementes não germinaram após a secagem e os autores concluíram que as sementes dessa espécie são recalcitrantes. Cloreto de Lítio (LiCl) e Acetato de Potássio (KAc) foram dois dos cinco sais utilizados por ABREU & MEDEIROS (2005a) para secar sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilho) com 97% de germinação e 8,5% de teor de água, sobre soluções saturadas. O teor de água das sementes foi equilibrado em 3,8% para LiCl e em 4,5% para KAc. Esses dois sais também estão entre os seis utilizados por ABREU & MEDEIROS (2005b) para secar sementes de *Miconia cabucu* (pixiricão) com 100% de germinação e 12,5% de água. O teor de água foi equilibrado em 8,1% sobre solução

saturada de LiCl e em 10,5% sobre solução de KAc. A capacidade germinativa das sementes dessas últimas duas espécies não foi afetada pela secagem.

Em todos esses trabalhos, os dessecadores contendo as soluções salinas saturadas foram mantidos a 20 °C e o teor de água de equilíbrio variou entre as espécies, para o mesmo sal. Essa diferença entre espécies pode ser atribuída à relação entre o teor de lipídeos e o teor de água das sementes, relatada por VERTUCCI & ROOS (1990). Trabalhando com oito espécies e dois métodos de secagem, HU et al. (1998) constataram uma relação inversa entre o teor de água e o teor de lipídeos contido nas sementes.

4.3.2. Secagem sobre sílica gel

Quando as sementes foram secadas sobre sílica gel, o teor de água foi reduzido para 4,5%, a capacidade germinativa aumentou para 89% e o índice de velocidade aumentou para 4,2 (Tabela 6). Os resultados foram semelhantes aos obtidos sobre solução saturada de K₂CO₃, apresentados na Tabela 5. Tal como ocorreu no sub-item anterior, a secagem deve ter superado a dormência secundária das sementes. No caso da sílica gel, o teor de água de equilíbrio foi estabelecido 81 dias após o início da secagem.

Tabela 6. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* secadas sobre sílica gel. Colheita em 09/09/04; início da secagem em 14/10/04; equilíbrio em 03/01/05.

Secagem	TA (%)		G (%)		IVG	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	12,5	4,5	48	89	1,3	4,2

Analisando os teores de água de equilíbrio obtidos nas soluções salinas saturadas (Tabela 5), tem-se a impressão de que maior teor de água (9,4%) favorece a germinação das sementes, uma vez que a capacidade germinativa e o índice de velocidade de germinação obtidos com 5,9 e 7,0% de água foram inferiores estatisticamente. Entretanto, com a sílica gel obteve-se 4,5% de água (Tabela 6) e a qualidade fisiológica foi comparável à das sementes com 9,4% de água obtido com a solução preparada com K_2CO_3 (Tabela 5). Esse resultado indica que as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* são tolerantes à dessecação a baixo nível de teor de água.

Para algumas espécies, o teor de água das sementes foi reduzido após secagem sobre sílica gel sem prejudicar a qualidade fisiológica das sementes, como verificaram LEÃO et al. (1995) para *Swietenia macrophylla* (mogno) e NOGUEIRA et al. (2001) para *Cedrela fissilis* (cedro). Para outras espécies, foi constatado aumento na capacidade germinativa com a redução no teor de água das sementes após exposição sobre sílica gel. Dessa maneira, o teor de água das sementes de *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) foi reduzido de 7,1 para 4,8% após sete dias de secagem e o poder germinativo aumentado de 90 para 100% (SALOMÃO & SANTOS, 1999).

Aumento mais expressivo, como o que ocorreu com *A. peregrina* var. *falcata*, foi verificado para duas outras espécies: a secagem por 11 dias reduziu de 12,4 para 5,4% o teor de água das sementes de *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca) e aumentou o poder germinativo de 65 para 99% (NOGUEIRA et al., 1999) e a secagem por três dias diminuiu de 10 para 6,5% o teor de água das sementes de *Peltophorium dubium* (tamboril) e aumentou o poder germinativo de 42 para 96% (WANDERLEY et al., 2001). Assim, por algum motivo (talvez até a superação da dormência), a secagem para alcançar baixo teor de água leva a um aumento da germinação das sementes.

4.3.3. Secagem por liofilização

Quando as sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 foram submetidas à liofilização, elas já haviam permanecido por 30 dias na sala climatizada, 25 dias na sala de desidratação e três meses e meio na câmara seca. O teor de água das sementes (7,8%) estava em equilíbrio higroscópico com a umidade

relativa do ar da câmara seca e a qualidade fisiológica das sementes era baixa (42% de germinação e índice de velocidade de germinação de 1,6), como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* liofilizadas por diferentes períodos, com e sem congelamento prévio. Colheita em 09/09/04; liofilização em 25/02/05.

Congelamento prévio	Período de liofilização	TA (%)	G (%)	IVG
Com congelamento	0 h	7,8	42	1,6
	6 h	4,2	84	3,0
	12 h	3,8	84	3,4
	24 h	3,1	88	3,5
Sem congelamento	0 h	7,8	42	1,6
	6 h	4,0	94	3,6
	12 h	3,8	81	3,2
	24 h	3,4	81	3,2
	42 h	3,6	91	3,7
	72 h	3,4	86	3,3
	96 h	2,7	89	3,7

No Brasil a liofilização é utilizada principalmente para a desidratação de alimentos, que normalmente apresentam elevado teor de água, motivo pelo qual é feito um congelamento prévio antes do produto ser colocado no liofilizador. De acordo com SAMPAIO (2004)², o congelamento prévio é desnecessário para a liofilização de material biológico com baixo teor de água. Em função dessa informação, neste experimento as sementes foram liofilizadas com congelamento prévio (24 h em freezer a -20 °C) até 24 h de liofilização e sem congelamento prévio até 96 h de liofilização.

WOODSTOCK et al. (1976), em um dos tratamentos testados em seu trabalho, liofilizaram sementes de *Allium cepa* (cebola), *Capsicum annuum* (pimentão) e *Petroselinum crispum* (salsa) sem congelamento prévio e após congelamento prévio em nitrogênio líquido. NATALE & CARVALHO (1983) congelaram sementes de *Tabebuia* sp (ipê-roxo) a -70 °C antes da liofilização e HU et al. (1998) congelaram sementes de oito espécies em freezer a -47 °C por 3 h antes da liofilização.

Os resultados apresentados na Tabela 7 evidenciam que o congelamento prévio foi desnecessário e que a liofilização foi eficiente para reduzir o teor de água e melhorar a qualidade fisiológica das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*. Tal como no caso da secagem sobre soluções salinas saturadas e sobre sílica gel, a liofilização pode ter superado a dormência secundária das sementes. Com apenas 6 h de liofilização, sem congelamento prévio, o teor de água das sementes foi reduzido para 4,0% e a qualidade fisiológica elevada para 94% de germinação e índice de velocidade de 3,6. A partir desse período o teor de água tendeu a diminuir, porém, sem melhoria na qualidade fisiológica das sementes. Em função desses resultados, os experimentos subseqüentes de liofilização com sementes dessa espécie foram conduzidos sem congelamento prévio e com período de liofilização de 6 h.

O menor teor de água (2,7%) foi obtido após 96 h de liofilização (Tabela 7). No trabalho desenvolvido por WOODSTOCK et al. (1976), as sementes foram submetidas a 24, 48 e 96 h de liofilização. Sem congelamento prévio, o teor de água das sementes de salsa, que era de 9,9%, foi reduzido para 5,1% após 24 h, para 4,4% após 48 h e para 3,8% após 96 h de liofilização. Da mesma forma, para as sementes de cebola, o teor de água foi reduzido de 9,0% para 4,1% após 24 h, para 3,7% após 48 h e para

² SAMPAIO, A.A.M. Departamento de Zootecnia, FCAV/UNESP, Jaboticabal, comunicação pessoal, 2004.

3,3% após 96 h de liofilização. Para as sementes de pimentão, o teor de água foi reduzido de 7,4% para 3,2% após 24 h, para 2,9% após 48 h e para 2,5% após 96 h de liofilização. Em todos os casos, a liofilização não afetou a capacidade germinativa das sementes.

Apenas nos trabalhos conduzidos por WOODSTOCK et al. (1976), HU et al. (1998) e KONG & ZHANG (1998), foi testado mais de um período de liofilização. Nos demais trabalhos citados na revisão de literatura, foi utilizado apenas um período de liofilização.

Em dois trabalhos realizados na China, a secagem sobre sílica gel foi comparada com a liofilização. HU et al. (1998) liofilizaram sementes de oito espécies agrícolas por um, dois e quatro dias e o teor de água mínimo foi alcançado após dois ou quatro dias. Amostras de 200 g de sementes de três das oito espécies foram colocadas em dessecadores com capacidade de 6 L contendo 2 kg de sílica gel regenerada regularmente por aquecimento a 103 °C. Para aumentar a velocidade de secagem, foram instalados pequenos ventiladores no interior dos dessecadores. Teores de água constantes foram alcançados após 110 a 167 dias sem ventilador e após 60 a 112 dias com ventilador, dependendo da espécie.

Nos dois métodos, a secagem não teve efeito mensurável na porcentagem de germinação das sementes. Contudo, os autores recomendaram o uso da sílica gel por ser mais facilmente disponível, conduzir a menor teor de água e ser de menor custo.

A recomendação de KONG & ZHANG (1998) foi diferente; os autores obtiveram teores de água comparáveis após dois dias de liofilização e após cerca de três semanas usando sílica gel. Foi concluída pela vantagem da liofilização, cuja velocidade de secagem foi 10 vezes maior que com sílica gel. Quanto ao custo, os autores consideraram desfavorável a necessidade de energia para secar diariamente a sílica gel a 100 °C.

4.4. Efeito do teor de água inicial das sementes na secagem

No trabalho desenvolvido por WOODSTOCK et al. (1976), referido no subitem anterior, as sementes foram liofilizadas com teor de água inicial inferior a 10%.

Contudo, as sementes são freqüentemente colhidas com teor de água superior a 10% e os autores consideraram a necessidade de efetuar a secagem convencional antes da liofilização. Para testar a influência do teor de água inicial, os autores equilibraram amostras de sementes das três espécies a 8, 14 e 20% de água, imediatamente antes da liofilização por 24 h, com (imersão em nitrogênio líquido) e sem congelamento prévio. Foram avaliadas a primeira contagem (índice de vigor) e a porcentagem final de germinação.

A tolerância das sementes variou com a espécie: as sementes de cebola foram menos sensíveis às injúrias, enquanto as sementes de pimentão e de salsa foram mais sensíveis a danos e apresentaram alguma perda de vigor quando o teor de água das sementes foi de 14 ou 20%. Com 20% de água, as sementes de salsa não germinaram após a liofilização, com e sem congelamento prévio, e as de pimentão tiveram a capacidade germinativa acentuadamente reduzida. Com 8% de água, as sementes das três espécies apresentaram boa germinação após a liofilização sem congelamento prévio. Para as sementes de salsa, mesmo com 8% de água, houve redução no vigor quando as sementes foram congeladas antes da liofilização. Os autores concluíram que a liofilização pode não ser apropriada para sementes contendo mais de 8 ou 9% de água, mas que isso pode variar com a espécie.

