

LILIANA FERREIRA DELGADO

**Tolerância à dessecação em sementes de
espécies brasileiras de *Eugenia***

São Paulo
2006

LILIANA FERREIRA DELGADO

Tolerância à dessecação em sementes de espécies brasileiras de *Eugenia*

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Vasculares.

ORIENTADOR: Prof. Dr. CLAUDIO JOSÉ BARBEDO

São Paulo
2006

Dedico este trabalho a minha família que sempre me apoiou durante todo este tempo, principalmente a meus pais pelo incentivo, amor e paciência, estando sempre presentes durante toda minha vida e por me incentivarem e não medirem esforços para minha formação acadêmica.

Agradecimentos

Agradeço ao Instituto de Botânica que me abriu as portas e me acolheu, possibilitando a execução deste e de outros trabalhos em suas instalações;

A FAPESP pelo auxílio financeiro ao Projeto “Flora aromática da Mata Atlântica no Estado de São Paulo: composição química dos óleos voláteis e análise da atividade biológica”, no Programa Biota (Processo 2002/12215-7).

Ao meu orientador, Claudio José Barbedo, pela sua valiosa orientação, por sua inestimável dedicação, amizade, ajuda e incentivo na realização dos estudos e por proporcionar meu encontro com pessoas maravilhosas. Por me acolher em seu grupo de pesquisa baseado na confiança, respeito e crescimento científico de todos os integrantes;

Aos meus amigos, por sempre incentivarem, não me deixando desistir em momentos difíceis e por sempre estarem do meu lado.

Aos meus novos amigos do laboratório: Paulo, Igor, João Paulo, Moacir, Márcio, Simone e Carlos, pelo auxílio no decorrer deste trabalho, pelas discussões científicas, pelas caronas e conversas intermináveis e muito engraçadas que pautaram uma convivência muito rica e harmoniosa;

A Juliana Iura de Oliveira Mello, pela valiosa amizade, companheirismo e auxílio em todos os meus momentos no laboratório, desde a realização dos experimentos até o seu término na parte escrita;

Ao Prof. Dr Paulo Moreno e Prof Marcos Sobral pela chance de coleta no P.E. Ilha do Cardoso e pela oportunidade de incluir novas espécies;

Aos amigos da Fundação Florestal e do Instituto Florestal, principalmente a Renato Farinazzo Lorza e Leonice P. da Cruz Roberto, por seu auxílio, amizade, dedicação, motivação constante para meu crescimento profissional e incentivo para a realização deste estudo;

Aos meus pais por terem me dado a oportunidade de estudar e me propiciaram uma boa educação (espero ter correspondido às expectativas) e a meu irmão pela compreensão das infinitas horas em frente ao computador;

A meu tio, minha avó, minha tia Olga e a todas as pessoas especiais que com respeito e carinho me motivaram e incentivaram em mais esta etapa.

A todas as pessoas e instituições que direta ou indiretamente também me auxiliaram, apoiaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Introdução Geral	1
Objetivo Geral	9
Capítulo 1 - Curvas de embebição em diferentes concentrações em sementes de <i>Eugenia</i> nativas do Brasil	10
Resumo	11
Abstract	12
Introdução	13
Material e Métodos	15
Resultados e Discussão	17
Referências Bibliográficas	21
Capítulo 2 - Tolerância à dessecação de sementes de espécies domesticadas de <i>Eugenia</i> (<i>E. brasiliensis</i> Lam., <i>E. involucrata</i> DC., <i>E. pyriformis</i> Camb. e <i>E. uniflora</i> L)	23
Resumo	24
Abstract	25
Introdução	26
Material e Métodos	28
Resultados e Discussão	33
Referências Bibliográficas	45
Capítulo 3 - Tolerância a dessecação de sementes de espécies não domesticadas de <i>Eugenia</i> (<i>E. cerasiflora</i> Miq. e <i>E. umbelliflora</i> Berg)	48
Resumo	49
Abstract	50
Introdução	51
Material e Métodos	53
Resultados e Discussão	57
Referências Bibliográficas	64
Capítulo 4 - Relação entre teor de água e o potencial hídrico em sementes de <i>Eugenia</i> nativas do Brasil	66
Resumo	67
Abstract	68
Introdução	69
Material e Métodos	71

Resultados e Discussão	73
Referências Bibliográficas	81
Discussão Geral	83
Conclusões Gerais	88
Referências Bibliográficas Citadas na Introdução e Discussão Geral	89
Resumo	95
Abstract	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Curvas de embebição de sementes de <i>Eugenia uniflora</i> (a) e <i>Eugenia pyriformis</i> (b) em solução de polietileno glicol nas concentrações de 0 MPa, -2 MPa, -4 MPa, -8 MPa e -16 MPa.	19
Figura 2 – Curvas de embebição de sementes de <i>Eugenia brasiliensis</i> – biótipo roxo (a) e <i>Eugenia brasiliensis</i> - biótipo amarelo (b) em solução de polietileno glicol nas concentrações de 0 MPa, -2 MPa, -4 MPa, -8 MPa e -16 MPa.	20
Figura 3 - Aspecto de frutos maduros de <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. do biótipo amarelo (A) e do biótipo roxo (B), <i>E. involucrata</i> DC. (C), <i>E. uniflora</i> L. (D) e <i>E. pyriformis</i> Camb. (E)	30
Figura 4 – Foto de satélite da localização geográfica dos locais de coleta: (A) Propriedade particular na Zona norte de São Paulo e (B) Instituto de Botânica de São Paulo. Fonte: Google Earth	31
Figura 5 – Germinação de sementes de <i>Eugenia uniflora</i> Lote Zona Norte submetidas a secagem em estufa (A) e sílica gel (B), Lote IBt submetidas a secagem em estufa (C) e sílica gel (D), sementes de <i>E. involucrata</i> submetidas a secagem em estufa (E) e sílica gel (F), sementes de <i>E. brasiliensis</i> biótipo roxo submetidas a secagem em estufa (G) e sílica gel (H). Barras azuis representam germinação após imersão em água pura (embebição rápida) e barras vinhos representam germinação após imersão em solução de concentração osmótica de -4MPa por 7 dias (embebição lenta).	43
Figura 6 – Germinação de sementes de <i>Eugenia pyriformis</i> 1ª coleta submetidas a secagem em estufa (A) e sílica gel (B) e, 2ª coleta secas em estufa (C) e <i>E. brasiliensis</i> biótipo amarelo submetidas a secagem em estufa (D) e sílica gel (E). Barras azuis representam germinação após imersão em água pura (embebição rápida) e barras vinhos representam germinação após imersão em solução de concentração osmótica de -4MPa por 7 dias (embebição lenta).	44
Figura 7 – Aspectos de frutos maduros de (A) <i>Eugenia cerasiflora</i> Miq. e (B) <i>E. umbelliflora</i> Berg.	52
Figura 8 – Foto de satélite da localização geográfica do Parque Estadual da Ilha do Cardoso. Fonte: Google Earth	54
Figura 9 – Foto de satélite da localização geográfica do Instituto de Botânica de São Paulo. Fonte: Google Earth	55

Figura 10 – Germinação de sementes de *E. cerasiflora* submetidas a secagem em estufa (A) e sílica gel (B). Barras azuis representam germinação após imersão em água pura (embebição rápida) e barras vinhos representam a germinação após imersão em solução de concentração osmótica de -4MPa por 7 dias (embebição lenta). 62

Figura 11 - Germinação de sementes de *E. umbelliflora* submetidas a secagem em estufa (A) e sílica gel (B). Barras azuis representam germinação após imersão em água pura (embebição rápida) e barras vinhos representam a germinação após imersão em solução concentração osmótica de -4MPa por 7 dias (embebição lenta). 63

Figura 12 – Relação entre o potencial hídrico de embriões ($-\text{MPa}$) das seis espécies após redução gradual do teor de água das sementes. 76

Figura 13 - Relação entre a porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e o potencial hídrico de embriões de (A) *Eugenia involucrata* ($Y_G = 0,024x^2 - 2,99x + 90,77$ $r^2 = 0,98$ / $Y_N = 0,028x^2 - 3,19x + 88,40$ $r^2 = 0,98$), (B) *E. uniflora* ($Y_G = 0,030x^2 - 3,64x + 109,97$ $r^2 = 0,88$ / $Y_N = 0,034x^2 - 3,77 + 102,73$ $r^2 = 0,89$) e (C) *E. pyriiformis* ($Y_G = 0,034x^2 - 3,56x + 93,0$ $r^2 = 0,85$ / $Y_N = 0,033x^2 - 3,41x + 86,17$ $r^2 = 0,83$). 77

Figura 14 - Relação entre a porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e o potencial hídrico de embriões de *Eugenia brasiliensis* (A) do biótipo de frutos roxos ($Y_G = 0,378x^2 - 13,97x + 128,91$ $r^2 = 0,81$ / $Y_N = 0,378x^2 - 13,57x + 118,58$ $r^2 = 0,80$) e (B) frutos amarelos ($Y_G = 0,265x^2 - 13,17x + 160,31$ $r^2 = 0,77$ / $Y_N = 0,308x^2 - 14,03x + 149,44$ $r^2 = 0,66$). 78

Figura 15 - Relação entre a porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e o potencial hídrico de embriões de (A) *Eugenia cerasiflora* ($Y_G = 0,0068x^2 - 1,43x + 74,68$ $r^2 = 0,84$ / $Y_N = 0,0057x^2 - 1,17x + 60,23$ $r^2 = 0,76$) e (B) *E. umbelliflora* ($Y_G = 0,0592x^2 - 4,98x + 103,31$ $r^2 = 0,93$ / $Y_N = 0,0704x^2 - 5,51x + 100,37$ $r^2 = 0,97$) 79

Figura 16 – Relação entre germinação de sementes de *Eugenia* submetidas a diferentes níveis de secagem e o potencial hídrico dos embriões 80

Figura 17 – Relação entre germinação e o teor de água de sementes de *Eugenia* 80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Teor de água inicial das quatro espécies	33
Tabela 2 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de <i>E. involucrata</i> , em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).	34
Tabela 3 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de <i>E. uniflora</i> , em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).	35
Tabela 4 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de <i>E. pyriformis</i> , em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).	36
Tabela 5 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de <i>E. brasiliensis</i> do biótipo de frutos roxos, em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).	37
Tabela 6 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de <i>E. brasiliensis</i> do biótipo de frutos amarelos, em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).	38
Tabela 7 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de <i>E. cerasiflora</i> , em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).	59
Tabela 8 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de <i>E. umbelliflora</i> , em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).	60

INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica e seus ecossistemas associados cobrem hoje apenas 8% de sua área de ocupação original (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2002). Apesar da devastação ocorrida, essa formação vegetal ainda abriga altíssimos níveis de riqueza biológica e endemismos, figurando entre os 25 *hotspots* mundiais (MMA/SBF 2000). Estudos visando o melhor conhecimento das espécies típicas dessa comunidade são fundamentais para o desenvolvimento de métodos adequados para a recuperação, manejo, reflorestamento e conservação desse bioma.

Planos e ações de conservação da diversidade biológica, principalmente em áreas com maior abundância e diversidade de grupos ecológicos, são fundamentais para evitar o agravamento da devastação e de uma maior erosão genética, mas ainda há carência de informações científicas que permitam subsidiar tais iniciativas (Barbedo *et al.* 2002 e referências contidas). No caso da família Myrtaceae, apesar de sua grande representatividade, o número de trabalhos científicos é ainda reduzido, em vista da complexidade taxonômica das cerca de 3500 espécies, subordinadas a mais ou menos 100 gêneros (Kawasaki 1984). Essas espécies possuem numerosos canais oleíferos, presentes na forma de pequenos pontos translúcidos nas folhas, flores, frutos e sementes (Barroso *et al.* 1984), com óleos essenciais que possuem propriedades anti-sépticas já verificadas em diversos trabalhos, além de outros efeitos farmacológicos como anti-inflamatórios, efeitos diuréticos, anti-hipertensivo, anti-triglicérides e hipoglicêmico (Pepato *et al.* 2001).

As mirtáceas brasileiras compreendem diversos gêneros de árvores e arbustos que podem ser utilizados de forma ornamental ou na produção comercial de frutos. Além da goiaba, pitanga e jaboticaba, outras espécies podem ser potencialmente utilizadas na fruticultura, devido à qualidade de suas frutas e adaptação a algumas condições de clima subtropical (Donadio & Moro 2004). As espécies do gênero *Eugenia* são interessantes para serem utilizadas em programas de recuperação de áreas degradadas e de preservação permanente,

por terem frutos amplamente consumidos pela avifauna (Lorenzi 1992) que auxiliam na dispersão das sementes.

Diversas espécies arbóreas nativas, com grande potencial de utilização na arborização urbana e reflorestamentos, têm seu uso limitado em função da carência de informações técnicas sobre o manejo de suas sementes, como é o caso de algumas espécies de *Eugenia*, tais como as cerejeiras, pitangueiras, grumixameiras, uvaieiras, entre outras (Barbedo *et al.* 1998). Dentre essas informações, o conhecimento do grau de tolerância à dessecação figura entre os mais importantes.

Sementes intolerantes (não anidrobióticas) e tolerantes (anidrobióticas) à dessecação

A água assume importante papel no período de formação e maturação das sementes e, ao final da maturação, dois tipos de comportamento são observados: nas sementes ortodoxas há redução considerável do teor de água e, nas recalcitrantes, mantém-se o elevado teor de água (Barbedo & Marcos-Filho 1998).