Nesta tese, a influência do teor de água inicial na secagem por liofilização e sobre sílica gel foi testada para as sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* e *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* colhidas em 2005.

4.4.1. Secagem por liofilização

Três sub-lotes de sementes de *A. peregrina* var. *falcata* foram liofilizados por 6 h, sem congelamento prévio. Apenas para o primeiro sub-lote, com teor de água de 11,6%, foi determinada a qualidade fisiológica das sementes, que apresentaram 52% de germinação e índice de velocidade de 2,2. Após a liofilização o teor de água foi reduzido para 5,1% e a qualidade fisiológica das sementes foi prejudicada, o mesmo ocorrendo com o sub-lote com teor de água de 9,8% (Tabela 8)

O sub-lote contendo 8,9% de água manteve, após a liofilização, qualidade fisiológica similar à apresentada antes da liofilização, demonstrando o efeito benéfico do menor teor de água inicial para a secagem por liofilização, comentada por WOODSTOCK et al. (1976). Mesmo assim, os valores foram baixos e semelhantes aos obtidos após o beneficiamento das sementes (Tabela 1), evidenciando a baixa qualidade desse sub-lote, que não foi mais utilizado neste trabalho.

O sub-lote de *A. colubrina* var. *cebil* foi dividido em duas amostras, a primeira com 10,6% e a segunda com 8,7% de água. A seguir, foram liofilizadas com e sem congelamento prévio por diferentes períodos. Nos dois casos, não houve efeito significativo do congelamento na qualidade fisiológica das sementes (Tabelas 9 e 10),

Tabela 8. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* com diferentes teores de água, antes e depois da liofilização por 6 h. Colheita em 19/08/05.

Data da liofilização	TA (%)		G (%)		IVG	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
30/08/05	11,6	5,1	52	43	2,2	1,8
02/09/05	9,8	4,5	-	41	-	1,8
04/09/05	8,9	4,1	-	52	-	2,3

Obs. Dados não submetidos à análise estatística.

Não foram determinados a porcentagem e o índice de velocidade de germinação das sementes antes da liofilização em 02/09/05 e 04/09/05.

confirmando que não é necessário o congelamento prévio das sementes com teor de água em torno de 10%.

Quando as sementes foram liofilizadas com 10,6% de água (Tabela 9), sem congelamento, a secagem foi estabilizada após 18 h, com teor de água de

aproximadamente 5%. Com congelamento, o teor de água foi reduzido gradativamente, atingindo 5,2% após 24 h e 4,4% após 42 h de liofilização. O período de 6 h de liofilização não foi suficiente para reduzir o teor de água das sementes para os níveis recomendados ao armazenamento a longo prazo.

Com mais de 6 h de liofilização, contudo, houve redução na qualidade fisiológica das sementes, concordando com a sugestão de WOODSTOCK et al. (1976) de que a liofilização nem sempre é apropriada para sementes com teor de água superior a 8 ou 9%, dependendo da espécie. Os autores consideraram que possivelmente as injúrias observadas em sementes com elevado teor de água, foram devidas mais ao congelamento do que à secagem.

Tabela 9. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* com teor de água superior a 10%, liofilizadas por diferentes períodos sem (SC) e com (CC) congelamento prévio. Colheita em 25/08/05; liofilização em 05/09/05.

Liofilização		TA (%)		G (%)		IVG	
		Período					
		10,6		90		3,5	
Antes		SC	CC	SC	CC	SC	CC
Depois							
	6 h	7,1	6,8	89 aA	79 aA	2,9 aA	2,6 aA
	18 h	5,1	5,9	39 bA	36 bA	1,4 bA	1,4 bA
	24 h	5,0	5,2	26 bA	38 bA	1,2 bA	1,5 abA
	42 h	5,0	4,4	28 bA	30 bA	1,3 bA	1,3 bA
F para congelamento (C)				0,00 ^{ns}		0,75 ^{ns}	
F para período de liofilização (P)				56,61 ^{**}		15,95 ^{**}	
F para interação (CxP)				1,80 ^{ns}		1,60 [*]	
Coeficiente de variação (%)				20,10		31,50	

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

Quando as sementes com 8,7% de água foram liofilizadas, pelos mesmos períodos de tempo (Tabela 10), a evolução da secagem foi semelhante ao observado no caso anterior, porém, o teor de água final foi inferior. Sem congelamento o teor de água foi estabilizado após 18 h, em 3,8%, enquanto que com congelamento a secagem foi gradativa até 42 h de liofilização, alcançando 3,5% de água.

Tabela 10. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* com teor de água inferior a 10%, liofilizadas por diferentes períodos sem (SC) e com (CC) congelamento prévio. Colheita em 25/08/05; liofilização em 10/09/05.

Liofilização		TA (%)		G (%)		IVG	
		Período					
		8,7		86		3,5	
Antes		SC	CC	SC	CC	SC	CC
Depois	6 h	5,9	6,1	91 aA	87 abA	4,2 aA	4,0 aA
	18 h	3,8	4,3	93 aA	89 abA	4,5 aA	4,4 aA
	24 h	3,7	4,2	85 abA	91 aA	4,2 aA	4,2 aA
	42 h	3,7	3,5	76 bA	77 bA	3,7 aA	3,9 aA
F para congelamento (C)				0,00 ^{ns}		0,02 ^{ns}	
F para período de liofilização (P)				6,73 ^{**}		0,86 ^{ns}	
F para interação (CxP)				0,84 ^{ns}		0,04 ^{ns}	
Coeficiente de variação (%)				11,56		27,92	

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

O índice de velocidade de germinação não foi afetado pelos períodos de liofilização, mas após 42 h de liofilização a capacidade germinativa das sementes foi inferior à dos demais períodos. Como a estabilização do teor de água ocorreu após 18

h de liofilização sem congelamento prévio, sem afetar a qualidade fisiológica das sementes, não se justifica o uso do congelamento prévio e de períodos mais prolongados.

4.4.2. Secagem sobre sílica gel

Na secagem das sementes de *A. colubrina* var. *cebil* sobre sílica gel, a partir de sementes com teores de água superior e inferior a 10%, foram obtidos resultados diferentes dos observados com a liofilização. O teor de água final das sementes se estabilizou no mesmo valor (5,0%), independente do teor de água inicial das sementes (Tabelas 11 e 12).

Quando as sementes com 10,6% de água foram secadas, houve redução tanto na porcentagem quanto na velocidade de germinação das sementes (Tabela 11). Além do alto teor de água, o longo período de secagem (120 dias) também pode ter afetado a qualidade fisiológica das sementes.

Tabela 11. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* com teor de água superior a 10%, secadas sobre sílica gel. Colheita em 25/08/05; início da secagem em 05/09/05; equilíbrio em 03/01/06.

Secagem	TA (%)		G (%)		IVG	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	10,6	5,0	88	52	3,1	2,3

Quando as sementes com 8,7% de água foram secadas, a capacidade germinativa foi mantida, porém, as sementes que germinaram o fizeram com maior velocidade (Tabela 12). O período de secagem foi de 115 dias, um pouco menor do constatado para as sementes com maior teor de água inicial.

Para as sementes de algumas espécies arbóreas brasileiras, submetidas à secagem sobre sílica gel com teor de água igual ou superior a 10%, a capacidade germinativa foi mantida ou aumentada. Sementes de *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca) com 12,4% de água tiveram a capacidade germinativa aumentada de 65 para 99% após

Tabela 12. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* com teor de água inferior a 10% secadas sobre sílica gel. Colheita em 25/08/05; início da secagem em 10/09/05; equilíbrio em 03/01/06.

Secagem	TA (%)		G (%)		IVG	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	8,7	5,0	88	87	2,8	3,4

11 dias de secagem até 5,4% de água (NOGUEIRA et al., 1999), as de *Peltophorum dubium* (tamboril) com 10,0% de água de 42 para 71% de germinação após quatro dias de secagem até 5,8% de água (WANDERLEY et al., 2001) e as de *Cedrela fissilis* (cedro) com 15,1% de água mantendo o poder germinativo após três dias de secagem até teor inferior a 3,0% de água (NOGUEIRA et al., 2001).

Quando as sementes com teor de água inferior a 10% foram colocadas para secar, LEÃO et al. (1995) conseguiram reduzir o teor de água das sementes de *Swietenia macrophylla* (mogno) de 6,2 para 2,4% durante dois dias de secagem sem afetar o poder germinativo e SALOMÃO & SANTOS (1999) reduziram o teor de água das sementes de *Dalbergia nigra* (jacarandá-da-bahia) de 7,1 para 4,8% durante sete dias de secagem, aumentando a qualidade fisiológica das sementes de 90 para 100% de germinação.

A diferença entre os teores de água obtidos pode estar relacionada com a composição química das sementes, como já foi comentado anteriormente. Nota-se que para as sementes de jacarandá-da-bahia, pata-de-vaca e de tamboril, o teor de água

após a secagem variou de 4,8 a 5,8%, valores esses próximos dos obtidos para as sementes de *A. colubrina* var. *cebil*, de 5,0% de água.

Comparando os dois métodos de secagem, verifica-se que o equilíbrio higroscópico sobre sílica gel foi atingido com 4,5% de água para as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 (Tabela 6) e com 5,0% de água para as de *A. colubrina* var. *cebil* colhidas em 2005 (Tabela 12). Por liofilização, após 42 h de secagem sem congelamento prévio, obteve-se praticamente o mesmo teor de água para as duas espécies: 3,6% para as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* (Tabela 7) e 3,7% para as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* (Tabela 10).

Esses resultados foram diferentes dos constatados por HU et al. (1998), com sementes de oito espécies agrícolas, cujos teores de água finais obtidos com a secagem sobre sílica gel foram menores que os obtidos com a liofilização. Esses autores constataram, também, que houve uma relação inversa entre o teor de água obtido após a secagem e o teor de lipídeos das sementes de cada espécie. Levando em conta essa relação, o teor de água de equilíbrio das sementes de *A. peregrina* var. *falcata* (4,5% sobre sílica gel e 3,6% por liofilização) deveria ter sido maior que o de *A. colubrina* var. *cebil* (5,0% sobre sílica gel e 3,7% por liofilização), uma vez que o teor de lipídeos das sementes de *A. peregrina* var. *falcata* foi levemente inferior, como pode ser observado na Tabela 13.

Tabela 13. Composição química das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* colhidas em Araraquara (SP) e de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* colhidas em Assis (SP).

Espécie	Colheita	Componente (%)		
		Proteína	Amido	Lipídeo
<i>A. peregrina</i> var. <i>falcata</i>	09/09/04	31,6	17,5	6,06
<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	25/08/05	33,4	17,4	6,81

Esses resultados sugerem que outros fatores possam estar envolvidos. Os próprios valores obtidos por HU et al. (1998) não foram regra geral: na secagem por liofilização, as sementes de *Oryza sativa* (arroz) com 4,7% de lipídeos alcançaram 6,0% de água, enquanto que as de *Hordeum vulgare* (cevada) com 5,3% de lipídeos atingiram 6,9% de água

4.5. Armazenamento em temperatura inferior a zero

Depois que as sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* foram submetidas à secagem sobre soluções salinas saturadas e após as sementes das duas espécies terem sido secadas sobre sílica gel e por liofilização, elas foram acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes. Nesses experimentos, pelo menos um tratamento constou do armazenamento em ambiente com temperatura inferior a zero.

4.5.1. Após secagem sobre soluções salinas saturadas

Após as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 terem atingido os teores de água de 5,9% sobre LiCl, 7,0% sobre KAc e 9,4% sobre K₂CO₃, elas foram acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas por até 645 dias em freezer, ultra-freezer e em nitrogênio líquido fase vapor. O teor de água das sementes, determinado em cada período de armazenamento, está apresentado na Figura 3.

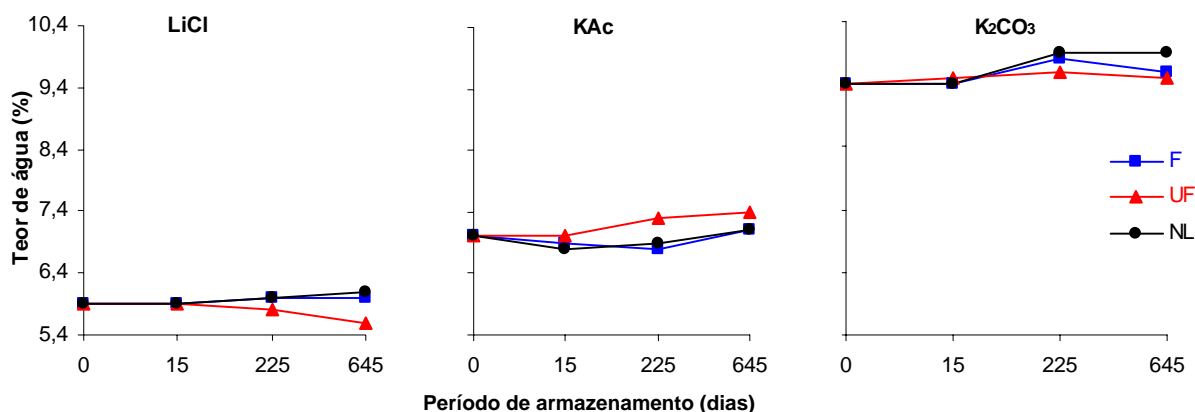


Figura 3. Teor de água das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* secadas sobre diferentes soluções salinas saturadas, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas por diferentes períodos em freezer (F), ultra-freezer (UF) e nitrogênio líquido (NL). Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 28/11/04.

Existem informações (Karth, 1985, citado por SANTOS, 2000) que na fase de vapor, a temperatura do nitrogênio líquido é de -150 °C. Entretanto, durante o monitoramento efetuado no interior do botijão, com termômetro digital, a temperatura foi de -188 °C, concordando com a especificação do fabricante.

Em relação ao comportamento germinativo das sementes durante o armazenamento, as equações de regressão foram não significativas, para os dois parâmetros avaliados. Por essa razão, na Tabela 14 estão apresentadas apenas as médias gerais de cada tratamento.

Tabela 14. Valores médios de porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* secadas sobre diferentes soluções salinas saturadas, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 28/11/04.

Ambiente de armazenamento	Parâmetro avaliado					
	G (%)			IVG		
	LiCl	KAc	K ₂ CO ₃	LiCl	KAc	K ₂ CO ₃
Freezer	45 (ns)	52 (ns)	80 (ns)	1,4 (ns)	2,0 (ns)	3,2 (ns)
Ultra-freezer	50 (ns)	54 (ns)	82 (ns)	1,8 (ns)	2,0 (ns)	3,4 (ns)
Nitrogênio líquido	57 (ns)	56 (ns)	69 (ns)	2,3 (ns)	2,0 (ns)	2,8 (ns)

(ns) Equação de regressão não significativa a 5% de probabilidade.

Comparando com os valores obtidos logo após o equilíbrio higroscópico (Tabela 5), em todos os tratamentos as médias obtidas durante o armazenamento foram um pouco menores. As sementes equilibradas em K₂CO₃ mantiveram a qualidade superior, em comparação com os outros dois sais utilizados, sugerindo que o armazenamento em temperatura inferior a zero com maior teor de água (9,4%) foi mais favorável do que em menores teores de água (5,9 e 7,0%).

Quando as sementes equilibradas em K₂CO₃ foram armazenadas no nitrogênio líquido, a qualidade fisiológica das sementes foi inferior à constatada no freezer e no ultra-freezer, sugerindo que a temperatura criogênica não foi favorável para a conservação das sementes. Isso pode ter ocorrido pelo fato do teor de água das sementes ter sido superior à faixa de 3 a 7%, recomendada pela FAO/IPIGRI (1994) citados por ELLIS et al. (1996) e HONG & ELLIS (1998), para o armazenamento a longo prazo em bancos de germoplasma, com temperatura inferior a zero.

Era de se esperar que as sementes contendo 5,9 e 7,0% de água, equilibradas em LiCl e KAc, se conservassem melhor em temperatura inferior a zero do que as

equilibradas em K_2CO_3 , com 9,4% de água. Como isso não ocorreu, outros fatores podem estar envolvidos e estudos nessa linha de pesquisa devem ter continuidade.

Os resultados obtidos discordam dos constatados por ABREU & MEDEIROS (2005a,b), com sementes de *Sebastiania commersoniana* (branquilha) e de *Miconia cabucu* (pixiricão), respectivamente. As sementes foram equilibradas em várias soluções salinas (cinco e seis, respectivamente), obtendo teores de água que variaram de 2,3 a 17,3%, e a capacidade germinativa das sementes não foi afetada após 180 dias de armazenamento em câmara fria (5 e -5 °C), freezer (-18 °C) e nitrogênio líquido (-196 °C).

Considerando as análises de variância efetuadas após cada período de armazenamento (Tabelas 15 e 16), verifica-se que após 15 dias os valores de porcentagem e velocidade de germinação das sementes equilibradas em K_2CO_3 foram superiores aos obtidos em LiCl e KAc, quando armazenadas em freezer e ultra-freezer. Quando as sementes foram armazenadas em nitrogênio líquido, não houve diferença significativa entre os valores obtidos nas três soluções. Isso se repetiu após 225 e 645 dias de armazenamento, para a porcentagem de germinação (Tabela 15) e para a velocidade de germinação, embora em alguns casos de forma não significativa quando as sementes foram armazenadas em freezer e ultra-freezer.

Tabela 15. Porcentagem de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* secadas sobre diferentes soluções salinas saturadas, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 28/11/04.

Período	15 dias			225 dias			645 dias		
	LiCl	KAc	K ₂ CO ₃	LiCl	KAc	K ₂ CO ₃	LiCl	KAc	K ₂ CO ₃
Ambiente									
Freezer	41 <i>bB</i>	50 <i>aB</i>	78 <i>aA</i>	40 <i>bB</i>	49 <i>aB</i>	77 <i>aA</i>	40 <i>bB</i>	49 <i>aB</i>	76 <i>aA</i>
Ultra-freezer	56 <i>aB</i>	55 <i>aB</i>	82 <i>aA</i>	43 <i>bB</i>	51 <i>aB</i>	78 <i>aA</i>	42 <i>bB</i>	51 <i>aB</i>	78 <i>aA</i>
Nitrogênio líquido	58 <i>aA</i>	55 <i>aA</i>	62 <i>bA</i>	56 <i>aA</i>	56 <i>aA</i>	62 <i>bA</i>	56 <i>aA</i>	55 <i>aA</i>	62 <i>bA</i>
F para ambiente (A)		6,99 **			0,16 <i>ns</i>			0,35 <i>ns</i>	
F para solução (S)		31,56 **			17,95 **			27,18 **	
F para interação (AxS)		6,61 **			2,66 *			3,92 **	
CV para ambiente (%)		12,66			20,62			20,08	
CV para solução (%)		17,74			21,92			22,59	

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(*ns*) Não significativo a 5% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade

Teor de água e porcentagem de germinação obtidos após a secagem (Tabela 5): LiCl = 5,9 e 63%; KAc = 7,0 e 58 %; K₂CO₃ = 9,4 e 88 %.

Tabela 16. Índice de velocidade de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* secadas sobre diferentes soluções salinas saturadas, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 28/11/04.

Período	15 dias			225 dias			645 dias		
	LiCl	KAc	K ₂ CO ₃	LiCl	KAc	K ₂ CO ₃	LiCl	KAc	K ₂ CO ₃
Freezer	1,4 <i>bB</i>	2,1 <i>aB</i>	3,2 <i>aA</i>	1,4 <i>bA</i>	1,7 <i>aA</i>	2,3 <i>abA</i>	1,3 <i>bB</i>	1,7 <i>aAB</i>	2,3 <i>abA</i>
Ultra-freezer	2,0 <i>abB</i>	2,2 <i>aB</i>	3,1 <i>aA</i>	2,1 <i>abAB</i>	1,7 <i>aB</i>	2,8 <i>aA</i>	1,5 <i>abB</i>	1,6 <i>aB</i>	2,9 <i>aA</i>
Nitrogênio líquido	2,7 <i>aA</i>	2,2 <i>aA</i>	2,7 <i>aA</i>	2,5 <i>aA</i>	1,8 <i>aA</i>	1,8 <i>bA</i>	2,3 <i>aA</i>	1,8 <i>aA</i>	1,9 <i>bA</i>
F para ambiente (A):	0,85 <i>ns</i>			0,59 <i>ns</i>			0,78 <i>ns</i>		
F para solução (S):	14,86 **			4,15 *			9,24 **		
F para interação (AxS):	3,97 **			2,49 <i>ns</i>			5,48 **		
CV para ambiente: (%)	35,68			38,92			36,59		
CV para solução: (%)	27,54			35,61			31,43		

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(*ns*) Não significativo a 5% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

Teor de água e índice de velocidade de germinação obtidos após a secagem (Tabela 5): LiCl = 5,9% e 1,6; KAc = 7,0% e 2,3; K₂CO₃ = 9,4% e 4,9.

Comparando os ambientes de armazenamento, não houve diferença significativa quando as sementes foram equilibradas em KAc, tanto para a porcentagem (Tabela 15) como para a velocidade (Tabela 16) de germinação, em todos os períodos de armazenamento. As sementes equilibradas em LiCl tenderam a germinar melhor quando armazenadas em nitrogênio líquido, enquanto que as equilibradas em K_2CO_3 germinaram melhor quando armazenadas em freezer e ultra-freezer, como já foi comentado anteriormente.

4.5.2. Após secagem sobre sílica gel

As sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 e de *A. colubrina* var. *cebil* colhidas em 2005, após a secagem sobre sílica gel, foram acondicionadas e armazenadas em diferentes condições.