Os termos “ortodoxa” e “recalcitrante” foram inicialmente propostos por Roberts (1973). Posteriormente, verificou-se que há gradientes de tolerância à dessecação entre as sementes (Walters 2000), oscilando das mais intolerantes (altamente recalcitrantes) até as mais tolerantes (ortodoxas clássicas), gerando novas formas de agrupamento, dentre as quais a designada por Hoekstra *et al.* (1994), separando as que apresentam elevado grau de sobrevivência em ambiente sem a presença de água (anidrobióticas) das demais.

Vários compostos e processos são considerados importantes ou, até, fundamentais para que uma semente seja tolerante à dessecação, por exemplo as características físicas dos constituintes celulares e intracelulares, o acúmulo de reservas insolúveis, a desdiferenciação intracelular, o desligamento metabólico, a presença de um eficiente sistema antioxidante, o acúmulo de proteínas e outros protetores, de oligossacarídeos e outros açúcares e presença e operação de um sistema de reparo durante a reidratação (Pammenter & Berjak 1999).

Dados relativos ao comportamento das sementes de *Eugenia* indicam que pertençam à categoria das recalcitrantes, ou sensíveis à desidratação e, conseqüentemente, com baixa longevidade (Gentil & Ferreira 1999; Andrade & Ferreira 2000; Andrade *et al.* 2003; Maluf *et al.* 2003). A inability de sobreviver à secagem torna as sementes recalcitrantes inadequadas ao armazenamento nas condições geralmente recomendadas para as sementes ortodoxas e, conseqüentemente, a sua viabilidade dificilmente é conservada durante o armazenamento.

Dos estudos referentes ao armazenamento de sementes recalcitrantes, os que apresentam os melhores resultados são os que levam em consideração os fatores limitantes, evitando a perda de água, realizando tratamento preventivo contra o ataque de microrganismos, evitando a germinação durante o armazenamento e mantendo suprimento adequado de ar (Chin & Roberts 1980).

Estudos realizados por Barbedo & Cicero (2000) mostraram que sementes de elevada qualidade de *Inga uruguensis*, quando armazenadas hidratadas e embebidas em solução de ácido abscísico 10^{-4} M em câmara fria, podem apresentar germinação superior a 80% após 40 dias. Já Bilia *et al.* (1999), estudando os limites de tolerância à dessecação das sementes dessa espécie, conseguiram armazenar as sementes em sacos de polietileno a 10°C por até 60 dias após a colheita, mantendo a qualidade fisiológica, desde que seja reduzido o teor de água para 49-51%.

As sementes recalcitrantes não podem ter sua água removida a níveis que permitam a quase completa redução do metabolismo. A partir de determinados limites de hidratação, e considerando-se constantes as variáveis ambientais, quanto mais hidratada for a semente, mais rápidas serão as reações metabólicas e conseqüentemente mais rápida será a deterioração durante o armazenamento. Portanto, para tais sementes deve-se buscar a maior redução possível da quantidade de água de seu interior, antes do armazenamento. Há, porém, uma faixa de hidratação na qual o metabolismo pode acarretar danos mais acentuados do que os que ocorrem em sementes com teores de água mais elevados (Marcos Filho 2005). Dessa

forma, há limites críticos de hidratação, superiores e inferiores, dentro dos quais as sementes recalcitrantes têm sua longevidade aumentada, conforme verificado por Bilia *et al.* (1999) para sementes de *Inga uruguensis*.

Embora os limites de desidratação apresentem variação entre as sementes recalcitrantes de diferentes espécies, pouco se sabe ainda sobre a magnitude das diferenças no potencial hídrico das mesmas, ou seja, da real atividade energética da água em cada um dos níveis de hidratação das sementes de cada espécie. A atividade da água nas sementes é responsável por uma série de reações e, além disso, pode interferir na solubilidade e concentração da composição de solutos nas células (Leopold & Vertucci 1989). Villela & Marcos Filho (1998) verificaram, para sementes ortodoxas, que sementes com mesmo teor de água, sob mesmas condições climáticas, podem apresentar diferentes potenciais hídricos, resultando em diferenças na sua velocidade de deterioração.

A água na semente

O conteúdo de água nas sementes é elevado no início de sua formação e diminui durante o desenvolvimento (Villela 1998; Castro *et al.* 2004a). Após a fertilização do óvulo o teor de água é próximo de 80%, declinando de forma gradual durante o desenvolvimento da semente até a maturidade fisiológica (Castro *et al.* 2004a). Na maturidade fisiológica a dessecação, entendida como a rápida redução do teor de água de valores de cerca de 40% a 50% para cerca de 15% a 20%, é um evento normal para as sementes denominadas ortodoxas (Villela & Marcos-Filho 1998; Barbedo & Marcos Filho 1998) ou anidrobióticas (Hoekstra *et al.* 1994). Nestas sementes, a dessecação ao final da maturação conduz a uma fase denominada criptobiose, na qual a semente se mantém em estado quiescente até que as condições do meio permitam a germinação (Labouriau 1983).

No entanto, para as espécies com sementes recalcitrantes, pode ocorrer passagem direta da fase de desenvolvimento para a germinativa, sem a dessecação, podendo germinar

quando ainda está ligada a planta-mãe (Barbedo & Marcos Filho 1998). Estas têm, em geral, períodos de vida muito limitados, morrendo devido à secagem (Castro *et al.* 2004a).

Para se processar a secagem, é preciso que haja diferença de pressão de vapor entre o ar e a semente. Quando a pressão de vapor da semente for maior que a do ar, ocorre migração da umidade da semente para o ar. Na secagem com utilização de calor, por exemplo, a elevação da temperatura do ar reduz a sua umidade relativa e, portanto, a pressão de vapor do ar. Através desse processo, induz-se a desidratação da semente (Silva *et al.* 1993).

Para que uma semente germine é necessário que esta esteja em um elevado grau de hidratação ou que o meio forneça água suficiente, permitindo a ativação das reações químicas e, com isto, a retomada do processo de desenvolvimento do embrião (Mayer & Poljakoff-Mayber 1982). Quando a semente não está suficientemente hidratada, a germinação começa com a embebição. No início da embebição, a entrada de água na semente é regulada pela diferença entre o potencial hídrico desta e o meio. Com a entrada de água nas células, há aumento na pressão hidrostática que conduz a expansão celular, fundamental para a germinação. Esta, para a maioria das sementes ortodoxas, ocorre segundo um padrão trifásico (Bewley & Black 1994). A primeira fase (Fase I) é rápida, durando de uma a duas horas, e é caracterizada pela absorção de água, que ocorre ainda que a semente esteja dormente (excluindo-se a impermeabilidade do tegumento à água) ou inviável. Na fase II, relativamente mais extensa que a anterior, o potencial hídrico da solução é próximo ao do embrião, permitindo que as sementes ativem inúmeros eventos do processo germinativo, sem que ocorra a protrusão da raiz primária. Para completar a germinação é requerida absorção de água adicional para iniciar a fase III (Bewley & Black 1994). Nesse momento, as sementes ainda são tolerantes à dessecação, podendo então ser apropriadamente secas e armazenadas, sem danificar o embrião e sem que tenham entrado na fase III. Porém, a partir da fase III, a secagem pode acarretar danos irreparáveis ao embrião, que já atingiu a fase de divisão celular, perdendo sua habilidade para resistir à dessecação (Parera & Cantliffe 1994).

A velocidade de embebição, na fase I, pode ser reduzida pela manipulação do potencial hídrico do meio. Diminuindo-se o potencial osmótico da solução de embebição, por exemplo, pode-se controlar a hidratação das sementes. A hidratação controlada vem sendo utilizada em sementes também como método de pré-condicionamento (Castro *et al.* 2004b), de modo a permitir a ocorrência das etapas iniciais do processo de germinação sem, contudo, ocorrer a protrusão da raiz primária (Carvalho *et al.* 2000). Deve-se observar, porém, que há poucas informações a respeito da aplicação do condicionamento osmótico em sementes de espécies florestais nativas (Fanti & Perez 2003), principalmente com relação às recalcitrantes. Essa técnica pode contribuir para a melhor compreensão da tolerância de sementes à dessecação, pois ainda há dúvidas quanto ao exato momento no qual as sementes recalcitrantes perdem a capacidade de germinar, se na secagem ou se na reidratação. Durante o processo de reidratação, as moléculas de água absorvidas não se ligam aos sítios corretos e pode não ocorrer reparos das membranas celulares capazes de deter a excessiva perda de solutos, comprometendo o processo germinativo (Salomão & Fujichima 2002).

Uma das soluções mais utilizadas para o condicionamento osmótico é o polietileno glicol (PEG), que é um agente osmótico, quimicamente inerte, atóxico para as sementes, que simula a seca e não penetra no tegumento devido ao grande tamanho de suas moléculas (Villela *et al.* 1991).

A hidratação associada a condições ideais de armazenamento, pode contribuir para o melhor aproveitamento de diferentes espécies, como as arbóreas tropicais *Cedrela fissilis* Vell., *Trichilia dregeana* Sond. e *Dalbergia nigra* (Vell.) Allem. ex Benth. Entretanto, alguns aspectos da utilização desta técnica e de seus efeitos necessitam ser elucidados como, por exemplo, o tempo de exposição e o potencial hídrico da solução osmótica (Barbedo *et al.* 1997 e referências contidas).

Potencial hídrico em sementes

Como se observa, as condições da água na semente podem ser relevantes para a sua degradação, uma vez que a água controla seu “status” metabólico (Vertucci 1992). A energia da água na semente ou em suas estruturas pode se constituir num melhor indicador do estado da água do que a quantidade absoluta ou o teor de água, fornecendo subsídios para explicar o comportamento fisiológico de sementes (Villela & Marcos Filho 1998). Uma maneira prática de se conhecer a energia da água em uma planta é através da medição de seu potencial hídrico (Larcher 2000). Em soluções, o principal componente do potencial hídrico é o osmótico, que é afetado pela concentração das partículas dissolvidas (solutos) e, à medida que a concentração das partículas de soluto aumenta, o potencial hídrico diminui (Raven *et al.* 2001). A água só se move espontaneamente de uma zona de potencial químico mais elevado para uma zona de potencial químico mais baixo. À medida que a água se move ao longo do gradiente de potencial químico, libera energia livre e este fluxo tem capacidade de realizar trabalho. Disto resulta que a água se desloca sempre de potenciais hídricos menos negativos para os mais negativos (Costa 2001).

O conceito de potencial hídrico é útil porque ele permite prever o modo como a água se moverá sob diversas condições, pois vários são os fatores que influenciam no condicionamento osmótico, podendo-se citar entre eles o tipo de solução osmótica, o potencial osmótico, a temperatura, o período de embebição, a aeração, a luz, a lavagem e a secagem das sementes, além da qualidade inicial das sementes (Nascimento 1998).

Tolerância à dessecação em sementes de *Eugenia*

Sementes de espécies do gênero *Eugenia* apresentam valores de teor de água inicial considerados altos, em torno de 40-70%, e são consideradas sensíveis à desidratação conforme o observado em sementes de *E. involucrata* DC., *E. stipitata* ssp. *sororia* Mc

Vaugh, *E. brasiliensis* Lam., *E. pyriformis* Camb e *E. dysenterica* DC. (Barbedo *et al.* 1998; Anjos & Ferraz 1999; Barbedo *et al.* 1998; Andrade & Ferreira 2000; Andrade *et al.* 2003).

Segundo Lorenzi (1992), as sementes de *Eugenia involucrata* e *E. uniflora* L., por exemplo, possuem baixa longevidade, tendo sua viabilidade de armazenamento em torno de 30 dias após a colheita. Porém, em estudos de armazenamento de sementes de *Eugenia*, Barbedo *et al.* (1998) conseguiram, sob condições controladas, armazenar as sementes de *E. involucrata* por até 120 dias e em estudos posteriores, Maluf *et al.* (2003) conseguiram definir que ao secarem em estufa, reduzindo o teor de água para 53%, pode ocorrer o armazenamento por até 180 dias, sob condição de câmara fria e em embalagens plásticas.

Andrade & Ferreira (2000) observaram que, para sementes de *E. pyriformis* Camb., quando armazenadas com maior umidade e em condição de câmara fria, foi possível assegurar cerca de 50% da emergência inicial durante 60 dias, pois estas apresentavam sensibilidade à dessecação, perdendo totalmente a viabilidade quando o teor de água atinge valores inferiores a 14%. Andrade *et al.* (2003) também observaram esta estreita relação entre germinação e porcentagem de água em sementes de *E. dysenterica* DC., que perderam sua viabilidade por completo quando os valores de umidade se reduziram a cerca de 18% a 22%.

Sementes de *Eugenia stipitata* ssp. *sororia* Mc Vaugh também apresentam sua qualidade fisiológica afetada pela redução do teor de água, sendo que seu nível crítico encontra-se entre 58,8% e 47,1%, e há perda total do lote com níveis iguais ou inferiores a 25,8% de água (Gentil & Ferreira 1999).

Desta forma, sementes de *Eugenia* podem ter sua capacidade de conservação mantida por períodos mais longos que os descritos pela literatura, desde que sejam empregadas técnicas adequadas de armazenamento. Esses períodos, contudo, ainda são curtos quando se considera a necessidade de se disponibilizar sementes ao longo do ano, principalmente no planejamento de viveiros de produção de mudas.