4.5.2.1. *Anadenanthera peregrina* var. *falcata*

Após a secagem, as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* foram acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em freezer e nitrogênio líquido fase vapor. O teor de água de 4,5%, obtido após o estabelecimento do equilíbrio higroscópico (Tabela 6), foi mantido durante todo o período de armazenamento, nos dois ambientes, como mostra a Figura 4.

Quanto ao comportamento germinativo das sementes durante o armazenamento, não foi constatada significância nas análises de regressão, para os dois parâmetros avaliados. Não foi apresentada uma tabela contendo as médias gerais para cada ambiente, porque na Tabela 17, onde estão contidas as médias para cada período de armazenamento, pode-se constatar que a capacidade germinativa se manteve em 89% e o índice de velocidade de germinação em torno de 4,2%. Esses valores são idênticos aos obtidos após a secagem sobre sílica gel (Tabela 6).

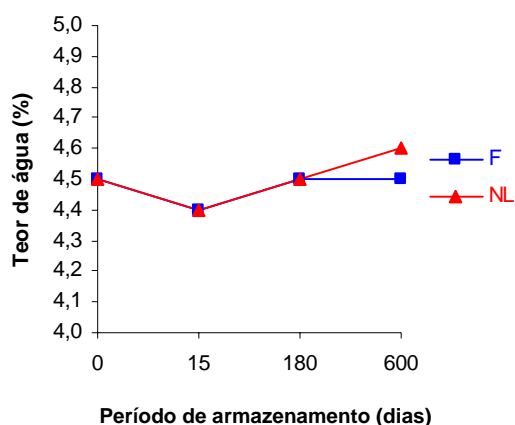


Figura 4. Teor de água das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* secadas sobre sílica gel, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas por diferentes períodos em freezer (F) e nitrogênio líquido (NL). Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 03/01/05.

Esses resultados mostram a eficiência da secagem sobre sílica gel na redução do teor de água das sementes, na superação da dormência e na manutenção da qualidade fisiológica das sementes durante o período de armazenamento (20 meses) em temperaturas baixa e ultra-baixa. Somando ao período que antecedeu o armazenamento, a idade das sementes, no final do período de armazenamento, foi de aproximadamente dois anos. Houve até aumento na velocidade de germinação, em relação aos valores obtidos logo após o beneficiamento das sementes (Tabela 1).

A secagem das sementes sobre sílica gel conduziu a um teor de água recomendado para o armazenamento em freezer, nos bancos de germoplasma convencionais (FAO/IPGRI, 1994, citados por ELLIS et al., 1996; SALOMÃO, 2002), e em temperatura ultra baixa proporcionada pelo nitrogênio líquido.

Os resultados obtidos neste experimento, no qual obteve-se 4,5% de água após a secagem, tiraram a impressão deixada no experimento anterior, de que menores teores de água (5,9 e 7,0%) são menos apropriados para o armazenamento em temperaturas baixa e ultra baixa do que teor de água mais elevado (9,4%). Mostram, também, que as sementes suportaram temperaturas baixa e ultra-baixa tanto com teor de água mais baixo (4,5%) como com teor de água mais elevado (9,4%). A tolerância à

Tabela 17. Porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* secadas sobre sílica gel, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; equilíbrio higroscópico e início do armazenamento em 03/01/05.

Ambiente	Período	G (%)			IVG		
		15 dias	180 dias	600 dias	15 dias	180 dias	600 dias
Freezer		89 a	88 a	89 a	4,1 a	4,1 a	4,1 a
Nitrogênio líquido		89 a	89 a	89 a	4,3 a	4,3 a	4,3 a
F para tratamento		0,00 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Coeficiente de variação (%)		8,32	10,33	6,74	31,02	21,43	26,70

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

(ns) Não significativo a 5% de probabilidade; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

Valores obtidos após a secagem: Teor de água = 4,5%; 89% de G; IVG = 4,2 (Tabela 6).

dessecação a baixo teor de água, bem como às temperaturas baixa e ultra-baixa, confirmam o comportamento ortodoxo apresentado pelas sementes de *A. peregrina* var. *falcata* durante o armazenamento.

4.5.2.2. *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*

As sementes de *A. colubrina* var. *cebil*, que foram colocadas para secar com teor de água de 8,7%, após o equilíbrio higroscópico com a sílica gel, tiveram o teor de água reduzido para 5,0%. A capacidade germinativa se manteve no mesmo nível (88 para 87%) e o índice de velocidade de germinação (IVG) aumentado de 2,8 para 3,4 (Tabela 12).

Após 230 dias de armazenamento (menos de oito meses), as sementes acondicionadas na embalagem permeável sem secagem e armazenadas na sala de laboratório tiveram o teor de água aumentado e a qualidade fisiológica extremamente reduzida (Tabela 18). Isso ocorreu em função da variação na temperatura e da umidade relativa do ar do ambiente em que permaneceram armazenadas. A partir da data da colheita, no final do período de armazenamento as sementes estavam com a idade aproximada de um ano e com capacidade germinativa inferior a 20%, indicando que as sementes dessa espécie também são de curta longevidade natural. Na sala de laboratório as sementes permaneceram protegidas da chuva e da insolação direta; no campo, em condições naturais, a velocidade de deterioração teria sido ainda maior.

As sementes armazenadas no nitrogênio líquido fase vapor mantiveram exatamente a qualidade fisiológica obtida após a secagem (87% de germinação e IVG de 3.3). Os outros tratamentos apresentaram de 77 a 83% de germinação, indicando que, no período de 230 dias, os métodos convencionais para o armazenamento a médio prazo são suficientes para conservar a capacidade germinativa das sementes. A diferença não significativa se deveu, provavelmente, ao elevado coeficiente de variação obtido para esse parâmetro.

Para o vigor, entretanto, o índice de velocidade de germinação das sementes secadas sobre sílica gel foi superior ao das sementes não submetidas à secagem. Esse

Tabela 18. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* com e sem secagem sobre sílica gel, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes por 230 dias. Colheita em 25/08/05; equilíbrio higroscópico e início do armazenamento em 03/01/06.

Secagem	Ambiente	Embalagem	TA (%)	G (%)	IVG
Sem	Sala de laboratório	Permeável	12,2	19 <i>b</i>	0,9 <i>c</i>
	Câmara seca	Permeável	8,4	78 <i>a</i>	2,4 <i>b</i>
	Câmara fria	Impermeável	8,6	78 <i>a</i>	2,1 <i>b</i>
Com	Sala de laboratório	Impermeável	5,3	77 <i>a</i>	3,3 <i>a</i>
	Câmara fria	Impermeável	5,3	83 <i>a</i>	3,2 <i>a</i>
	Nitrogênio líquido	Impermeável	5,0	87 <i>a</i>	3,3 <i>a</i>
F para condição de armazenamento				10,21 **	10,13 **
Coeficiente de variação (%)				30,66	33,19

(*a, b*) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(**) Significativo a 1% de probabilidade.

Valores obtidos antes da secagem: TA = 8,6%; 88% G e IVG = 2,8 (Tabela 12).

Valores obtidos depois da secagem: TA = 5,0%; 87% G e IVG = 3,4 (Tabela 12).

resultado demonstra o aumento da velocidade de germinação das sementes expostas à sílica gel, já verificado para as sementes de *A. peregrina* var. *falcata*. É provável que a secagem tenha causado alguma alteração física no tegumento das sementes, tornando-o mais permeável e facilitando, conseqüentemente, a absorção de água.

LEÃO et al. (1995) também utilizaram a sílica gel para secar sementes de *Swietenia macrophylla* (mogno) colhidas no Brasil. As sementes desidratadas a 2,4% de água foram mantidas por 30 dias a -18 °C e os autores as classificaram como ortodoxas, considerando que o poder germinativo e o vigor não foram afetados pela secagem e pelo congelamento. Sementes dessa mesma espécie também foram classificadas como ortodoxas por Tompsett (1994) e Tompsett & Kemp (1996), citados por HONG & ELLIS (1998). Contudo, estes autores constataram que sementes de mogno colhidas na Malásia apresentaram comportamento intermediário durante o período de dois anos em que estiveram armazenadas: sementes com teor de água de 3,4 e 7,4% se conservaram melhor a 0 e a 10 °C do que a -20 °C; da mesma forma, sementes com 1,9% de água se conservaram melhor a 0 °C do que a 10 e -20 °C. Os autores comentaram que essa espécie tem sua área de ocorrência natural amplamente distribuída na América tropical, em várias altitudes, e que a determinação do comportamento durante o armazenamento requer grande quantidade de sementes, preferencialmente de vários lotes de diferentes procedências.

4.5.3. Após secagem por liofilização

Com base nos resultados da Tabela 10, uma amostra de sementes de *A. colubrina* var. *cebil* que se encontrava armazenada na câmara seca por 30 dias foi liofilizada por 18 h, sem congelamento prévio.

O teor de água de equilíbrio das sementes na câmara seca era de 8,6% e após a liofilização ele foi reduzido para 4,3%. A capacidade germinativa foi elevada de 88 para 94% e o índice de velocidade de germinação (IVG) de 2,8 para 4,4 (Tabela 19).

Verifica-se, nessa tabela, que após 60 dias de armazenamento não foi constatada diferença significativa para a capacidade germinativa, mas as sementes de alguns tratamentos germinaram em menor velocidade (Tabela 19). Esse resultado

concorda com a colocação de NUTILE (1964), de que a velocidade de germinação é um indicador mais sensível das injúrias causadas pela secagem do que a porcentagem final de germinação.

Após 330 dias de armazenamento (um ano após a colheita), as sementes acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na sala de laboratório tiveram germinação inexpressiva demonstrando curta longevidade natural, tal como ocorreu no experimento anterior referente ao armazenamento das sementes secadas sobre sílica gel.

O teor de água das sementes não liofilizadas se manteve nos níveis iniciais, variando de 8,2 a 8,6%, durante todo o período de armazenamento, quando acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na câmara seca e acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas na câmara fria. O teor de água das sementes liofilizadas também se manteve nos níveis iniciais, em torno de 4,4%.

Da mesma forma que aos 60 dias, a diferença entre os tratamentos cujas condições foram controladas não foi significativa para a porcentagem de germinação, mas as sementes germinaram mais rapidamente quando liofilizadas, acondicionadas na embalagem impermeável e armazenadas na sala de laboratório e em nitrogênio líquido fase vapor.

Os resultados obtidos neste experimento mostram que as sementes dessa espécie conservaram sua qualidade fisiológica por pelo menos um ano, quando liofilizadas, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em condições não controladas. Assim, a liofilização pode dispensar o uso de ambiente controlado, reduzindo os custos com o armazenamento como comentaram WOODSTOCK et al. (1983), NATALE & CARVALHO (1983) e FIGLIOLIA et al. (1986/88) que mostram, também, que a temperatura criogênica pode ser uma alternativa viável para o armazenamento a longo prazo das sementes dessa espécie.

Na câmara fria o vigor das sementes com e sem liofilização foi inferior, concordando com os resultados obtidos por SILVA et al. (2001), segundo os quais a liofilização foi eficiente para conservar as sementes de *Tabebuia heterophylla* (ipê-rosa)

Tabela 19. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* liofilizadas por 18 h e não liofilizadas, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 25/08/05; liofilização e início do armazenamento em 26/09/05.

Liofilização	Ambiente	Embalagem	TA (%)		G (%)		IVG	
			60 dias	330 dias	60 dias	330 dias	60 dias	330 dias
Sem	Sala de laboratório	Permeável	11,8	12,2	77 a	19 b	2,4 bc	0,9 c
	Câmara seca	Permeável	8,2	8,3	76 a	76 a	1,5 c	1,7 bc
	Câmara fria	Impermeável	8,4	8,6	80 a	80 a	1,8 c	2,0 b
Com	Sala de laboratório	Impermeável	4,4	4,4	84 a	83 a	3,3 a	3,3 a
	Câmara fria	Impermeável	4,5	4,5	75 a	75 a	2,2 bc	2,1 b
	Nitrogênio líquido	Impermeável	4,3	4,3	89 a	89 a	3,3 a	3,4 a
F para condição de armazenamento					2,50 *	17,81 **	8,86 **	12,46 **
Coeficiente de variação (%)					20,33	23,96	29,82	35,09

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(*) Significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

Valores obtidos antes da liofilização: TA = 8,6%; 88% G e IVG = 2,8

Valores obtidos depois da liofilização: TA = 4,3%; 94% G e IVG = 4,4

armazenadas por quase um ano e meio (489 dias) em ambiente não controlado e em câmara seca, mas desnecessária para o armazenamento em câmara fria.

A secagem excessiva pode afetar negativamente a germinabilidade das sementes durante o armazenamento a longo prazo (NUTILE, 1964). Segundo HARRINGTON (1972), alguma quantidade de água, possivelmente nas camadas monomoleculares, é necessária para proteger os constituintes essenciais das células contra a ação dos radicais livres. De acordo com WOODSTOCK et al. (1976), a liofilização remove seletivamente a água livre e multicamada, mantendo nas sementes a água monocamada, que é essencial. WOODSTOCK et al. (1983) relataram que a liofilização evitou danos potenciais da secagem durante o armazenamento de sementes de cebola, pimentão e salsa por seis a nove anos, porque esse método retira, por sublimação, apenas a água que está livre para formar cristais de gelo.

4.6. Superação da dormência secundária

Para verificar a superação da dormência adquirida pelas sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004, durante o período em que elas permaneceram na sala climatizada, as sementes foram submetidas à liofilização.

4.6.1. Após armazenamento em câmara seca

Após seis meses de armazenamento em câmara seca, as sementes apresentavam teor de água de 7,2%, germinação de 67% e IVG de 2,7. Após 12 meses, o teor de água das sementes foi de 8,0% e a qualidade fisiológica foi inferior (41% de germinação e IVG de 1,7), como pode ser observado na Tabela 20.

Nos dois casos, após a liofilização, o teor de água das sementes foi reduzido para valores semelhantes (4,7 e 4,8%), e a qualidade fisiológica aumentada também para valores similares (91 e 90% de germinação e índice de velocidade de 4,3 e 4,1). Esses resultados mostram que a liofilização superou a dormência secundária das sementes, conduzindo a valores de capacidade germinativa e índice de velocidade de

Tabela 20. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* antes e após a liofilização por 6 h, após armazenamento em câmara seca por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; liofilização em 10/05/05 e 10/11/05.

Período de Armazenamento	Antes da liofilização			Após a liofilização		
	TA (%)	G (%)	IVG	TA (%)	G (%)	IVG
06 meses	7,2	67	2,7	4,7	91	4,3
12 meses	8,0	41	1,7	4,8	90	4,1

germinação superiores aos obtidos logo após o beneficiamento, de 87% e 3,0, respectivamente (Tabela 1).

A maior velocidade de germinação geralmente obtida com a liofilização provavelmente está relacionada com a formação de fissuras na testa das sementes, que ocorre durante o congelamento. Referindo-se à exposição ao nitrogênio líquido, REIS & CUNHA (1997) citaram Jordan et al. (1982) e Pritchard et al. (1988), segundo os quais as fissuras formadas durante o congelamento aumentam a taxa de absorção de água e a germinação das sementes.

4.6.2. Após armazenamento em temperatura superior a zero

A superação da dormência foi testada também para as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* que permaneceram por 22 meses (Tabelas 3 e 4) acondicionadas em embalagens permeável e impermeável e armazenadas em sala de laboratório, câmara seca e câmara fria.

O teor de água das sementes após esse período variou de 7,1 a 16,5%, dependendo das condições de armazenamento, e foi reduzido pela liofilização para a faixa de 3,8 a 8,5% (Tabela 21). Pode ser observado que teor de água inicial mais elevado conduziu a maior teor de água depois da liofilização.

Tabela 21. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* liofilizadas por 6 h, após acondicionamento em diferentes embalagens e armazenamento em diferentes ambientes por 660 dias. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 10/11/04; liofilização em 04/09/06.

Ambiente	Embalagem	TA (%)		G (%)		IVG	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Sala de laboratório	Permeável	10,8	6,4	0 cA	0 bA	0,0 cA	0,0 bA
Sala de laboratório	Impermeável	10,3	5,0	1 cA	0 bA	0,0 cA	0,0 bA
Câmara seca	Permeável	7,8	4,3	21 bB	70 aA	0,7 bB	3,5 aA
Câmara seca	Impermeável	7,1	3,8	23 bB	77 aA	0,8 bB	3,7 aA
Câmara fria	Permeável	16,5	8,5	0 cA	0 bA	0,0 cA	0,0 bA
Câmara fria	Impermeável	9,6	5,0	50 aB	80 aA	1,5 aB	3,5 aA
F para liofilização (L)				110,81 **		132,53 **	
F para condição de armazenamento (A)				137,02 **		86,15 **	
F para interação (LxA)				25,17 **		28,41 **	
Coeficiente de variação (%)				38,13		47,32	

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(**) Significativo a 1% de probabilidade.

As sementes armazenadas na sala de laboratório acondicionadas nas duas embalagens, bem como as acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na câmara fria não germinaram antes e após a liofilização, indicando que elas estavam deterioradas.

As sementes armazenadas na câmara seca, acondicionadas nas duas embalagens, apresentavam baixa qualidade fisiológica, sugerindo que esse ambiente não foi eficiente para conservar as sementes. Contudo, após a liofilização a qualidade das sementes foi elevada a níveis comparáveis com os obtidos na câmara fria, quando as sementes foram acondicionadas na embalagem impermeável, indicando que as sementes estavam dormentes e que a câmara seca também foi um ambiente eficiente para conservar a qualidade das sementes a médio prazo.

Assim, no processo de liofilização existe um efeito positivo, provavelmente da temperatura ultra-baixa, na superação da dormência das sementes de *A. peregrina* var. *falcata*. Como salientaram Rosa & Ferreira (1998), citados por BORGHETTI (2004), para espécies de ocorrência em campos abertos como *Cuphea carthagenensis*, estudada pelos autores, a elevada germinabilidade só foi atingida após a variação da temperatura. Da mesma forma, MARCOS FILHO (2005) ressaltaram que a superação da dormência secundária depende da variação nas condições do ambiente.

A temperatura mais baixa da câmara fria já devia ter superado parcialmente a dormência das sementes, conduzindo a melhores resultados antes da liofilização, porém, sem diferença significativa após a liofilização.

4.7. Armazenamento após a superação da dormência secundária

As sementes de *A. peregrina* var. *falcata* colhidas em 2004 e submetidas à liofilização após a permanência por dois períodos (seis e doze meses) na câmara seca foram novamente armazenadas, considerando que a dormência secundária teria sido superada.

4.7.1. Após permanência por seis meses na câmara seca

As sementes com 4,7% de água, 91% de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de 4,3 (Tabela 22) foram acondicionadas e a seguir armazenadas por um ano e quatro meses, tendo sido feitas avaliações aos 30 dias e no final do período de armazenamento (480 dias).

Após 30 dias de armazenamento, as sementes acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na sala de laboratório (liofilizadas e não liofilizadas) já tiveram o teor de água aumentado, assim como as acondicionadas na embalagem de vidro. Esse aumento no teor de água das sementes indica que o recipiente de vidro não foi devidamente selado. A capacidade germinativa das sementes desses tratamentos já apresentaram sinais de início de deterioração, comprovada na avaliação final.

A selagem inadequada da embalagem de vidro permitiu a absorção de água pelas sementes, prejudicando sua qualidade fisiológica. Essa embalagem é transparente e não foi envolvida com papel alumínio, como em trabalhos publicados anteriormente. O objetivo foi verificar se as sementes liofilizadas se deterioraram na presença de luz, como comentaram NATALE & CARVALHO (1983) e outros autores. Entretanto, por causa da penetração de vapor d'água, não foi possível fazer essa constatação.

As sementes liofilizadas, acondicionadas na embalagem de alumínio (trifoliada) e armazenadas nos três ambientes (sala de laboratório, câmara fria e nitrogênio líquido fase vapor) mantiveram o teor de água estável (4,7 a 5,1%) após um ano e quatro meses (480 dias) de armazenamento e conduziram a valores de qualidade fisiológica próximos dos obtidos logo após a liofilização e que não diferiram entre si. A qualidade fisiológica das sementes liofilizadas e armazenadas na sala de laboratório foi praticamente a mesma das armazenadas na câmara fria, confirmando que este ambiente não é necessário para conservar as sementes liofilizadas, pelo menos a médio prazo, como já foi mencionado anteriormente.

Tabela 22. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* após seis meses de armazenamento em câmara seca, liofilizadas por 6 h, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes por diferentes períodos. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 10/11/04; liofilização e novo armazenamento em 10/05/05.

Ambiente	Embalagem	TA (%)		G (%)		IVG	
		30 dias	480 dias	30 dias	480 dias	30 dias	480 dias
Sala de laboratório	Papel	14,5	14,5	59 <i>b</i>	0 <i>c</i>	2,5 <i>a</i>	0,0 <i>b</i>
Sala de laboratório	Alumínio	4,8	5,0	82 <i>a</i>	81 <i>a</i>	3,4 <i>a</i>	3,4 <i>a</i>
Sala de laboratório	Vidro	8,5	11,2	76 <i>ab</i>	9 <i>b</i>	3,2 <i>a</i>	0,3 <i>b</i>
Câmara fria	Alumínio	4,9	5,1	84 <i>a</i>	83 <i>a</i>	3,6 <i>a</i>	3,6 <i>a</i>
Nitrogênio líquido	Alumínio	4,7	4,7	89 <i>a</i>	90 <i>a</i>	4,0 <i>a</i>	4,1 <i>a</i>
Sala de laboratório ¹	Papel	11,7	11,8	67 <i>b</i>	0 <i>c</i>	2,7 <i>a</i>	0,0 <i>b</i>
F para condição de armazenamento				4,98 **	516,39 **	2,13 <i>ns</i>	64,80 **
Coeficiente de variação (%)				17,77	12,79	34,45	36,59

(*a, b*) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(*ns*) Não significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade

Valores obtidos com a liofilização: TA = 4,7%; G = 91%; IVG = 4.3.