É necessário, portanto, o conhecimento dos processos envolvidos na secagem e na

reidratação das sementes visando o desenvolvimento de tecnologias para o manejo e conservação das sementes de espécies de *Eugenia*, o que pode trazer benefícios para o armazenamento das sementes destas espécies.

OBJETIVO

Analisar o comportamento de sementes de espécies de *Eugenia brasiliensis* Lam., *E. cerasiflora* Miq., *E. involucrata* DC., *E. pyriformis* Camb., *E. umbelliflora* Berg. e *E. uniflora* L. quanto aos aspectos de secagem e controle da reidratação, incluindo as relações entre a energia da água na semente e sua tolerância à dessecação.

Capítulo 1 - Curvas de embebição em sementes de *Eugenia* nativas do Brasil

RESUMO

Considerando-se que a hidratação das sementes segue, normalmente, um padrão trifásico, sendo a primeira fase desta embebição regida pelo potencial matricial, podendo ocorrer em materiais vivos ou mortos, buscou-se através do presente trabalho, avaliar a velocidade de embebição e o equilíbrio higroscópico de sementes de *Eugenia brasiliensis* (grumixama), *E. pyriformis* (uvaia) e *E. uniflora* (pitanga) submetidas a diferentes concentrações osmóticas, pois o conhecimento do padrão de entrada de água nestas espécies poderá sanar a dúvida quanto ao real momento em que estas sementes perdem a viabilidade, se na secagem ou durante a embebição. Após secagem até 10% de água, as sementes foram submetidas à embebição em água pura e em soluções de polietileno glicol (PEG 6000), ajustadas para -2, -4, -8 e -16 MPa, por períodos de 8, 72, 168 e 336 horas. Amostras de 20 sementes foram retiradas periodicamente para averiguação do teor de água. Através das curvas de hidratação obtidas, puderam ser definidos o ponto de equilíbrio hídrico entre as concentrações osmóticas e as sementes, o tempo mínimo necessário para atingir esse equilíbrio e o potencial osmótico adequado para reidratação lenta. Pelos resultados obtidos, o potencial osmótico de -4,0 MPa se mostrou o mais indicado para a embebição lenta e o período de 7 dias mostrou-se suficiente para que semente e meio, neste potencial, entrassem em equilíbrio higroscópico.

ABSTRACT

The hydration of the seeds follow a three-phase pattern; the first phase is called imbibition, ruled by the matric potential and it might occur in both living or dead seeds. The present work is to evaluate the imbibition speed and the hygroscopic balance of seeds of *Eugenia brasiliensis* (grumixama), *E. pyriformis* (uvaia) e *E. uniflora* (pitanga) which have been submitted to the imbibition in different osmotic concentrations. After drying to 10% of water, the seeds have been submitted to the imbibition in pure water and solutions of polyethylene glycol (PEG 6000), which have been adjusted for -2, -4, -8 and -16 MPa for periods of 8, 72, 168 and 336 hours. Samples of 20 seeds have been removed periodically for the water content analysis. The hydration behaviour in terms of osmotic potential and time allowed to determine -4,0 MPa during 7 days as suitable for slow imbibition.

INTRODUÇÃO

Sementes recalcitrantes (Roberts 1973) mantêm elevado teor de água ao final da maturação e são intolerantes à dessecação. Porém, há sementes que perdem a capacidade de germinar na reidratação, pois moléculas de água absorvidas podem não se ligar aos sítios corretos e podem não ocorrer os necessários reparos das membranas celulares que evitam a excessiva perda de solutos, comprometendo o processo germinativo (Salomão & Fujichima, 2002).

Sementes de diversas espécies de *Eugenia* são consideradas intolerantes à dessecação, mas há poucos estudos sobre danos por embebição. Essas sementes apresentam, de maneira geral, elevados teores de água iniciais, 43% para *E. rostrifolia* Legr. (Santos *et al.* 2004), 67% para *E. pyriformis* (Andrade & Ferreira 2000), 47-53% para *E. dysenterica* DC. (Andrade *et al.* 2003), 61-63% para *E. involucrata* DC. (Barbedo *et al.* 1998; Maluf *et al.*, 2003), 58,8% para *E. stipitata* ssp. *sororia* Mc Vaugh (Gentil & Ferreira 1999). Ao final da maturação, sementes ortodoxas têm rápida redução do teor de água diminuindo seus processos metabólicos, mas as recalcitrantes permanecem com teor elevado e, uma vez que já estão completamente formadas, inicia-se o processo germinativo (Barbedo & Marcos Filho 1998).

O potencial hídrico caracteriza o estado energético da água na semente e é composto pelos potenciais de pressão, osmótico e mátrico e pode ser expresso na forma de energia por unidade de volume, de massa ou de peso (Villela 1998). Segundo Castro *et al.* (2004) o potencial de pressão numa célula ocorre porque, a medida que a água entra na célula, o volume aumenta, mas é contido pela rígida parede celular, resultando na pressão hidrostática. O potencial osmótico, por sua vez, é condicionado pelas ligações entre a água e os solutos, pois a concentração de solutos dissolvidos na célula influencia a absorção de água. O potencial mátrico resulta das interações interfaciais, tais como forças capilares das sementes e é a capacidade das moléculas reterem água.

A primeira fase da germinação é dirigida, sobretudo, pelo potencial matricial sendo um processo puramente físico, ou seja, depende somente da força de ligação da água à matriz da semente, tal qual em qualquer outro material, vivo ou morto, que contenha sítios de ligação ou de afinidade pela água (Castro *et al.* 2004). Neste período, os inibidores metabólicos não exercem qualquer efeito sobre a absorção de água e as sementes comportam-se como se estivessem mortas (Carvalho & Nakagawa 1983). Na fase II, o potencial osmótico da solução osmótica é aproximado ao do potencial hídrico do embrião, tornando essa fase relativamente mais extensa, de modo que o início da fase III muitas vezes é atrasado. Quando o potencial osmótico da solução for mais negativo que o potencial hídrico do embrião, a fase III poderá até mesmo não ocorrer, sendo o processo germinativo mantido continuamente na fase II. A extensão da fase II permite que as sementes ativem inúmeros eventos do processo germinativo, sem que ocorra a protrusão da raiz primária ou germinação propriamente dita. O processo de germinação não pode ser completado, na medida em que é requerida absorção de água adicional para iniciar a fase III (Castro *et al.* 2004).

Para uma reidratação lenta e controlada deve-se analisar a velocidade de embebição em diferentes disponibilidades hídricas. Para se ter melhor controle sobre o grau de tolerância à dessecação das sementes, há necessidade do controle de danos por embebição que, por sua vez, depende do conhecimento da velocidade de embebição em diferentes potenciais hídricos. Para isso pode ser empregado um método de pré-condicionamento, que consiste na hidratação das sementes até um determinado nível, de modo a permitir a ocorrência das etapas iniciais do processo de germinação sem, contudo, ocorrer a protrusão da raiz primária (Carvalho *et al.* 2000). Por esse método, há exposição das sementes à atmosfera controlada, embebição em substrato úmido ou imersão em soluções osmóticas continuamente, até níveis de umidade programados (Vazquez, 1995 *in* Carvalho *et al.* 2000). Durante o condicionamento osmótico a semente hidrata-se lentamente, o que permite um maior tempo para a reparação ou

reorganização das membranas plasmáticas, possibilitando a formação dos tecidos de maneira mais ordenada e reduzindo os riscos de danos ao eixo embrionário (Castro *et al.* 2004).

Uma das soluções mais utilizadas para este tipo de tratamento é o polietileno glicol (PEG), que é um agente osmótico, quimicamente inerte, atóxico para as sementes, que simula a seca e não penetra no tegumento devido ao grande tamanho de suas moléculas (Villela *et al.* 1991). A hidratação associada a condições ideais de armazenamento, pode contribuir para o melhor aproveitamento de diferentes espécies, como as arbóreas tropicais. Entretanto, alguns aspectos da utilização desta técnica e de seus efeitos necessitam ser elucidados, como por exemplo, o tempo de exposição e o potencial hídrico da solução osmótica (Barbedo *et al.* 1997).

No presente trabalho, buscou-se avaliar a velocidade de embebição e o equilíbrio higroscópico de sementes de *Eugenia brasiliensis* (grumixama), *E. pyriformis* (uvaia) e *E. uniflora* (pitanga) submetidas a diferentes concentrações osmóticas, visando a uma reidratação lenta e controlada que evite possíveis reduções na capacidade germinativa durante a embebição.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material vegetal

Sementes de três espécies de *Eugenia* (*E. brasiliensis* Lam. - grumixama, *E. pyriformis* Camb. – uvaia e *E. uniflora* L. - pitanga) foram coletadas em três locais distintos: em pomar localizado na Estação Ecológica de Mogi Guaçu - SP (22°15-16' S and 47°8-12' W) (*E. brasiliensis* Lam. de dois biótipos, frutos amarelos e frutos roxos), em propriedade privada na Zona Norte de São Paulo (23°27' S e 46°36' W) (*E. uniflora* L.) e no Jardim Botânico de São Paulo, em São Paulo-SP (23°38' S, 46°37' W) (*E. pyriformis* Camb.). As sementes foram armazenadas em geladeira a 8°C até o início dos experimentos.

Determinação de curvas de embebição

As sementes foram inicialmente selecionadas a fim de se obter uniformidade quanto ao estado de conservação, retirando-se as sementes danificadas ou com presença de fungos. Logo após esta seleção, foi realizada uma caracterização inicial do lote, avaliando-se o teor de água e conteúdo de matéria seca (pelo método de estufa a 103 ± 3 °C, durante 17 horas, segundo o descrito nas Regras Internacionais para Análise de Sementes, ISTA 1985).

A seguir as sementes tiveram seu teor de água reduzido para cerca de 10% por meio secagem em estufa com temperatura constante de 40°C, dispostas em prateleiras forradas com sombrite, para melhor circulação de ar, calor e evitar acúmulo de água nas prateleiras. As amostras para controle de umidade dos lotes foram constantemente retiradas para pesagem até a obtenção dos valores estimados de redução de peso das sementes.

A medida que os lotes atingiram valores próximos a 10% de água, as sementes assim desidratadas foram retiradas da estufa para realização dos testes de reidratação em soluções de polietileno glicol (PEG 6000). As soluções de PEG 6000, calculadas segundo a fórmula de Michel & Kaufman (1973), constituíram os potenciais osmóticos de 0 (água pura, utilizada como controle), -2, -4, -8, e -16 MPa.

Estas sementes foram dispostas em caixas plásticas transparentes de germinação “gerbox” com três folhas de papel “germitest”, duas para a base e outra para cobertura, embebidas até a saturação nas soluções, e armazenadas em germinadores Marconi (MA400), com circulação interna de água, regulados para a temperatura constante de 25°C e 24 horas de luz, por períodos de 8, 72, 168 e 336 horas.

Após estes períodos, amostras foram retiradas para acompanhamento do teor de água. O teor de água foi determinado utilizando-se 4 repetições de 5 sementes para cada concentração de PEG e para cada período de retirada, com o objetivo de encontrar o ponto de equilíbrio

entre a concentração osmótica ideal e o tempo mínimo necessário para atingir a estabilidade hídrica entre a semente e o meio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água inicial das sementes foi 44,5% para pitanga (*Eugenia uniflora*), 73,5% para uvaia (*E. pyriformis*), 46,6% para grumixama-roxa (*E. brasiliensis*) e 49,5% para grumixama-amarela (*E. brasiliensis*). Após as secagens, os valores foram reduzidos para, respectivamente, 10,3%, 10,9%, 9,1% e 10,5%.

Os dados de teor de água relativos reidratação de sementes das três espécies de *Eugenia* estudadas (pitanga, uvaia e grumixama dos biótipos roxo e amarelo), nas diferentes concentrações osmóticas por quatro períodos apresentaram uma grande elevação do teor de água nas primeiras horas (8 e 72 horas), enquanto, nos últimos períodos de incubação (168 e 336 horas) houve uma estabilização desta curva de embebição (figuras 1 e 2). Isto pode ser explicado porque, em geral, a fase I é rápida, sendo um processo puramente físico, que depende somente da ligação da água à matriz da semente, ocorrendo em qualquer material, morto ou vivo, que contém sítios de ligação ou afinidade pela água, enquanto na fase II, as células no interior das sementes não podem absorver mais água iniciando um período conhecido como intervalo ou fase de preparação e ativação do metabolismo (Castro *et al.* 2004).

Durante os períodos de embebição também foram observados comportamentos diferentes entre as espécies, pois a estabilidade hídrica para grumixama-amarela e uvaia foi atingida com apenas 72 horas de embebição, enquanto para grumixama-roxa e pitanga este equilíbrio só foi atingido em 168 horas em água pura. Outro aspecto importante neste mesmo potencial (0 MPa) foi a grande variação nos teores de água de cada espécie ao atingir a estabilidade hídrica que girou em torno de 80% para uvaia e cerca de 60% para pitanga e

grumixamas amarelas e roxas. Este comportamento não foi observado quando a embebição ocorreu de forma controlada em PEG, pois todas as espécies atingiram a estabilidade dentro de valores muito próximos e em mesmo período de exposição.