¹ Testemunha: sementes não liofilizadas.

Considerando a data da colheita das sementes (Tabela 1) e o término do armazenamento (Tabela 22), decorreram dois anos. Durante esse período, as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* mantiveram sua qualidade fisiológica quando liofilizadas, acondicionadas em embalagem de alumínio e armazenadas em ambiente não controlado, na câmara fria e em nitrogênio líquido fase vapor.

Os resultados obtidos em ambiente não controlado concordam com os obtidos para outras espécies florestais e apresentados na revisão de literatura. Embora sem apresentar diferença significativa, os melhores resultados foram obtidos quando as sementes liofilizadas foram acondicionadas em embalagem de alumínio e armazenadas em nitrogênio líquido fase vapor.

Esse último resultado vem confirmar a possibilidade da criopreservação como uma alternativa viável para a conservação a longo prazo das sementes dessa espécie, bem como das sementes de *A. colubrina* var. *cebil*, como pode ser constatado na Tabela 19. Conforme relataram STANWOOD & BASS (1981), na temperatura criogênica todos os processos metabólicos das sementes são essencialmente paralisados, proporcionando preservação potencialmente infinita. REIS & CUNHA (1997) salientaram a afirmação feita por Stanwood (1985), de que se uma amostra de sementes pode ser congelada em nitrogênio líquido e descongelada sem danos, o armazenamento por dias, semanas, anos ou séculos não deverá causar alteração em sua viabilidade. Seguindo esse raciocínio, se as sementes de *A. colubrina* var. *cebil* suportaram a temperatura criogênica por um ano (Tabela 19) e as de *A. peregrina* var. *falcata* por dois anos (Tabela 22), elas poderiam ter sua qualidade fisiológica preservada infinitamente em nitrogênio líquido fase vapor.

4.7.2. Após permanência por doze meses na câmara seca

As sementes liofilizadas após a permanência por 12 meses na câmara seca foram acondicionadas com 4,8% de água, 90% de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de 4,1 (Tabela 20) e a seguir armazenadas por 300 dias (10 meses). Após esse período, as sementes liofilizadas, acondicionadas na embalagem

impermeável e armazenadas em sala de laboratório, apresentaram 5,0% de água e qualidade fisiológica exatamente igual à obtida logo após a liofilização (Tabela 23).

Tabela 23. Teor de água (TA), porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* após um ano de armazenamento em câmara seca, liofilizadas por 6 h, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes por 300 dias. Colheita em 09/09/04; início do armazenamento em 10/11/04; liofilização e novo armazenamento em 10/11/05.

Liofilização	Ambiente	Embalagem	TA (%)	G (%)	IVG
Com	Sala de laboratório	Impermeável	5,0	90	4,1
Sem	Câmara seca	Permeável	7,8	31	1,2

Valores obtidos com a liofilização: TA = 4,8%; G = 90%; IVG = 4,1 (Tabela 20).

Computando o período integral, desde a colheita até o final do armazenamento, a idade das sementes é de dois anos. Tal como os resultados apresentados na Tabela 22, foi confirmada a eficiência da liofilização na secagem das sementes a serem acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas em ambiente não controlado. Resultados semelhantes já haviam sido constatados para sementes de outras espécies florestais nativas do Brasil, como *Tabebuia* sp – ipê-roxo (NATALE & CARVALHO, 1983), *Cariniana estrellensis* – jequitibá-branco, *Cedrela fissilis* – cedro-rosa e *Tabebuia vellosi* – ipê-amarelo (FIGLIOLIA et al., 1986/88) e *Gallesia gorarema* – pau-d’alho (SILVA et al., 1992).

As sementes não liofilizadas, que permaneceram acondicionadas na embalagem permeável e armazenadas na câmara seca, apresentaram 31% de germinação e IVG de 1,2 (Tabela 23). Provavelmente essas sementes ainda continuam dormentes, uma vez que a liofilização superou a dormência das sementes armazenadas nessas mesmas condições durante 22 meses (Tabela 21).

4.8. Perspectivas da qualidade das sementes

Quando foi estudado o efeito do teor de água inicial na secagem de sementes por liofilização, constatou-se que o sub-lote de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* colhido em agosto de 2005 apresentou baixa qualidade fisiológica (Tabela 8). Nesse ano a produção de sementes dessa espécie foi escassa.

Em agosto de 2006 procurou-se colher novo lote de sementes dessa espécie, mas a frutificação também foi escassa e aparentemente de baixa qualidade. A maturação dos frutos de *A. falcata* (Benth.) Speg. oriundos do florescimento do ano anterior coincide com o florescimento do ano atual (DURIGAN et al., 1997). Observações de campo permitiram verificar abundante florescimento em 2006, sugerindo que em agosto/setembro de 2007 haverá boa produção de sementes.

Contudo, o bom florescimento de um ano não garante boa produção de sementes no ano seguinte. Os eventos biológicos necessários para boa produção de sementes são o florescimento, a polinização, a fertilização e a frutificação (KAGEYAMA & PIÑA-RODRIGUES, 1993) e cada um desses eventos depende de fatores ambientais como precipitação, temperatura e fotoperíodo; esses fatores afetam também o comportamento dos agentes polinizadores. Os autores salientaram que existem espécies que produzem boa quantidade de sementes todos os anos, porém, a periodicidade bienal é a mais comum entre as espécies arbóreas; outras espécies produzem sementes a cada três e outras a cada quatro anos.

Segundo LORENZI (2002a), *A. falcata* (Benth.) Speg. e *A. macrocarpa* (Benth.) Brenan produzem anualmente grande quantidade de sementes viáveis. Todavia, *A. colubrina* var. *cebil* apresentou florescimento irregular no Ceará (Pereira et al., 1990, citados por CARVALHO, 2003) e em Pernambuco essa espécie não floresceu durante um ano, mas floresceu e frutificou no ano seguinte (MACHADO & BARROS, 1997).

Cada espécie apresenta um padrão de comportamento quanto ao florescimento, polinização e frutificação, e alterações periódicas ou duradouras nesse padrão afetam a produção de sementes. A baixa eficiência da polinização, causada pela pequena produção de flores e pela ausência de polinizadores, pode aumentar a endogamia e tem reflexo direto na produção qualitativa e quantitativa de sementes (PIÑA-

RODRIGUES & PIRATELLI, 1993). COSTA et al. (1992) verificaram que *Anadenanthera falcata* Benth. é preferencialmente alógama, sendo a polinização cruzada favorecida pelo alto grau de auto-incompatibilidade genética associado à defasagem no período de receptividade dos órgãos masculino e feminino. É provável que *A. colubrina* var. *cebil* também seja alógama. As duas espécies estudadas são hermafroditas e polinizadas por vários insetos pequenos, principalmente abelhas (CARVALHO, 2003).

As alterações climáticas ocorridas nos últimos anos podem ter afetado os eventos biológicos relativos à produção de sementes de angico e o comportamento dos polinizadores. Provavelmente por isso a produção em 2005 e 2006 foi escassa e as sementes foram de baixa qualidade. Por esse motivo, foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes de alguns tratamentos de armazenamento que ficaram remanescentes, objetivando fazer uma projeção para a conservação durante um período mais prolongado, de pelo menos dois anos para *A. colubrina* var. *cebil* e três anos para *A. peregrina* var. *falcata*.

Assim, as sementes de *A. peregrina* var. *falcata* armazenadas durante dois anos e meio e as de *A. colubrina* var. *cebil* com um ano e meio de idade foram avaliadas antes e após a liofilização. O teor de água das sementes, que era de aproximadamente 8,0%, foi reduzido para 4,4 a 5,1% com a liofilização, como mostra a Tabela 24.

As sementes de *A. peregrina* var. *falcata* que estavam armazenadas na câmara seca e na câmara fria realmente ainda estavam dormentes (Tabela 25). Antes da liofilização a capacidade germinativa das sementes armazenadas na câmara fria foi superior à das armazenadas na câmara seca, confirmando uma possível superação parcial da dormência secundária causada pela menor temperatura da câmara fria, já constatada na Tabela 21.

Após a liofilização a germinação foi superior a 80%, para todos os tratamentos (Tabela 25), demonstrando que as sementes foram conservadas a médio prazo nessas condições. Não houve diferença no vigor das sementes armazenadas nas diferentes condições, mas a velocidade de germinação aumentou acentuadamente após a liofilização.

Tabela 24. Teor de água das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* com dois anos e meio de idade e de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* com um ano e meio de idade, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes, antes (AL) e depois (DL) da liofilização.

Ambiente	Embalagem	<i>A. peregrina</i> var. <i>falcata</i>		<i>A. colubrina</i> var. <i>cebil</i>	
		AL	DL	AL	DL
Câmara seca	Permeável	8,1 (%)	5,1 (%)	8,0 (%)	4,4 (%)
Câmara seca	Impermeável	8,1 (%)	4,8 (%)	-----	-----
Câmara fria	Impermeável	8,0 (%)	5,1 (%)	8,0 (%)	5,0 (%)

Tabela 25. Porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* com dois anos e meio de idade, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes, antes (AL) e depois (DL) da liofilização por 6 h. Colheita em 09/09/04; liofilização em 01/03/07.

Ambiente	Embalagem	G (%)		IVG	
		AL	DL	AL	DL
Câmara seca	Permeável	35 <i>bB</i>	88 <i>aA</i>	1,2 <i>aB</i>	3,6 <i>aA</i>
Câmara seca	Impermeável	33 <i>bB</i>	87 <i>aA</i>	1,5 <i>aB</i>	3,8 <i>aA</i>
Câmara fria	Impermeável	53 <i>aB</i>	82 <i>aA</i>	1,5 <i>aB</i>	3,8 <i>aA</i>
F para liofilização (L)		578,62 **		231,68 **	
F para condição de armazenamento (A)		5,74 **		1,54 <i>ns</i>	
F para interação (LxA)		19,88 **		0,03 <i>ns</i>	
Coeficiente de variação (%)		10,35		20,85	

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(*ns*) Não significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

As sementes de *A. colubrina* var. *cebil* não estavam dormentes, tanto que antes da liofilização a germinação foi de aproximadamente 80%, tanto quando armazenadas na câmara seca como quando armazenadas na câmara fria (Tabela 26). Quando não liofilizadas, as sementes armazenadas na câmara fria germinaram mais rapidamente que as armazenadas na câmara seca. Verifica-se que a liofilização favoreceu a germinação das sementes armazenadas na câmara seca, mas não favoreceu as armazenadas na câmara fria.

Tabela 26. Porcentagem (G) e índice de velocidade (IVG) de germinação das sementes de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* com um ano e meio de idade, acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes, antes (AL) e depois (DL) da liofilização por 18 h. Colheita em 25/08/05; liofilização em 01/03/07.

Ambiente	Embalagem	G (%)		IVG	
		AL	DL	AL	DL
Câmara seca	Permeável	79 aB	93 aA	1,8 bB	3,5 aA
Câmara fria	Impermeável	83 aA	78 bA	2,1 aA	2,0 bA
F para liofilização (L)		4,38 *		77,69 **	
F para condição de armazenamento (A)		5,93 *		53,54 **	
F para interação (LxA)		18,73 **		107,79 **	
Coeficiente de variação (%)		7,45		10,66	

(a, b) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).
(A, B) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

(**) Significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que as duas espécies estudadas tiveram comportamento característico descrito por KAGEYAMA & VIANA (1991) para as espécies secundárias ou oportunistas, ou seja, produzem sementes de curta longevidade natural, porém, apresentam boas perspectivas de armazenamento em condições controladas.

O baixo teor de lipídeos das sementes das duas espécies (Tabela 13) pode ter propiciado a menor deterioração das sementes. Segundo HARRINGTON (1972), a auto-oxidação de lipídeos produz radicais livres mesmo em sementes com baixo teor de água, que podem combinar com proteínas e nucleotídeos, destruindo enzimas, lipoproteínas, DNA e a capacidade reprodutiva das células. Em sementes com baixo teor de água, uma parte da água monomolecular é retirada das macromoléculas, removendo a camada que protege as sementes contra os processos oxidativos. Contendo baixo teor de lipídeos, é provável que as sementes das duas espécies de angico mantenham a sua qualidade fisiológica por um período mais prolongado que o estudado neste trabalho.

5. CONCLUSÕES

- 5.1. As sementes das duas espécies de angico estudadas são ortodoxas e de curta longevidade quando armazenadas em ambiente não controlado.
- 5.2. Os três métodos de secagem foram eficientes para reduzir seguramente o teor de água das sementes das espécies estudadas aos níveis recomendados para o armazenamento em temperatura inferior a zero.
- 5.3. As sementes das duas espécies conservaram sua qualidade fisiológica a médio prazo quando (a) acondicionadas em embalagem permeável e armazenadas na câmara seca; (b) acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas na câmara fria; (c) liofilizadas, acondicionadas em embalagem impermeável e armazenadas na sala de laboratório.
- 5.4. A secagem sobre sílica gel e por liofilização foi eficiente para conservar as sementes das duas espécies em nitrogênio líquido fase vapor, revelando ser uma alternativa viável para o armazenamento a longo prazo.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, D.C.A.; MEDEIROS, A.C.S. Comportamento fisiológico de sementes de branquilha (*Sebastiania commersoniana*), Euphorbiaceae em relação ao armazenamento. **Informativo ABRATES**, Pelotas, v.15, n.1, 2, 3, 2005a. p.291.

ABREU, D.C.A.; MEDEIROS, A.C.S. Comportamento fisiológico de sementes de pixiricão (*Miconia cabucu*) em relação ao armazenamento. **Informativo ABRATES**, Pelotas, v.15, n.1, 2, 3, 2005b. p.291.

AGUIAR, I.B.; FIGLIOLIA, M.B. Efeitos da liofilização sobre o potencial de armazenamento de sementes de bauínia rósea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1991. p.19.

ALPERT, P.; OLIVER, M.J. Drying without dying. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H.W. **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p.3-43.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14.ed. Washington: AOAC, 2000. 1075p.

AYROSA, A.M.I.B. Liofilização: ciência ou arte? **Revista Engenharia FAAP**, São Paulo, v.16, n.44, p.40-45, 2004.

BARBEDO, C.J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.12, n.2, p.145-164, 1998.

BARBEDO, C.J.; BILIA, D.A.C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.25, n.4, p.431-439, 2002.

BASS, L.N. Seed moisture and storage. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.3, n.3-4, p.743-746, 1975.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Development: regulation and maturation. In: _____. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum Press, 1994. p.117-145.

BHAT, S.R.; BHAT, K.V.; CHANDEL, K.P.S. Studies on germination and cryopreservation of *Musa balbisiana* seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.22, n.3, p.637-640, 1994.

BONNER, F.T. Storage of seeds: potential and limitations for germplasm conservation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.35, n.1, p.35-43, 1990.

BORGES, E.E.L.; MORAES, G.H.K.; CÂNDIDO, J.F.; REIS, F.P.; SILVA, D. Mobilização de reservas em sementes de angico-vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth.) e armazenamento em diferentes recipientes e condições de ambientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, n.2, p.126-136, 1991.

BORGHETTI, F. Dormência embrionária. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.109-123.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Teste de germinação. In: _____. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992a. p.80-139.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Determinação do grau de umidade. In: _____. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992b. p.184-190.

CADDAH, M.K.; ANDRADE, B.O.; MEDEIROS, A.C.S. Efeitos da desidratação e do armazenamento em sementes de *Talauma ovata* St. Hil. – Magnoliaceae. **Informativo ABRATES**, Pelotas, v.15, n.1, 2, 3, 2005. p.285.

CARDOSO, V.J. M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.95-108.

CARNEIRO, J.G.A.; AGUIAR, I.B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.333-350.

CARVALHO, J.E.U.; LEÃO, N.V.M. Germinação de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla* King) submetidas a dessecação por diferentes métodos. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.2, p.164, 1995.

CARVALHO, L.R. **Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais quanto à capacidade de armazenamento**. 2000. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

CARVALHO, L.R.; DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. Armazenamento de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea* (Spreng.) Mart. – Clusiaceae) com diferentes níveis de umidade e condições ambientais. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.9, n.1, 2, p.173, 1999.

CARVALHO, L.R.; SILVA, E.A.A.; DAVIDE, A.C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.2, p.15-25, 2006.

CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Secagem de sementes. In: _____. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000a. p.380-415.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Armazenamento. In: _____. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000b. p.485-521..

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v.1, 1039p.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: BORGHETTI, F.; FERREIRA, A.G. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.51-67.

CERQUEIRA, E.B.; PINHEIRO, J.D.; ROSA, M.E.C.; CHAVES FILHO, J.T. Estudo da germinação e viabilidade de angico (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. Leguminosae-Mimosoideae) sob condição de armazenamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001. CD-ROM, 3p.

CORDEIRO, A.M.; TROVÃO, D.M.B.M. Espécies ameaçadas de extinção no Cariri Paraibano: uma visão etnobotânica. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 2000. p.203.

COSTA, R.B.; KAGEYAMA, P.Y.; MARIANO, G. Estudo do sistema de cruzamento de *Anadenanthera falcata* Benth., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* Baill. em área de cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.1, p.93-96, 1992.

CUNHA, R.; SALOMÃO, A.N.; EIRA, M.T.S.; MELLO, C.M.C.; TANAKA, D.M. Métodos para conservação a longo prazo de sementes de *Tabebuia* spp – Bignoniaceae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, parte 3, p.675-678, 1992.

DANTAS, B.F.; SANTOS, G.C.; SANTOS, J.S.; SIMÕES, C.A.; ARAGÃO, C.A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de angico armazenadas em diferentes tipos de embalagens e ambientes. **Informativo ABRATES**, Pelotas, v.15, n.1, 2, 3, p.280, 2005.

DECRUSE, S.W.; SEENI, S.; PUSHANGADAN, P. Effects of cryopreservation on seed germination of selected rare medicinal plants of India. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.27, n.2, p.501-505, 1999.

DEGAN, P.; AGUIAR, I.B.; SADER, R.; PINTO, L.R. Composição química, sanidade, secagem e germinação de sementes de ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sand. – Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.3, n.1, p.41-47, 1997.

DEGAN, P.; AGUIAR, I.B.; SADER, R.; PERECIN, D.; PINTO, L.R. Influência de métodos de secagem na conservação de sementes de ipê-branco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.492-496, 2001.

DICKIE, J.B.; PRITCHARD, H.W. Systematic and evolutionary aspects of desiccation tolerance in seeds. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H.W. **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p.239-259.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M.B.; KAWABATA, A.; GARRIDO, M.A.O.; BAITELLO, J.B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1997. 65p.

EIRA, M.T.S.; MELLO, C.M.C. *Bixa orellana* L. seed germination and conservation. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.25, n.3, p.373-380, 1997.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ASTLEY, A.; PINNEGAR, A.E.; KRAAK, H.L. Survival of dry and ultra-dry seeds of carrot, groundnut, lettuce, oilseed rape, and onion during five years' hermetic storage at two temperatures. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.24, n.2, p.347-358, 1996.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. A comparison of the low-moisture-content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in twelve species. **Annals of Botany**, Cambridge, v.63, n.6, p.601-611, 1989.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.41, n.230, p.1167-1174, 1990a.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. Effect of temperature and moisture content on the germination of papaya seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, n.1, p.69-72, 1991a.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. Survival and vigour of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds stored at low and very-low moisture contents. **Annals of Botany**, Cambridge, v.76, n.5, p.521-534, 1995.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H.; SOETISNA, U. Seed storage behaviour in *Elaeis guineensis*. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, n.2, p.99-104, 1991b.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H.; TAO, K.L. Low moisture content limits to relations between seed longevity and moisture. **Annals of Botany**, Cambridge, v.65, n.5, p.493-504, 1990b.

FERREIRA, D.F. **Programa Sisvar.exe**: sistema de análise de variância. Lavras: UFLA, 1998. Disponível em <http://www.dex.ufla.br/danielff/dff02.htm>.

FERRETTI, A.R.; KAGEYAMA, P.Y.; ÁRBOCZ, G.F.; SANTOS, J.D.; BARROS, M.I.A.; LORZA, R.; OLIVEIRA, C. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v.3, n.7, p.73-77, 1995.

FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.137-174

FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A.; JARDIM, D.C.P. Germinação de sementes liofilizadas de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* e *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret et Golfari. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v.40A, parte 1, 1986. Edição especial.

FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A.; JARDIM, D.C.P.; IWANE, M.S.S. Viabilidade de sementes liofilizadas de essências florestais nativas. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.20/22, p.47-55, 1986/88.

FOWLER, J.A.P.; CARPANEZZI, A.A. Conservação de sementes de angico-gurucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.36, p.5-10, 1998.

GERAQUE, E. **Insensibilidade ambiental**. São Paulo: FAPESP, 2005. Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br/boletim>>. Acesso em 24 maio 2005.

GOMES, A.P.S.; LOPES, J.C.; CAPUCHO, M.T. Estudo das características físicas e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan – Fabaceae-Mimosoideae) durante o armazenamento. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1, 2, p.70, 1997.

GONZALES-BENITO, M.E.; IRIONDO, J.M.; PÉREZ-GARCIA, F. Seed cryopreservation: an alternative method for the conservation of Spanish endemics. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.26, n. 2, p.257-262, 1998.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v.3, p.145-245.

HARRINGTON, J.F. Packaging seed for storage and shipment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.3, p.701-709, 1973.

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. Contrasting seed storage behaviour among different species of Meliaceae. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.26, n.1, p.77-95, 1998.

HU, X.; ZHANG, Y.; HU, C.; TAO, M.; CHEN, S. A comparison of methods for drying seeds: vacuum freeze-drier versus sílica gel. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, n.1, p.29-33, 1998.