As curvas para todas as espécies apresentaram uma estabilização a partir do período de 168 horas sendo que com o aumento da negatividade da solução osmótica estabeleceu-se um patamar semelhante ao da fase II da germinação em níveis de hidratação cada vez menores. Partindo do ponto de que os resultados para todas as espécies atingiram a estabilidade hídrica com 168 horas de armazenamento para as diversas concentrações, foi buscada a concentração ideal para que todas as sementes se apresentassem na fase II da embebição.

De acordo com figuras 1 e 2 pode-se observar que o potencial osmótico de -4 MPa se mostrou o mais indicado para a embebição lenta. Esta curva apresentou-se de maneira mais atenuada em relação a concentração de -2 MPa e proporcionou uma hidratação abaixo de limites considerados críticos para entrada na fase III da germinação, que se encontra próxima de 50% de água, não ultrapassando em nenhum momento este limite. Esse potencial proporcionou entrada gradual de água nas sementes o que resultaria menor impacto, caso houvesse, no rearranjo da estrutura interna das membranas, minimizando os danos que podem ocorrer durante a embebição.

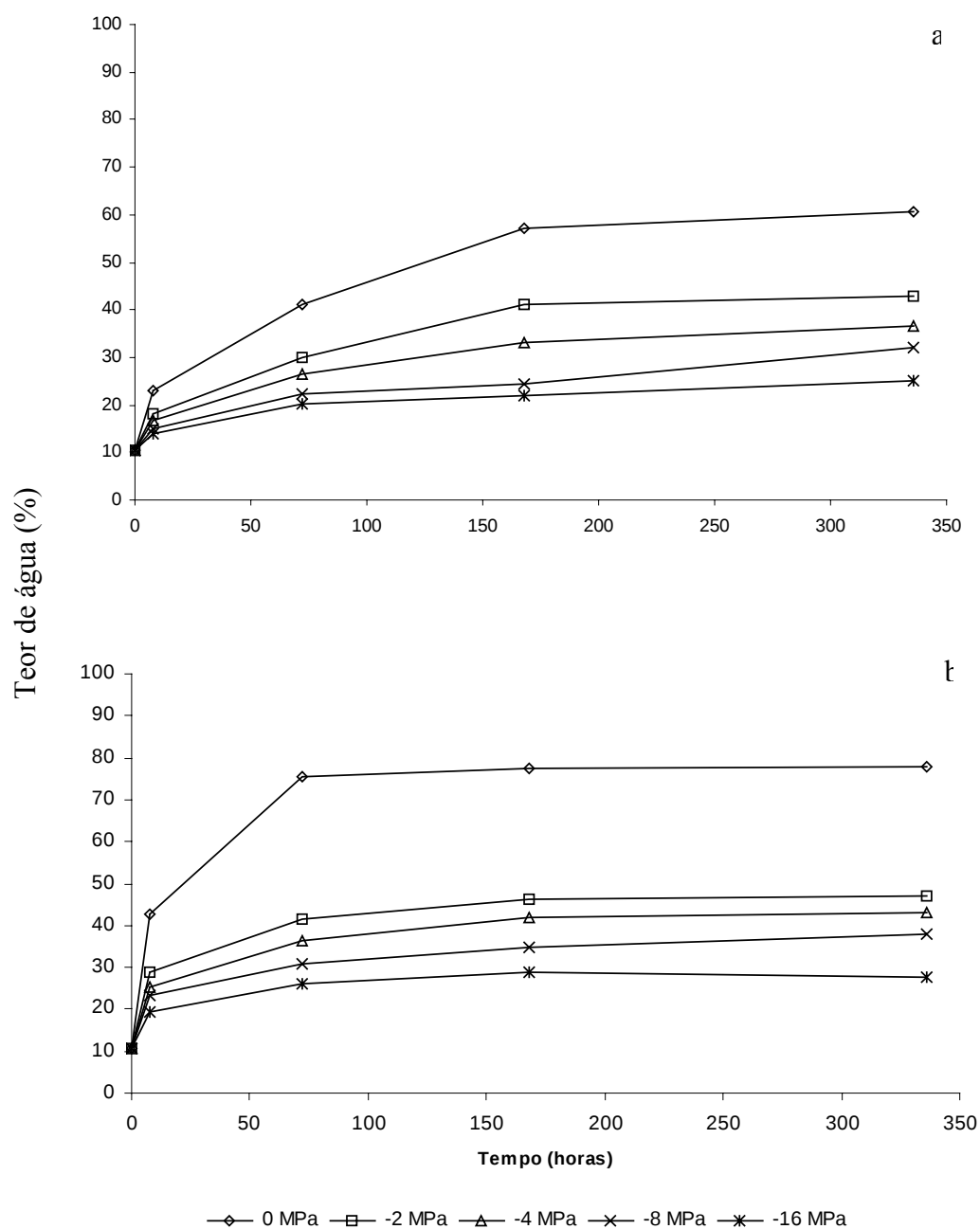


Figura 1 – Curvas de embebição de sementes de *Eugenia uniflora* (a) e *Eugenia pyriformis* (b) em solução de polietileno glicol nas concentrações de 0 MPa, -2 MPa, -4 MPa, -8 MPa e -16 MPa.

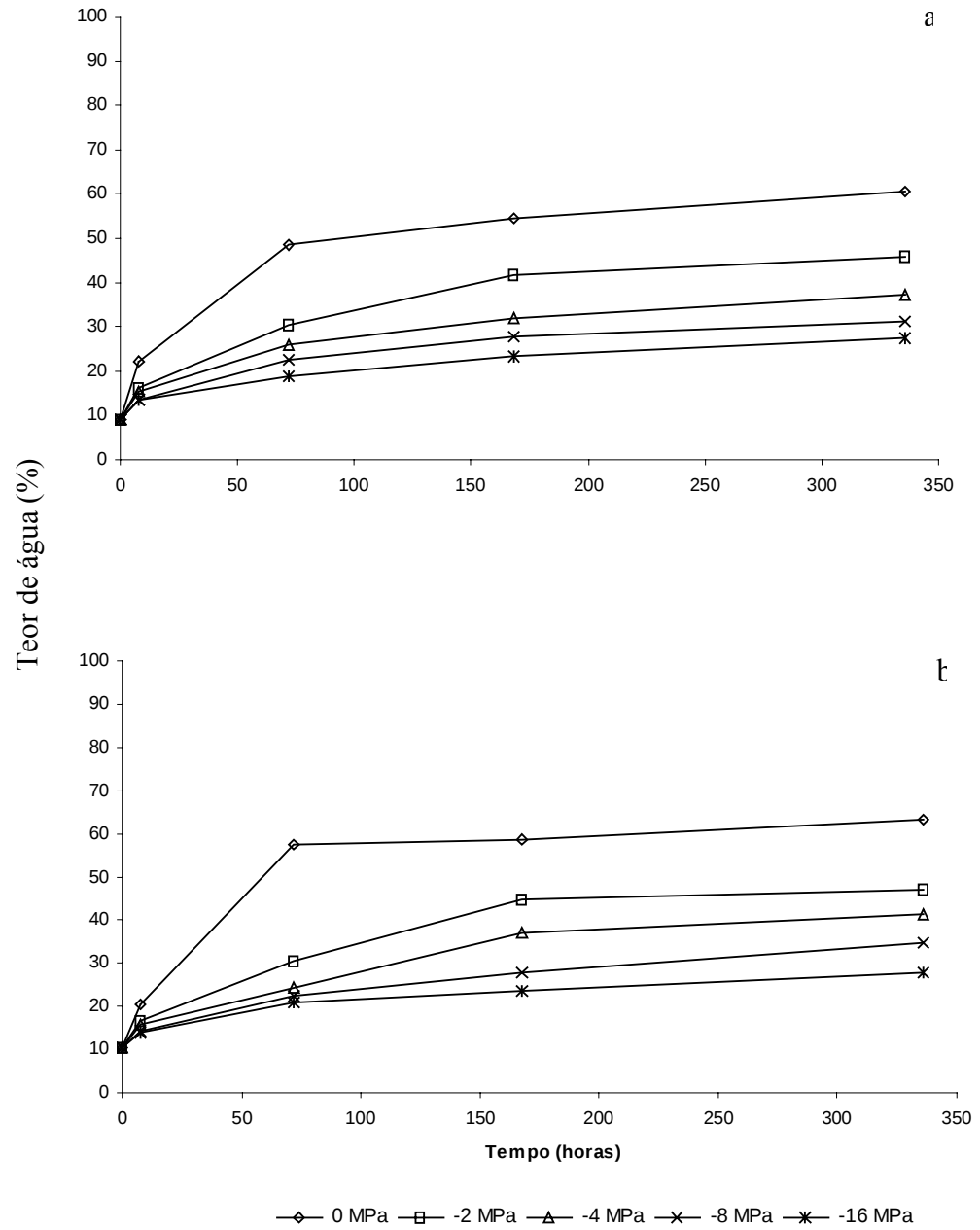


Figura 2 – Curvas de embebição de sementes de *Eugenia brasiliensis* - biótipo roxo (a) e *Eugenia brasiliensis* – biótipo amarelo (b) em solução de polietileno glicol nas concentrações de 0 MPa, -2 MPa, -4 MPa, -8 MPa e -16 MPa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade, A.C.S.; Cunha, R; Souza, A.F.; Reis, R.B. & Almeida, K.L** 2003. Physiological and morphologica aspects of seed viability of a neotropical savannah tree, *Eugenia dysenterica* DC. Seed Science & Tecnology. 31: 125-137
- Andrade. R.N.B. & Ferreira, A.G.** 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. Revista Brasileira de Sementes, 22 (2): 118-125
- Barbedo, C.J.; Kohama, S.; Maluf, A.M. & Bilia, D.A.C.** 1998. Germinação e armazenamento de diásporos de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC. - Myrtaceae) em função do teor de água. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, 20 (10): 184-188
- Barbedo, C.J. & Marcos-Filho, J.** 1998. Tolerância à dessecação de sementes. Acta Botanica Brasilica, São Paulo, 12 (2): 145-164
- Barbedo, C.J.; Marcos Filho, J. & Novembre, A.D.L.C.** 1997. Condicionamento osmótico e armazenamento de sementes de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). Revista Brasileira de Sementes, 19 (2): 355-361
- Carvalho, L.F.; Medeiros-Filho, S.; Rossetti, A.G. & Teófilo, E.M.** 2000. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, 22 (1): 185-192
- Carvalho, N.M. & Nakagawa, J.** 1983. Sementes, ciência e produção, 2 ed. Fundação Cargill, Campinas.
- Castro, R.D.; Bradford, K.J. & Hilhorst, H.W.M.** 2004. Embebição e reativação do metabolismo. In Germinação: do básico ao aplicado (A.G. Ferreira & F. Borghetti, orgs.). Porto Alegre, Artmed, 149-162.
- Gentil, D.F.O. & Ferreira, S.A.N.** 1999. Viabilidade e superação da dormência em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). Manaus, Acta Amazonica, 29 (1): 21-31

- ISTA.** 1985. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. Zurich, 13: 356-513
- Maluf, A.M.; Bilia, D.A.C & Barbedo, C.J.** 2003. Drying and storage of *Eugenia involucrata* DC. seeds. Scientia Agricola, Piracicaba, v.60, n.3, 471-475.
- Michel, B. E.; Kaufmann, M. R.** 1973. The osmotic potencial of polyethylene glicol 6000. Plant Physiology, Rockville, v. 51, p. 914-916.
- Roberts, E.H.** 1973. Predicting the storage life of seed. Seed Science & Tecnology. 1: 499-514
- Salomão, A.N. & Fujichima, A.G.** 2002. Respostas de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth & Hook. F. ex S. Moore (Bignoniaceae) à dessecação e ao congelamento em temperatura subzero. Brasília, Embrapa/Cenargen. Comunicado Técnico n. 76.
- Santos, C.M.R; Ferreira, A.G. & Áquila, M.E.A.** 2004. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal. Santa Maria, 14 (2): 13-20
- Villela, F.A.** 1998. Water relations in seed biology. Scientia Agricola, Piracicaba, 55 (número especial): 98-101
- Villela, F.A.; Doni-Filho, L. & Serqueira, E.L.** 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 26 (11/12): 1957-1968

Capítulo 2 - Tolerância à dessecação de sementes de espécies domesticadas de *Eugenia*
(*E. brasiliensis* Lam., *E. involucrata* DC., *E. pyriformis* Camb. e *E. uniflora* L)

RESUMO

Neste estudo objetivou-se verificar os efeitos da secagem e da reidratação lenta sobre a germinação de sementes cultivadas de *Eugenia brasiliensis* (grumixama), *E. involucrata* (cereja), *E. pyriformis* (uvaia) e *E. uniflora* (pitanga). As sementes foram submetidas a dois tipos de secagem (estufa a 40°C e sílica gel a temperatura ambiente) até atingirem níveis próximos a 10% de água. Após cada nível de secagem, as sementes foram avaliadas quanto ao seu teor de água, porcentagem de germinação e produção de plântulas normais. Com o objetivo de verificar possíveis danos por embebição as sementes foram submetidas, além da embebição em água pura, à reidratação lenta e controlada por meio da embebição em solução de PEG 6000 (-4MPa) após cada período de secagem. Houve significativa relação entre a redução do teor de água, germinação e a produção de plântulas normais, independente do tipo de secagem aplicado e da espécie estudada. Quanto à reidratação lenta, apesar de um resultado inicialmente positivo para cereja-do-mato e pitanga, não foi obtido aumento ou manutenção da germinação para nenhuma das espécies estudadas.

ABSTRACT

The present study is to verify the effect of the drying and the slow rehydration on the germination of seeds cultivated of *Eugenia brasiliensis* (grumixama), *E. involucrata* (cereja), *E. pyriformis* (uvaia) e *E. uniflora* (pitanga). The seeds have been submitted to two types of drying (40°C oven and room temperature silica) nearly 10% of water. Thus, water content, percentage of germination and normal seedlings have been evaluated taking into consideration the different levels of drying. In order to analyse possible imbibition injury, the seeds have been submitted to imbibition in pure water or the slow and controlled rehydration in solution of PEG 6000 (-4MPa), after each period of drying. There was a significant relation between reduction of the water content, germination and development of seedlings, independent of the type of drying or the studied species. As for the slow rehydration, although we have had positive initial results for *cereja-do-mato* and *pitanga*, there has not been increase of germination for none of the species in question.

INTRODUÇÃO

Tendo em vista a preservação da Mata Atlântica e a grande representatividade da família Myrtaceae neste bioma, trabalhos que visem o aprimoramento de técnicas para melhor utilização de seus recursos de maneira sustentável e que ofereçam a possibilidade da conservação *ex situ* destas espécies, têm papel de grande importância.

A principal técnica de conservação de sementes durante o armazenamento é a redução do seu metabolismo por meio da remoção da água. Porém, sementes de várias espécies nativas apresentam um limite letal de umidade, abaixo do qual há perda total de viabilidade do lote, apresentando grande dificuldade em sua conservação (Kohama *et al.* 2006). Tais sementes são denominadas recalcitrantes (Roberts 1973).

As sementes recalcitrantes têm a característica de germinar antes ou imediatamente após a separação da planta-mãe, principalmente porque continuam hidratadas até o final da maturação. Embora a viabilidade seja reduzida quando as sementes são armazenadas com elevado teor de água, para sementes recalcitrantes alguns pesquisadores têm mantido o teor de água elevado por meio do acondicionamento em embalagens herméticas, sob baixas temperaturas e, desta forma, têm conseguido ampliar sua longevidade natural (Barbedo & Marcos Filho 1998). Porém, deve-se observar que quando ocorre o armazenamento de sementes úmidas, ocorre a aceleração no processo de respiração, bem como o crescimento de microrganismos, favorecidos pela umidade e, conseqüentemente, o aumento na velocidade de deterioração (Toledo & Marcos Filho 1977). A preservação da qualidade fisiológica das sementes constitui-se em uma das fases mais importantes no processo de repovoamento da vegetação em áreas degradadas, pois permite o uso de espécies vegetais em épocas e locais diferentes dos de sua origem (Kohama *et al.* 2006).

As espécies de *Eugenia* que foram estudadas neste trabalho possuem frutos comercialmente interessantes, denominados popularmente como grumixama (*Eugenia*

brasiliensis Lam.), cereja-do-mato (*Eugenia involucrata* DC.), uvaia (*E. pyriformis* Camb.) e pitanga (*Eugenia uniflora* L.). São frutos comestíveis, doces e suculentos, excetuando-se os frutos de uvaia que, por apresentarem acidez elevada, são mais apropriados para o processamento (Donadio & Moro 2004).

E. brasiliensis Lam (grumixama, figura 3A e B) é uma arvoreta característica e exclusiva da mata pluvial atlântica no sul do Brasil, bastante rara, ocorrendo, sobretudo, em associações primárias das planícies aluviais, bem como nas encostas suaves, ocorrendo também na vegetação de subserra (Legrand & Klein 1969). Os frutos são geralmente acídulos, agradáveis e refrigerantes; comem-se crus e prestam-se muito bem para conservas. É bastante ornamental e hoje é comum em pomares como planta frutífera. Em São Paulo, porém, é mais cultivada ainda como essência florestal de rápido crescimento (Corrêa 1974). Existem variedades de frutos amarelos e de frutos pretos, os quais são avidamente procurados por aves, tornando-a componente indispensável nos reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas de preservação permanente (Lorenzi 1992).

E. involucrata DC. (cerejeira, figura 3C) é uma árvore de vasta dispersão, não muito freqüente nas matas primárias da Mata Atlântica, se encontra nas submatas mais desenvolvidas situadas em solos úmidos e não muito acidentados (Legrand & Klein 1969). Esta planta, quando cultivada, não se desenvolve tanto em altura, mas desenvolve grande copa, o que a torna ornamental (Corrêa 1974).

E. uniflora L.(pitanga, figura 3D) apresenta arbusto ou arvoreta de vasta e muito expressiva dispersão, sendo muito abundante e freqüente em todos os capões, situados em solos úmidos, bem como nas matas de galeria, onde se torna ainda mais abundante, e faz parte das espécies dominantes dos estratos inferiores (Legrand & Klein 1969). Esta espécie apresenta efeitos farmacológicos como anti-inflamatórios, efeitos diuréticos, anti-hipertensivo, hipoglicêmico e anti-triglicérides (Pepato *et al.* 2001).

E. pyriformis Camb. (uvaia, figura 3E) apresenta-se como árvore mediana de 5 a 15 metros de altura, tronco bastante reto, casca quase lisa, descamante, esgalhamento racemoso e fino, forma copa estreita e muito alongada, esparsamente foliosa. Seu fruto globoso, de uns 2 cm com pêlos canescentes muito pequenos sobre um pedúnculo não engrossado (Legrand & Klein 1969), com mesocarpo comestível de sabor adocicado e acidulado, é usado para produzir suco, vinagre, vinho e licor (Andrade & Ferreira 2000)

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento germinativo de sementes de espécies de *Eugenia brasiliensis* Lam., *E. involucrata* DC., *E. pyriformis* Camb. e *E. uniflora* L. submetidas a diferentes níveis de secagem, com ou sem reidratação lenta (em soluções osmóticas).

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção de material vegetal

Frutos maduros de *Eugenia brasiliensis*, *E. involucrata*, *E. pyriformis* e *E. uniflora* foram coletadas no final do ano de 2004, nos locais descritos abaixo:

- Em pomar localizado na Estação Ecológica de Mogi Guaçu - SP (22°15-16' S e 47°8-12' W) (*E. brasiliensis* Lam. de dois biótipos, frutos amarelos e frutos roxos);
- Em propriedade privada na Zona norte de São Paulo (*E. uniflora* L.) (23°27' S e 46°36' W) (figura 4) e;
- No Jardim Botânico de São Paulo, em São Paulo-SP (23°38' S e 46°37' W) (*E. brasiliensis* Lam. do biótipo de frutos roxos, *E. involucrata* DC., *E. pyriformis* Camb. e *E. uniflora* L.) (figura 4).

Estes frutos foram beneficiados por lavagem manual com auxílio de peneira, em água corrente, para a separação das sementes, sendo imediatamente retirado o excesso de umidade com tecidos de algodão. As sementes foram então selecionadas (chochas ou muito predadas) e

acondicionadas em sacos de polietileno semipermeável com aproximadamente de 25 perfurações de 0,05 cm de diâmetro cada, para a livre entrada de ar e armazenadas em geladeira a 8°C até o início dos experimentos.

Secagem das sementes

Após a retirada de amostra de sementes dos lotes iniciais, denominada controle, o restante foi submetido à secagem em dois processos distintos: sílica gel ($25^{\circ}\text{C}\pm$) e estufa com circulação forçada de ar ($40^{\circ}\text{C}\pm 2$).

As sementes submetidas a secagem em estufa foram dispostas em prateleiras forradas com tela plástica de sombrite, para melhor circulação do ar. As amostras para controle de umidade dos lotes foram constantemente retiradas para pesagem até a obtenção dos valores estimados de redução de peso das sementes.

Na secagem com uso de sílica gel as sementes foram colocadas dentro de recipientes de vidro fechados hermeticamente em temperatura ambiente com 500g de sílica gel, sendo feita a troca da sílica gel assim que esta perdia sua coloração azul intensa em uma faixa de aproximadamente 1 centímetro da primeira camada.

As amostras para verificação do teor de água, germinação, determinação e reidratação controlada, foram retiradas a medida que as sementes atingiam 49,6% até o valor mínimo de 11,4% de água para cereja-do-mato; 42,6% até 9,4% de água para pitanga; 57,2% até 14,7% de água para uvaia; 37,0% até 11,3% de água para grumixama do biótipo de frutos roxos; e 41,4% até 8,5% de água para grumixama do biótipo de frutos amarelos.



Figura 3 - Aspecto de frutos maduros de *Eugenia brasiliensis* Lam. do biótipo amarelo (A) e do biótipo roxo (B), *E. involucrata* DC. (C), *E. uniflora* L. (D) e *E. pyriformis* Camb. (E)



Figura 4 – Foto de satélite da localização geográfica dos locais de coleta: (A) Propriedade particular na Zona norte de São Paulo e (B) Jardim Botânico de São Paulo. Fonte: Google Earth, 2005.

Reidratação controlada

As sementes submetidas aos diferentes procedimentos de secagem foram reidratadas controladamente. O controle da velocidade de embebição foi realizado por meio de solução de polietileno glicol (PEG 6000) com potencial osmótico de -4 MPa a 25°C por 7 dias, obtido através dos resultados das curvas de hidratação descritos no capítulo anterior. Os cálculos para se determinar a quantidade de PEG 6000 de acordo com a temperatura foram feitos de acordo com a tabela proposta por Villela *et al.* (1991).

Avaliações fisiológicas

Logo após o beneficiamento de todo lote, as sementes foram analisadas quanto ao teor de água, conteúdo de matéria seca e germinação. O teor de água e o conteúdo de matéria seca das sementes foram avaliados conforme descrito nas Regras Internacionais para Análise de Sementes (ISTA 1985), através do método de estufa a $103\pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 17 horas, utilizando-se 4 repetições de 5 sementes cada.

O teste de germinação foi realizado em germinadores Marconi tipo MA400, com umidade relativa do ar de 100%, mantida por circulação interna de água, regulados para a temperatura constante de 25°C e 24 horas de luz. Para os testes foram utilizados rolo de papel tipo germitest, com duas folhas para a base e uma para cobertura (Brasil, 1992), pré-umedecidas, utilizando-se 4 repetições de 10 sementes. Neste teste, as avaliações foram realizadas a cada quinze dias, sendo computadas as sementes germinadas (protrusão de raiz primária com pelo menos 5mm) e as plântulas normais (plântulas com sistema radicular e eófilos desenvolvidos e sem defeitos aparentes).

Delineamento experimental e análise estatística

Todos os experimentos tiveram delineamento inteiramente casualizado e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Quando necessário para corrigir a normalidade e a heterogeneidade dos dados, estes foram transformados para $\text{arc sen } \sqrt{\%/100}$ ou, na existência de grande quantidade de valores nulos, para $\text{arc sen } \sqrt{\%/100} + 0,5$ (Santana & Ranal 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quatro espécies estudadas apresentaram teores de água iniciais que variaram de 47,2% (*Eugenia brasiliensis* Lam.) a 66,8% (*E. pyriformis* Camb.), um teor de água alto, típico de sementes recalcitrantes (Tabela 1). Também é comum verificar estes valores similares para outras espécies deste gênero, como *E. dysenterica* DC. (47-53%, Andrade *et al.* 2003), *E. involucrata* DC. (61-63%, Barbedo *et al.* 1998), *E. stipitata ssp. sororia* Mc Vaugh (58,8%, Gentil & Ferreira 1999) e *E. rostrifolia* Legr. (43%, Santos *et al.* 2004).

Tabela 1 – Teor de água inicial das quatro espécies

Nome científico	Nome comum	Umidade (%)
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	cereja-do-mato	58,2
<i>E. pyriformis</i> Camb.	uvaia	66,8
<i>Eugenia uniflora</i> L	pitanga	52,0
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	Grumixama – biótipo amarelo	49,6
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	Grumixama - biótipo roxo	47,2

Quanto à tolerância à dessecação, de maneira geral, pode ser observado que os dois métodos de secagem utilizados para as quatro espécies foram prejudiciais, afetando tanto a capacidade de iniciar a germinação quanto a produção de plântulas normais (tabelas 2 a 6).

Devido à esta sensibilidade a desidratação e a alta quantidade de água inicial, estas sementes poderiam ser classificadas como recalcitrantes (Roberts 1973). Contudo, os diferentes níveis de tolerância à dessecação apresentado pelas espécies individualmente,

demonstram que à intolerância a perda de água em sementes de *Eugenia* não é absoluta. Mesmo quando desidratadas por um único procedimento, não apresentaram reduções similares dos níveis de viabilidade, devido aos diferentes graus de tolerância à perda de água. Este comportamento corrobora o descrito por Berjak & Pammenter (1994) e por Barbedo e Marcos Filho (1998).