KAGEYAMA, P.Y.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Fatores que afetam a produção de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.19-46.

KAGEYAMA, P.Y.; VIANA, V.M. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1991. p.197-215.

KERMODE, A.R.; FINCH-SAVAGE, B.E. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H.W. **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p.149-184.

KONG, W.H.; ZHANG, H.Y. The effect of ultra-dry methods and storage on vegetable seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, n.1, p.41-45, 1998.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LEÃO, N.V.M.; CARVALHO, J.E.U.; FIGUEIRÊDO, F.J.C. Efeito do dessecamento e do congelamento sobre a qualidade fisiológica de sementes de mogno *Swietenia macrophylla* King. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.5, n.2, p.162, 1995.

LEE, F.A. **Basic food chemistry**. Westport: AUI, 1975. 430p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2002a. v.1, 4.ed., 384p.

LORENZI, H. *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.. In: LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2002b. v.2, 2.ed., p.176.

MACHADO, I.C.S.; BARROS, L.M.; SAMPAIO, E.V.S.B. Phenology of caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. **Biotropica**, Washington, v.29, n.1, p.57-68, 1997.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARQUES, M.A. **Longevidade e comportamento germinativo de sementes de ipê-amarelo *Tabebuia chrysotricha* (Mart.) Standl. Submetidas a diferentes métodos de secagem e armazenamento**. 1997. 99f. (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

MEDEIROS, A.C.S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.)**. 1996. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia-Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

MEDEIROS, A.C.S. **Preparo e uso de soluções salinas saturadas para caracterização fisiológica de sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 6p.(Circular Técnica, 125).

MEDEIROS, A.C.S.; ABREU, D.C.A. Efeito da secagem na viabilidade dos embriões de erva mate (*Ilex paraguariensis*). **Informativo ABRATES**, Londrina, v.13, n.3, p.336, 2003.

MEDEIROS, A.C.S.; CAVALLARI, D.A.N. Conservação de germoplasma de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. 1. Germinação de sementes após imersão em nitrogênio líquido (-196 °C). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.14, n.1, p.73-75, 1992.

MEDEIROS, A.C.S.; CZARNESKI, C.M.; FREITAS, G.F. Criopreservação de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, parte 2, p.544-547, 1992.

MEDEIROS, A.C.S.; PROBERT, R.J.; SADER, R.; SMITH, R.D. The moisture relations of seed longevity in *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.26, n.2, p.289-298, 1998.

MELLO, C.M.C.; EIRA, M.T.S. Conservação de sementes de ipê (*Tabebuia* spp.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.4, p.427-432, 1995.

MERCK. **The Merck Index**: an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. 11.ed. New York: Merck, 1989. 1605p.

MIYASAKI, J.M.; CÂNDIDO, J.F. Secagem de sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* Vall/Don). **Seiva**, Viçosa, n.85, p.12-17, 1978.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

NAKAMURA, S. The most appropriate moisture content of seeds for their long life span. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.3, n.3,4, p.747-759, 1975.

NATALE, W.; CARVALHO, N.M. A liofilização como método de secagem de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia* sp). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.8, n.1-2, p.35-37, 1983.

NOGUEIRA, A.C.; EBERSPACHER, M.C.; MEDEIROS, A.C.S. Efeito da secagem e da sobrevivência de sementes de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link – Fabaceae-Caesalpinoideae), após exposição ao nitrogênio líquido. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.9, n.1-2, p.180, 1999.

NOGUEIRA, E.S.; WANDERLEY, J.M.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Tolerância de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell. – Meliaceae) à dessecação. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.11, n.2, p.268, 2001.

NUNES, U.R.; NUNES, S.C.P. Armazenamento de sementes florestais de ocorrência no cerrado mineiro. **Informativo ABRATES**, Pelotas, v.15, n.1, 2, 3, p.275, 2005.

NUTILE, G.E. Effect of desiccation on viability of seeds. **Crop Science**, Madison, v.4, p.325-328, 1964.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; COSTA, L.G.S.; REIS, A. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e manejo de florestas tropicais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p.676-684.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Grupos ecológicos e sugestões de prioridades de pesquisa em tecnologia de sementes florestais. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.2, p.71-72, 1991.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; PEIXOTO, M.C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.283-297.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; PIRATELLI, A.J. Aspectos ecológicos da produção de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.47-81.

PINTO, M.M.; SADER, R.; BARBOSA, J.M. Influência do tempo de secagem e do armazenamento sobre a viabilidade das sementes de ipê-rosa. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.8, n.1, p.37-47, 1986.

PIVETA, G.; MUNIZ, M.F.B. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* Benth.) durante armazenamento. **Informativo ABRATES**, Pelotas, v.15, n.1, 2, 3, p.287, 2005.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PROBERT, R.J.; HAY, F.R. Keeping seeds alive. In: BLACK, M; BEWLEY, J.D. **Seed technology and its biological basis**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.375-410.

RAMOS, A. **Influência de cinco tipos de embalagens na germinação e vigor de sementes de angico – *Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan, caixeta – *Tabebuia cassinioides* (Lam) DC. e caroba – *Jacaranda micrantha* Cham. armazenadas em câmara fria e à temperatura ambiente**. 1980. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

REIS, A.M.M. **Metodologia para a conservação de germoplasma de angico vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.): 1. efeito imediato do armazenamento em freezer (-20 °C) e nitrogênio líquido (-196 °C) em sementes com diferentes conteúdos de umidade**. 1995. 35f. Relatório de Estágio Supervisionado (Graduação em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1995.

REIS, A.M.M.; CUNHA, R. Efeito do congelamento sobre a viabilidade de sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. com diferentes conteúdos de umidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p.1071-1079, 1997.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.3, p.499-514, 1973.

ROMERO, T. **Cerrado tem novo levantamento de área devastada**. São Paulo: FAPESP, 2007. Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br/boletim>>. Acesso em 26 fevereiro 2007.

ROSSETO, C.A.V.; FERNANDEZ, E.M; MARCOS FILHO, J. Metodologias de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.17, n.2, p.171-178, 1995.

SADER, R.; MEDEIROS, A.C.S. Efeito da desidratação, congelamento e frio na germinação de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). **Informativo ABRATES**, Londrina, v.3, n.3, p.109, 1993.

SALOMÃO, A.N. Effects of liquid nitrogen storage on *Zizyphus joazeiro* seeds. **Cryo-Letters**, Cambridge, v.16, n.1, p.85-90, 1995.

SALOMÃO, A.N. Tropical seed species' responses to liquid nitrogen exposure. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v.14, n.2, p.133-138, 2002.

SALOMÃO, A.N.; MUNDIN, R.C. Efeito de diferentes graus de umidade na viabilidade de sementes de 11 espécies arbóreas, durante a criopreservação. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1, 2, p.224, 1997a.

SALOMÃO, A.N.; MUNDIN, R.C. Resposta de sementes de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott – Anacardiaceae), de diferentes procedências, ao armazenamento por um ano a -196 °C. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.7, n.1, 2, p.225, 1997b.

SALOMÃO, A.N.; SANTOS, C.F. Efeito da desidratação e do congelamento a -20 °C na germinação e na viabilidade de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth. (Fabaceae-Papilionoideae). **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.9, n.1, 2, p.177, 1999.

SANTOS, I.R.I. Criopreservação: potencial e perspectivas para a conservação de germoplasma vegetal. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.12 (Edição Especial), p.70-84, 2000.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M.B.; AGUIAR, I.B. Secagem, extração e beneficiamento de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.303-331.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M.B.; AGUIAR, I.B.; PERECIN, D. Liofilização e armazenamento de sementes de ipê-rosa (*Tabebuia heterophylla* (A.P.Candolle) Britton) – Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.23, n.1, p.252-259, 2001.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M.B.; GARCIA, E.E.C.; JARDIM, D.C.P. Comportamento de sementes de *Gallesia gorarema* (Vell.) Mog., liofilizadas e fechadas a vácuo, em laboratório e viveiro. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.4, parte 2, p.497-503, 1992.

SILVA, D. **Efeitos das condições de armazenamento no vigor de sementes de angico vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth.)** 1990. 41f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

SOM, J. Studies on germinability and cryopreservation of cinchona (*Cinchona ledgeriana*) seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.28, n.3, p.865-869, 2000.

STANWOOD, P.C. Tolerance of crop seeds to cooling and storage in liquid nitrogen (-196 °C). **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.5, n.1, p.26-31, 1980.

STANWOOD, P.C. Conservation of seed germoplasm – an update. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY, 73., 1981, Atlanta. **Agronomy Abstract...** Madison: American Society of Agronomy, 1981. p.121.

STANWOOD, P.C.; BASS, L.N. Seed germplasm preservation using liquid nitrogen. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.9, n.2, p.423-437, 1981.

STANWOOD, P.C.; ROOS, E.E. Seed storage of several horticultural species in liquid nitrogen (-196 °C). **HortScience**, Alexandria, v.14, n.5, p.628-630, 1979.

STYLES, E.D.; BURGESS, J.M.; MASON, C.; HUBER, B.M. Storage of seed in liquid nitrogen. **Cryobiology**, Orlando, v.19, n., p.195-199, 1982.

SUN, W.Q. Methods for the study of water relations under desiccation stress. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H.W. **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p.47-91.

TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. Armazenamento das sementes. In: _____. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. p.175-186.

UFV. Universidade Federal de Viçosa. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Viçosa:UFV, 1999. 138p.(Manual do usuário, versão 8.0).

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M.A.M. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.4-5, n.4, p.57-140, 1965/66.

VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.E. Theoretical basis of protocols for seed storage. **Plant Physiology**, Rodkville, v.94, n.3, p.1019-1023, 1990.

VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.E. Theoretical basis of protocols for seed storage. II. The influence of temperature on optimal moisture levels. **Seed Science Research**, Wallingford, v.3, n.3, p.201-213, 1993.

VILLELA, F.A.; MARCOS FILHO, J. Estados energéticos e tipos de água na semente. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.20, n.2, p.317-321, 1998.

WANDERLEY, J.M.; NOGUEIRA, E.S.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Comportamento de sementes de tamboril (*Peltophorium dubium*) durante o dessecamento. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.11, n.2, p.266, 2001.

WINSTON, P.W.; BATES, D.H. Saturated solutions for the control of humidity in biological research. **Ecology**, Tempe, v.41, n.1, p.232-237, 1960.

WOODSTOCK, L.W. Freeze-drying as an alternative method for lowering seed moisture. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, Lincoln, v.65, p.159-163, 1975.

WOODSTOCK, L.W.; MAXON, S.; FAUL, K.; BASS, L. Use of freeze-drying and acetone impregnation with natural and synthetic anti-oxidants to improve storability of onion, pepper, and parsley seeds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.108, n.5, p.692-696, 1983.

WOODSTOCK, L.W.; SIMKIN, J.; SCHROEDER, E.S. Freeze-drying to improve seed storability. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.4, n.2, p.301-311, 1976.