Tabela 2 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de *E. involucrata*, em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Tratamento	U%	G%	PN%
Estufa	58,2	75 a	75 a
	49,6	72 ab	72 a
	42,1	72 ab	65 ab
	32,6	40 b	30 b
	21,4	2 c	2 c
	12,1	0 c	0 c
Coef. var. (%)	10,80	18,66	28,77
Sílica	58,2	75 a	75 a
	41,4	65 a	60 ab
	36,5	62 a	57 ab
	28,8	50 a	45 b
	21,2	2 b	2 c
	11,4	0 b	0 c
Coef. var. (%)	9,76	22,02	21,93

Tabela 3 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de *E. uniflora*, em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Tratamento	U%	G%	PN%
Coleta - Zona Norte - SP			
Estufa	52,0	97 a	97 a
	34,6	57 b	47 b
	32,5	55 b	45 b
	26,4	12 c	7 c
	15,8	0 c	0 c
Coef. var. (%)	11,92	21,81	24,48
Sílica	52,0	97 a	97 a
	38,2	77 ab	62 b
	34,6	70 b	57 b
	22,2	0 c	0 c
	9,4	5 c	2 c
Coef. var. (%)	10,14	26,05	22,01
Coleta - Instituto de Botânica			
Estufa	50,4	97 a	92 a
	42,6	95 a	90 a
	35,3	65 b	50 b
	19,1	10 c	7 bc
	11,9	17 c	12 c
Coef. var. (%)	9,78	22,39	28,07
Sílica	50,4	95 a	92 a
	39,7	65 b	60 b
	37,9	65 b	50 b
	19,1	2 c	2 c
	13,0	0 c	0 c
Coef. var. (%)	10,63	27,32	24,24

Tabela 4 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de *E. pyrifomis*, em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Tratamento	U%	G%	PN%
Primeira coleta - Instituto de Botânica			
Estufa	66,8	90 a	90 a
	47,8	82 a	72 ab
	39,8	62 a	52 b
	21,9	17 b	15 c
	18,1	10 b	10 c
	17,0	5 b	2 c
Coef. var. (%)	11,28	30,70	28,34
Sílica	66,8	90 a	90 a
	57,2	90 a	85 ab
	48,3	62 a	55 b
	25,1	7 b	5 c
	17,9	5 b	5 c
	14,7	5 b	2 c
Coef. var. (%)	17,57	27,31	31,79
Segunda coleta - Instituto de Botânica			
Estufa	68,4	50 b	45 a
	50,2	72 a	65 a
	28,6	12 c	7 b
	30,6	5 cd	2 b
	16,9	0 d	0 b
	14,7	0 d	0 b
Coef. var. (%)	11,63	27,82	34,65

Tabela 5 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de *E. brasiliensis* do biótipo de frutos roxos, em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Tratamento	U%	G%	PN%
Coleta - Faz. Campininha			
Estufa	47,2	80 a	70 a
	35,8	40 b	30 b
	20,3	0 c	0 c
	12,5	0 c	0 c
	11,3	0 c	0 c
Coef. var. (%)	9,25	22,51	32,58
Sílica	47,2	80 a	70 a
	34,2	30 b	22 b
	27,0	2 c	0 c
	18,3	0 c	0 c
	15,6	0 c	0 c
Coef. var. (%)	10,39	53,62	46,62
Coleta – Instituto de Botânica			
Estufa	46,6	95 a	92 a
	37,0	47 b	30 b
	30,6	12 c	12 bc
	19,27	0 c	0 c
Coef. var. (%)	8,85	25,53	33,28
Sílica	46,6	95 a	92 a
	36,9	72 b	65 a
	28,0	25 c	15 b
	14,4	0 d	0 b
Coef. var. (%)	6,23	30,88	31,59

Tabela 6 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de *E. brasiliensis* do biótipo de frutos amarelos, em função dos níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Tratamento	U%	G%	PN%
Primeira coleta			
Estufa	49,6	100 a	100 a
	41,4	95 a	87 b
	25,8	22 b	2 c
	16,6	5 bc	0 c
	8,5	0 c	0 c
Coef. var. (%)	8,78	26,45	20,86
Sílica	49,6	100 a	100 a
	35,0	82 b	75 b
	32,5	40 c	27 c
	19,0	5 d	5 d
	12,1	0 d	0 d
Coef. var. (%)	12,06	14,99	16,69
Segunda coleta			
Estufa	40,9	82 a	40 a
	31,3	20 b	2 b
	20,3	0 b	0 b
	12,2	0 b	0 b
Coef. var. (%)	10,86	59,48	46,52
Sílica	40,9	82 a	40 a
	29,9	32 b	12 b
	21,0	20 b	5 b
	8,6	0 b	0 b
Coef. Var. (%)	8,56	28,29	63,71

Sementes de cereja-do-mato (*Eugenia involucrata* DC.) apresentaram teor crítico de água, ou seja, teor de água a partir do qual a remoção de mais água ocasiona redução no vigor das sementes, de 36,5% de água (tabela 2). Apesar de não ter ocorrido diferença significativa de queda entre a germinabilidade das sementes destes níveis para os níveis imediatamente inferiores de hidratação, pôde ser observado uma queda na formação de plântulas normais. Este valor é inferior ao obtido por Barbedo *et al.* (1998) e por Maluf *et al.* (2003) que o situaram entre 41% e 51%. O conteúdo letal de água, abaixo do qual não ocorre mais germinação, foi de 28,8% (tabela 2).

Este comportamento de redução na germinação e no vigor durante a secagem também foi observado em sementes de pitanga (*E. uniflora* L.) (tabela 3). O vigor começou a ser reduzido quando o teor de água atingiu valores inferiores a 42,6% (teor crítico de água) e as sementes perderam a viabilidade quando o teor de água atingiu valores inferiores a 32,5% (teor letal de água).

Resposta um pouco diferente pôde ser percebida para uvaia (*E. pyriformis* Camb.). No segundo lote, de pior qualidade fisiológica em relação ao primeiro, ocorreu aumento significativo na germinação e produção de plântulas normais no primeiro nível de secagem, talvez em decorrência de diferente estágio de maturação (sementes imaturas), como observado em eixos embrionários de *Ekebergia capensis* Sparrm. que apresentaram diferentes respostas em relação a maturidade dos frutos (Perán *et al.* 2004). Sementes recalcitrantes apresentam considerável variação de comportamento entre espécies, dentro da mesma espécie, vários fatores podem contribuir para essa diferença, incluindo-se o teor de água no momento da dispersão, a velocidade de secagem, o grau de maturação, entre outros e a partir disso, identificar o amplo espectro de variação do desempenho das sementes recalcitrantes é de grande importância (Berjak & Pammenter 1994; Marcos Filho 2005).

Os dois lotes de uvaia apresentaram teor de água inicial alto (66,8% à 68,4%). A resposta da germinação em relação aos níveis de secagem, como pode ser verificado na tabela

4, apresentou um comportamento tipicamente recalcitrante, com uma queda acentuada de vigor a partir da redução do teor de água para valores inferiores a 47,8% (teor crítico de água) e perda total de viabilidade abaixo de 39,8% de água. Entre os tratamentos de secagem também pode ser observado, para esta espécie, uma diferença na resposta germinativa, principalmente depois do segundo nível de secagem, pois a secagem com sílica gel levou um período mais prolongado para se obter uma redução do teor de água similar ao método de estufa a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Portanto o método de secagem pôde produzir variações na avaliação da tolerância à dessecação, como ocorreu em sementes de *Inga uruguensis* Hook. & Arn. que, quando secas controladamente em estufa, perderam a germinação quando atingiram 21-22% (Bilia *et al.* 1999) enquanto que as secas naturalmente, obtiveram germinação nula quando atingiram 34% de água (Barbedo, 1997). Na secagem mais lenta, as sementes permanecem por maior período a níveis de hidratação que permitem a ocorrência de reações deteriorativas, inclusive as provocadas por radicais livres, e provocar danos sérios à estrutura das membranas (Pammenter *et al.* 1998).

A resposta dos dois biótipos de grumixama (roxo e amarelo) foi semelhante, pois a secagem desde o primeiro nível afetou negativamente a germinação e o vigor destas sementes (tabelas 5 e 6), tornando-se mais evidente a partir do segundo nível. O teor crítico de água foi de 36,9% para grumixama-roxa (tabela 5) e 49,6% para grumixama-amarela (tabela 6), valores próximos aos observados por Kohama *et al.* (2006). O teor letal de água foi atingido quando as sementes de grumixama-roxa estavam com valores inferiores a 34,2% (tabela 5) e, para grumixama-amarela, inferiores a 25,8% de água (tabela 6).

Estes altos valores de sensibilidade à dessecação estão dentro de outros já observados para diversas espécies com sementes recalcitrantes como, por exemplo, *Euterpe espiritensis* Fernandes (51,4-40,7%, Martins *et al.* 1999).

A partir dos valores obtidos para todas as espécies, pode ser percebida uma significativa relação entre a redução do teor de água e a perda de vigor e germinabilidade

independente do tipo de secagem aplicado (estufa, $40^{\circ}\text{C}\pm 2$ ou sílica gel) e da espécie estudada, como já constatado anteriormente para outras espécies de *Eugenia* (*E. dysenterica* DC., Andrade *et al.* 2003; *E. involucrata* DC., Barbedo *et al.* 1998 e Maluf *et al.* 2003; *E. stipitata ssp. sororia* Mc Vaugh, Gentil & Ferreira 1999 e *E. pyriformis* Camb., Andrade & Ferreira 2000).

O conhecimento do teor crítico de água dessas sementes fornece importante informação para trabalhos de conservação “ex situ” dessas espécies. Em algumas espécies com sementes recalcitrantes uma redução, mesmo que pequena, no teor de água das sementes do lote pode contribuir significativamente no aumento do período de armazenamento, como para *Inga uruguensis* (Bilia 1998) e para *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh (Gentil 2003). O armazenamento de sementes úmidas acarreta a aceleração no processo de respiração, bem como o crescimento de microrganismos favorecidos pela umidade e conseqüentemente, o aumento na velocidade de deterioração (Toledo & Marcos Filho 1977). Esta redução no teor de água pode minimizar tais danos, aumentando o período de conservação. Porém este comportamento não é observado para todas as espécies, pois para *E. brasiliensis*, Kohama *et al.* (2006) observaram que o primeiro nível de secagem afetou negativamente o vigor das sementes durante o armazenamento.

Para averiguação de que o dano não estava ocorrendo como resultado da redução do teor de água, e não por embebição rápida, foi testada a influência da reidratação controlada para estas sementes, baseando-se nos resultados de equilíbrio hídrico obtidos no capítulo 1.

De modo geral, quando expostas a reidratação lenta as sementes apresentaram grande redução na germinação e no vigor (figura 5 e 6), para todas as espécies estudadas, a exceção do primeiro nível de secagem em sementes de pitanga e cereja-do-mato (figura 5). Essa resposta também foi observada por Perán *et al.* (2004), para embriões de sementes maduras de *Artocarpus heterophyllus* Lamk. e *Podocarpus henkelii* Stapf ex Dallim.

Isto sugere que o efeito da velocidade de reidratação pode ter bases similares ao efeito da velocidade de secagem: durante a reidratação lenta os tecidos gastam longos períodos em teores intermediários de água, permitindo que novos danos ocorram, ao passo que a reidratação rápida previne ou atrasa a acumulação dos danos. Uma alternativa ou efeito adicional pode ser que a técnica de reidratação lenta permita o livre acesso do oxigênio para os tecidos (diferentemente de imersão completa), aumentando a velocidade de produção de danos em espécies reativas ao oxigênio (Perán *et al.* 2004).

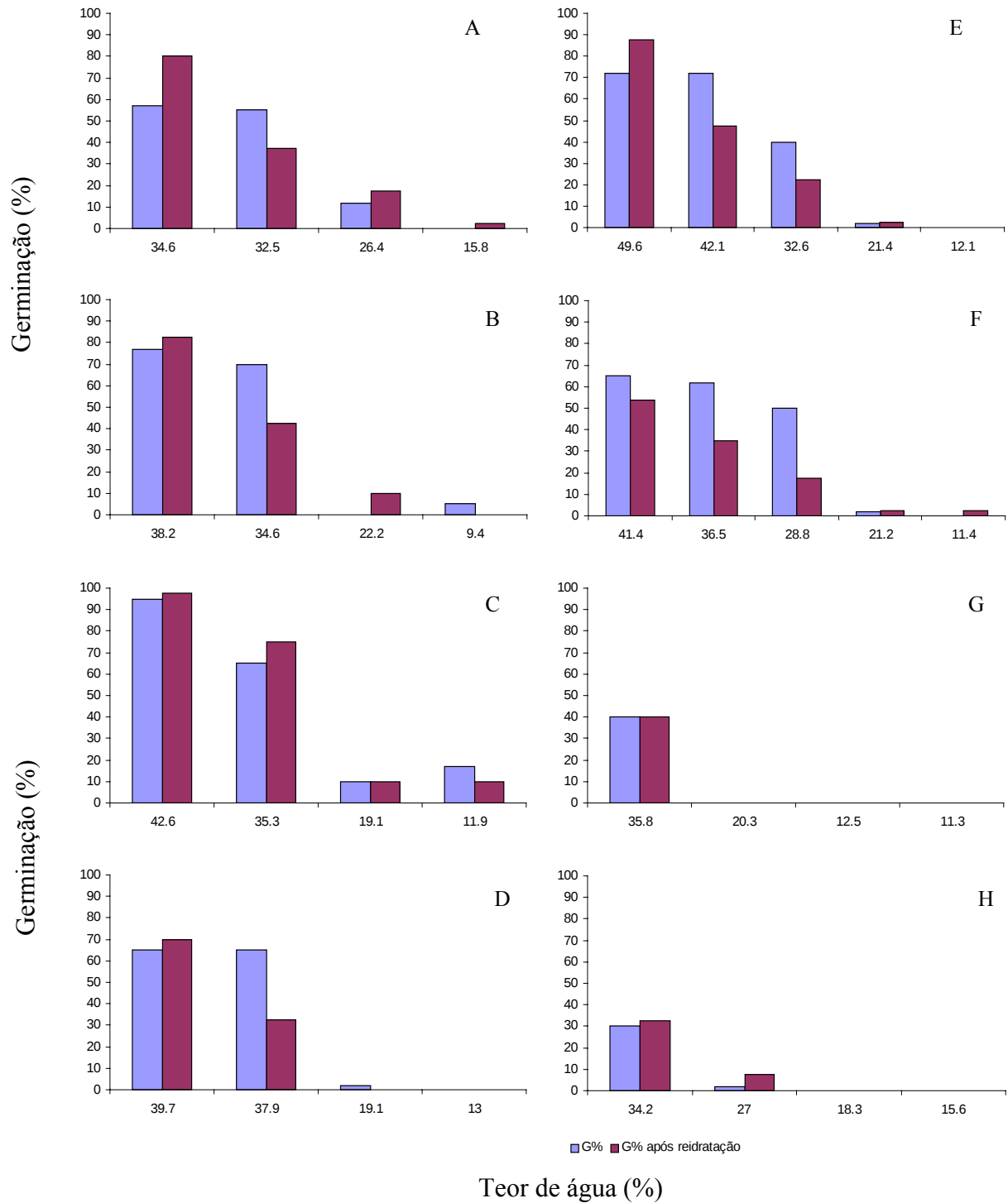


Figura 5 – Germinação de sementes de *Eugenia uniflora* Lote Zona Norte submetidas a secagem em estufa (A) e sílica gel (B), Lote IBt submetidas a secagem em estufa (C) e sílica gel (D), sementes de *E. involucrata* submetidas a secagem em estufa (E) e sílica gel (F), sementes de *E. brasiliensis* biótipo roxo submetidas a secagem em estufa (G) e sílica gel (H). Barras azuis representam germinação após imersão em água pura (embebição rápida) e barras vinhos representam germinação após imersão em solução de concentração osmótica de -4MPa por 7 dias (embebição lenta).

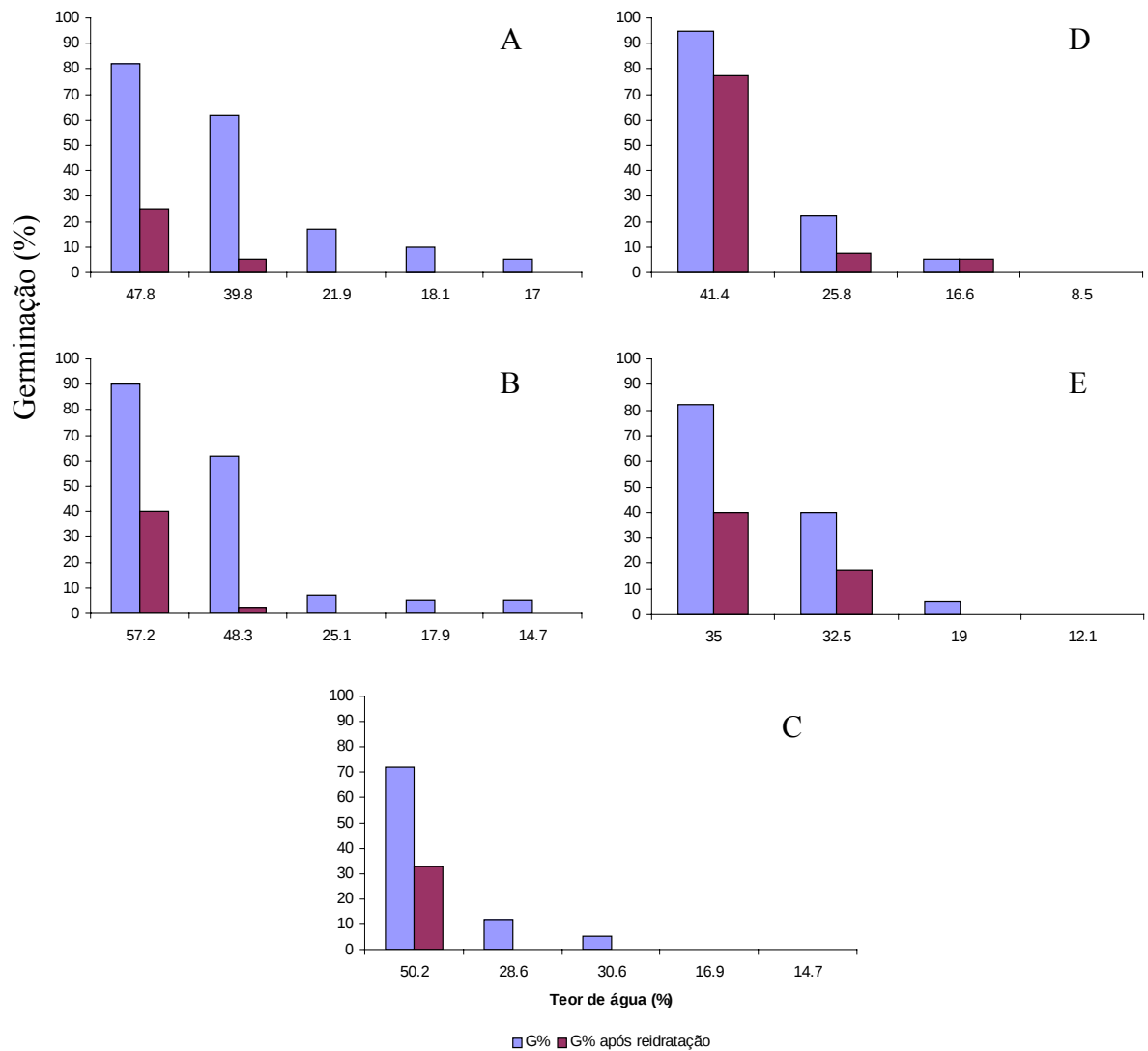


Figura 6 – Germinação de sementes de *Eugenia pyriformis* 1ª coleta submetidas a secagem em estufa (A) e sílica gel (B) e, 2ª coleta secas em estufa (C) e *E. brasiliensis* biótipo amarelo submetidas a secagem em estufa (D) e sílica gel (E). Barras azuis representam germinação após imersão em água pura (embebição rápida) e barras vinhas representam germinação após imersão em solução de concentração osmótica de – 4MPa por 7 dias (embebição lenta).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade, A.C.S.; Cunha, R; Souza, A.F.; Reis, R.B. & Almeida, K.L** 2003. Physiological and morphologica aspects of seed viability of a neotropical savannah tree, *Eugenia dysenterica* DC. Seed Science & Tecnology. 31: 125-137
- Andrade. R.N.B. & Ferreira, A.G.** 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. Revista Brasileira de Sementes, 22 (2): 118-125
- Barbedo, C.J.** 1997. Armazenamento de sementes de *Inga uruguensis* Hook. & Arn. Piracicaba, Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, 71p.
- Barbedo, C.J.; Kohama, S.; Maluf, A.M. & Bilia, D.A.C.** 1998. Germinação e armazenamento de diásporos de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC. - Myrtaceae) em função do teor de água. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, 20 (10): 184-188.
- Barbedo, C.J. & Marcos-Filho, J.** 1998. Tolerância à dessecação de sementes. Acta Botanica Brasilica, São Paulo, 12 (2): 145-164.
- Berjak, P. & Pammenter, N.W.** 1994. Recalcitrant is not an all-or-nothing situation. Seed Science Research 4:263-264.
- Bilia, D.A.C., Marcos Filho, J. & Novembre, A.D.C.L.** 1998. Conservação da qualidade fisiológicas de sementes de *Inga uruguensis* Hook. et Arn. Revista Brasileira de Sementes, 20 (1): 48-54
- Bilia, D.A.C., Marcos Filho, J. & Novembre, A.D.C.L.** 1999. Desiccation tolerance and seed storability of *Inga uruguensis* (Hook. et Arn.). Seed Science and Technology, 27: 77–89
- Brasil.** 1992. Ministério da Agricultura e Reforma Agraria. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 365 p
- Corrêa, M.P.** 1974. Dicionário das Plantas úteis do Brasil. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro

- Donadio, L.C. and Moro, F.V.** 2004. Potential of brazilian *Eugenia* Myrtaceae - as ornamental and as a fruit crop. *Acta Horticulturae*. (ISHS) 632: 65-68
- Gentil, D.F.O.** 2003. Conservação de sementes de *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh. Piracicaba, Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, 51p.
- Gentil, D.F.O. & Ferreira, S.A.N.** 1999. Viabilidade e superação da dormência em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). Manaus, *Acta Amazonica*, 29 (1): 21-31
- ISTA.** 1985. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*. Zurich, 13: 356-513
- Kohama, S.; Bilia, D. A. C.; Maluf, A. M. & Barbedo, C.J.** 2006. Secagem de sementes de grumixama (*Eugenia brasiliensis*).. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v. 28, n. 01.
- Legrand, C.D. & Klein, R.M.** 1969. *Flora Ilustrada Catarinense*. I Parte: As Plantas. Fascículo: Mirtáceas. Planejada e editada por P. Raulino Reitz. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 216p
- Lorenzi, H.** 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum. 352 p
- Maluf, A.M.; Bilia, D.A.C & Barbedo, C.J.** 2003. Drying and storage of *Eugenia involucrata* DC. seeds. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.60, n.3, 471-475.
- Marcos Filho, J.** 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Fealq, Piracicaba, 495p
- Martins, C.C.; Nakagawa, J. & Bovi, M.L.A.** 1999. Tolerância à dessecação de sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernandes). *Revista Brasileira de Botânica*, 22 (3): 391-396
- Pammenter, N.W.; Greggains, V.; Kioko, J.I.; Wesley-Smith, J, Berjak, P. & Finch-Savage, W.E.** 1998. Effects of differential drying rates on viability retention of recalcitrant seeds of *Ekebergia capensis*. *Seed Science Research*, 8: 463-471

- Pepato, M.T.; Folgado, V.B.B.; Ketelhut, I.C. & Brunetti, L.L.** 2001. Lack of antidiabetic effect of a *Eugenia jambolana* leaf decoction on rat streptozotocin diabetes. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 34:389-395
- Perán, R.; Pammenter, N.W.; Naicker, J. & Berjak, P.** 2004. The influence of hehydration technique on the response of recalcitrant seed embryos to desiccation. *Seed Science Research*, 14: 179-184
- Roberts, E.H.** 1973. Predicting the storage life of seed. *Seed Science & Tecnology*. 1: 499-514
- Santana, D.G. & Ranal, M.A.** 2004. *Análise da germinação: um enfoque estatístico*. Brasília, Ed Universidade de Brasília, 248p.
- Santos, C.M.R; Ferreira, A.G. & Áquila, M.E.A.** 2004. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*. Santa Maria, 14 (2): 13-20
- Toledo, F.F. & Marcos-Filho, J.** 1977. *Manual das sementes: tecnologia da produção*. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo. 224 p
- Villela, F.A.; Doni-Filho, L. & Serqueira, E.L.** 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 26 (11/12): 1957-1968

**Capítulo 3 - Tolerância à dessecação de sementes de espécies não domesticadas de
Eugenia (*E.cerasiflora* Miq. e *E. umbelliflora* Berg)**

RESUMO

Pela grande necessidade de informações sobre o comportamento, qualidade fisiológica e sobre o potencial de armazenamento de sementes de espécies com grande representatividade na Mata Atlântica, objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos de diferentes níveis de secagem em dois processos (estufa 40°C e sílica a temperatura ambiente) sobre a germinação e a formação de plântulas normais de sementes de guamirim (*E. cerasiflora*) e de guapê (*E. umbelliflora*). Para tanto, as sementes, foram secas em níveis progressivos, reduzindo o teor de água de 62% até 11% (guamirim) e de 42% até 12% (guapê). Os resultados mostraram que a redução do teor de água para valores inferiores a 34% (guamirim) e 25% (guapê) prejudicou a germinabilidade e a formação de plântulas normais. Com o objetivo de verificar possíveis danos por embebição as sementes foram submetidas à reidratação lenta e controlada por meio da exposição em solução de polietileno glicol (-4MPa) após cada período de secagem. Entretanto este método não se mostrou eficiente, pois houve queda significativa na germinação das duas espécies para todos os níveis de secagem.

ABSTRACT

Based on the lack of information regarding behavior, physiological quality and seed storability of species with great importance at *Mata Atlântica* the present work was undertaken to evaluate the effect of different levels of drying in two treatments (40°C oven and room temperature silica) concerning to the water content, germination and normal seedlings of seeds of guamirim (*E. cerasiflora*) and guapê (*E. umbelliflora*). The seeds have been dried in progressive levels, by reducing the water content from 62% up to 11% (guamirim) and from 42% up to 12% (guapê). The results have shown that the reduction of the water content for values below 34% (guamirim) and 25% (guapê) harmed the germination and normal of seedlings. In order to check possible imbibition injury, the seeds have been submitted to the imbibition in pure water or to the slow and controlled rehydration into solution of polyethylene glycol (-4MPa), after each period of drying. However, this method did not seem to be efficient since germination decreased as for both species in all drying levels.

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um complexo e exuberante conjunto de ecossistemas de grande importância, por abrigar uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil. É também um dos biomas mais ameaçados do mundo devido às constantes agressões ou ameaças de destruição dos habitats nas suas variadas tipologias e ecossistemas associados (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2002). Ao processo intenso e contínuo de exploração e devastação de matas nativas, que resultam no extermínio de várias espécies com potencial para múltiplos usos, soma-se a carência de informações sobre as espécies nativas tropicais, o que dificulta a adoção de práticas conservacionistas ou de recuperação de áreas degradadas (Carpi *et al.* 1996).

Outra dificuldade encontrada é a produção de mudas pela falta de tecnologia que permita maximizar o uso das sementes nativas deste bioma, principalmente quanto à sua conservação e multiplicação. Em particular, na semente, o conhecimento do estado da água é essencial para o estudo do desenvolvimento e da germinação. Além disso, as relações hídricas podem fornecer subsídios para explicar o comportamento fisiológico de sementes (Villela & Marcos-Filho 1998).

As espécies de *Eugenia* que foram estudadas neste trabalho possuem frutos que são denominados popularmente como guapê (*Eugenia umbelliflora* Berg) e guamirim (*E.cerasiflora* Miq) (Figura 7).

E. umbelliflora é arbusto ou arvoreta característica, exclusiva da restinga litorânea, com vasta e expressiva dispersão pelo litoral. Espécie típica das dunas fixas e dos baixios menos enxutos (restinga), bastante planos e arenosos; forma freqüentemente agrupamentos muito típicos e por vezes bastante densos (Legrand & Klein 1969). Os pigmentos extraídos dos frutos de guapê podem ser potencialmente usados como corantes naturais (Kuskoski *et al.* 1999)

E. cerasiflora é árvore característica e exclusiva da mata pluvial da encosta atlântica no sul do Brasil, bastante rara, ocorre principalmente nas matas situadas nos fundos de vales, inícios das encostas, bem como nas chapadas e encostas pouco acidentadas, onde a drenagem se processa de modo mais lento. Uma das características práticas para seu reconhecimento em campo são as margens das folhas que quase sempre apresentam um enrugamento ondulado muito característico (Legrand & Klein 1969).

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento germinativo de sementes de espécies de *Eugenia cerasiflora* (guamirim) e de *E. umbelliflora* (guapê) submetidas a diferentes níveis de secagem, com ou sem reidratação lenta (em soluções osmóticas).



Figura 7 – Aspectos de frutos maduros de (A) *Eugenia cerasiflora* Miq. e (B) *E. umbelliflora* Berg.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material vegetal

Coletas de frutos maduros de *Eugenia umbelliflora* e *E. cerasiflora* foram realizadas, nos locais descritos abaixo:

- *E. umbelliflora* Berg - Parque Estadual da Ilha do Cardoso, localizado em Cananéia-SP (25°05' S, 47°55' W) em setembro de 2004 (figura 8) e;
- *E. cerasiflora* Miq. - Jardim Botânico de São Paulo, em São Paulo-SP (23°38' S, 46°37' W) em setembro de 2005 (figura 9).

Os frutos foram beneficiados por lavagem manual com auxílio de peneira, em água corrente, para a separação das sementes, sendo imediatamente retirado o excesso de umidade. As sementes foram então selecionadas (chochas ou muito predadas) e acondicionadas em sacos de polietileno semipermeável com cerca de 25 pequenas perfurações (0,05 cm) para a livre entrada de ar e armazenadas em geladeira a 8°C até o início dos experimentos.

Secagem

Para a avaliação dos efeitos dos níveis de secagem na viabilidade de sementes recém coletadas de *Eugenia*, foi feito um estudo comparativo de dessecação utilizando-se exposição das sementes à sílica gel (25°C) e estufa (40°C).

As sementes submetidas a secagem controlada em estufa com temperatura constante de 40°C ± 2°C, com circulação forçada de ar, foram dispostas em prateleiras forradas com sombrite, para melhor circulação de ar e não acúmulo de água nas prateleiras. As amostras para controle de umidade dos lotes foram constantemente retiradas para pesagem até a obtenção dos valores estimados de redução de peso das sementes, estas foram retiradas a

medida que as sementes atingiram 49,6%, 42,9%, 34,3%, 23,4% e 11,4% de água para *E. cerasiflora* e 26,7%, 25,7% e 13,3% de água para *E. umbelliflora*.



Figura 8 – Foto de satélite da localização geográfica do Parque Estadual da Ilha do Cardoso.
Fonte: Google Earth



Figura 9 – Foto de satélite da localização geográfica do Instituto de Botânica de São Paulo. Fonte: Google Earth

A secagem por meio do uso de sílica gel foi realizada dentro de recipientes de vidro, em temperatura ambiente e 500g de sílica, sendo feita a troca da sílica gel assim que esta perdia sua coloração azul intensa em uma faixa de aproximadamente um centímetro da primeira camada. As amostras para avaliações do teor de água, germinação e realização da reidratação controlada, foram retiradas a medida que as sementes atingiram 52,8%, 48,0%, 24,8%, 19,8% e 18,6% de água para *E. cerasiflora* e 32,8%, 17,6% e 12,5% de água para *E. umbelliflora*, valores estimados com base na de redução de peso das sementes.

Reidratação controlada

As sementes submetidas aos diferentes procedimentos de secagem foram reidratadas controladamente. O controle da velocidade de embebição foi realizado por meio de solução de polietileno glicol (PEG 6000) com potencial osmótico de -4 MPa a 25°C por 7 dias, obtido através dos resultados das curvas de hidratação descritos no Capítulo 1. Os cálculos para se determinar a quantidade de PEG 6000 de acordo com a temperatura foram feitos de acordo com a tabela proposta por Villela *et al.* (1991).

Avaliações fisiológicas

Logo após o beneficiamento de todo lote, as sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, conteúdo de matéria seca e germinação, para uma caracterização inicial do lote. O teor de água e o conteúdo de matéria seca das sementes foram quantificados conforme descrito nas Regras Internacionais para Análise de Sementes (ISTA 1985), através do método de estufa a $103\pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 17 horas, utilizando-se 4 repetições de 5 sementes cada.

O teste de germinação foi realizado em germinadores Marconi tipo MA400, com umidade relativa do ar controlada para 100%, mantida por circulação interna de água, regulados para a temperatura constante de 25°C e 24 horas de luz. Na instalação do teste, as sementes foram semeadas em papéis tipo germitest, com duas folhas para a base e uma para cobertura (Brasil

1992), pré-umedecidas, utilizando-se 4 repetições de 10 sementes. Neste teste, as avaliações foram realizadas a cada quinze dias, sendo computadas as sementes germinadas (protrusão de raiz primária) e as plântulas normais (plântulas com sistema radicular e eófilos desenvolvidos e sem defeitos aparentes).

Delineamento experimental e análise estatística

Todos os experimentos tiveram delineamento inteiramente casualizado e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Quando necessário para corrigir a normalidade e a heterogeneidade dos dados, estes foram transformados para $\text{arc sen } \sqrt{\%/100}$ ou, na existência de grande quantidade de valores nulos, para $\text{arc sen } \sqrt{\%/100} + 0,5$ (Santana & Ranal 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de teor de água obtidos com a secagem, tanto no tratamento de estufa quanto no de sílica, variaram de 62% inicial até 11% para guamirim (*Eugenia cerasiflora*) e de 42% inicial até 12% para guapê (*E. umbelliflora*). A diferença entre os valores de teor de água iniciais pode estar relacionada à região de origem de cada espécie, pois *E. cerasiflora* é característica da mata pluvial atlântica enquanto *E. umbelliflora* é exclusiva de restinga. Este elevado teor inicial de água situa-se entre os verificados em sementes de outras espécies de *Eugenia* nativas do Brasil, tais como *E. pyriformis* (67%, Andrade & Ferreira 2000), *E. dysenterica* (47-53%, Andrade *et al.* 2003), *E. rostrifolia* Legr. (43%, Santos *et al.* 2004) e *E. involucrata* (63%, Maluf *et al.*, 2003).

A germinação e o vigor de sementes de guamirim e de guapê, apresentaram uma queda significativa com a secagem, onde foi possível verificar que sementes de ambas as espécies

são sensíveis à dessecação. Estas sementes poderiam ser classificadas como recalcitrantes ou, até, intermediárias em relação ao seu nível de tolerância à dessecação pois, na classificação entre ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias (Ellis *et al.* 1990), estas últimas podem ter seu teor de água reduzido até cerca de 30 % sem que ocorra danos à germinação e ao vigor, resultados que podem ser observados nas tabelas 7 e 8.

Conforme o observado na tabela 7, a germinação de guamirim não apresentou perdas significativas até o teor de água de 34%, sendo que abaixo deste conteúdo de água, iniciou-se evidente redução na formação de plântulas normais. O teor de água crítico, entendido como aquele abaixo do qual se inicia a perda da qualidade fisiológica (Walters 2000) encontra-se entre 34% para *E. cerasiflora* e 25% e para *E. umbelliflora* e o teor de água letal, o qual representa o mínimo para manutenção da viabilidade da semente encontra-se na faixa de 18% a 11% de água, pois entre estes valores as sementes perderam totalmente sua viabilidade. De acordo com os resultados apresentados na tabela 8, as sementes de guapê toleram uma redução no teor de água maior que as sementes de guamirim, vistas anteriormente.

Tabela 7 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de *E. cerasiflora*, em função do níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Tratamento	U%	G%	PN%
Estufa	62,8	62 a	52 a
	49,6	70 a	55 a
	42,9	67 a	55 a
	34,3	70 a	57 a
	23,4	3 b	27 a
	11,4	0 c	0 b
Coef. var. (%)	51,23	16,86	24,11
Sílica	62,8	62 ab	52 a
	52,8	70 ab	47 ab
	48,0	75 a	70 a
	24,8	22 bc	15 bc
	19,8	10 c	5 c
	18,6	10 c	7 c
Coef. var. (%)	9,21	29,62	32,99

Tabela 8 – Valores correspondentes a U% - teor de água, G% - germinação, PN% - plântulas normais de sementes de *E. umbelliflora*, em função do níveis de secagem em estufa e sílica. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05).

Tratamento	U%	G%	PN%
Estufa	42,5	82 a	82 a
	26,7	62 a	52 a
	25,7	60 a	52 a
	13,3	0 b	0 b
Coef. var. (%)	10,87	22,43	20,06
Sílica	42,5	82 a	82 a
	32,8	65 a	52 a
	17,6	10 b	5 b
	12,5	7 b	5 b
Coef. var. (%)	11,30	31,10	34,24

Por estes resultados pode-se inferir que sementes de guamirim e guapê não estão entre as mais sensíveis à dessecação, nem quando são consideradas as sementes recalcitrantes de modo geral, nem quando considerado apenas o gênero *Eugenia*. Portanto, por suportar dessecação, mesmo que não a níveis muito baixos, este pode ser um fator para melhora no seu processo de armazenamento, pois outros trabalhos já mostraram que uma redução, mesmo que pequena, no conteúdo de água do lote pode contribuir significativamente no aumento do período de armazenamento (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh, Gentil 2003). Porém esta redução no teor de água pode causar danos logo no primeiro nível de secagem e afetar negativamente o vigor das sementes durante o armazenamento, como observado por Kohama *et al.* (2006) para *E. brasiliensis*.

Se comparadas com outras espécies de *Eugenia* já estudadas, pode-se perceber que os limites críticos de umidade apresentados por estas duas espécies de ocorrência natural têm respostas diferentes de espécies cultivadas. Este limite está situado abaixo do esperado, pois as espécies cultivadas mostraram-se mais sensíveis a dessecação possuindo um grau crítico entre 47% e 43% de teor água para *E. dysenterica* (Andrade *et al.* 2003), entre 58,8% e 47,1% para *E. stipitata ssp. sororia* (Gentil & Ferreira 1999) e entre 50% e 41% *E. involucrata* (Maluf *et al.* 2003).

Quanto à avaliação da reidratação controlada, as sementes das duas espécies apresentaram redução na germinação, pois logo no primeiro nível de secagem a germinação foi reduzida de 70% (reidratação rápida em água pura) para 18% (reidratação lenta em polietilenoglicol à – 4 MPa por 7 dias) para sementes de guamirim em tratamento de estufa a 40°C, enquanto para sementes de guapê essa redução foi de 65% (reidratação rápida) para 20% (reidratação lenta) no tratamento de secagem com sílica gel, caminhando para valores mais baixos a partir do segundo nível de secagem em ambos tratamentos (figura 10 e 11). Portanto, foi observado que a reidratação controlada (lenta) apresentou resultados sempre inferiores àqueles obtidos através da reidratação rápida. Esta resposta também foi observada para eixos embrionários de sementes maduras de *Artocarpus heterophyllus* Lamk. e *Podocarpus henkelii* Stapf ex Dallim (Perán *et al.* 2004), pois em sementes recalcitrantes, de maneira geral, se observa que a reidratação lenta resulta em perda de germinação em relação a reidratação rápida (imersão direta em água) por prevenir que ocorra acúmulo de danos nos tecidos, enquanto a reidratação lenta resulta em perda de germinação em razão do aumento no período em que a semente permanece na fase dois do processo de embebição, segundo o padrão trifásico proposto por Bewley & Black (1994), em que se constata pouca ou nenhuma absorção de água permitindo que as sementes ativem inúmeros eventos do processo germinativo, sem que ocorra a protrusão da raiz primária ou germinação propriamente dita.

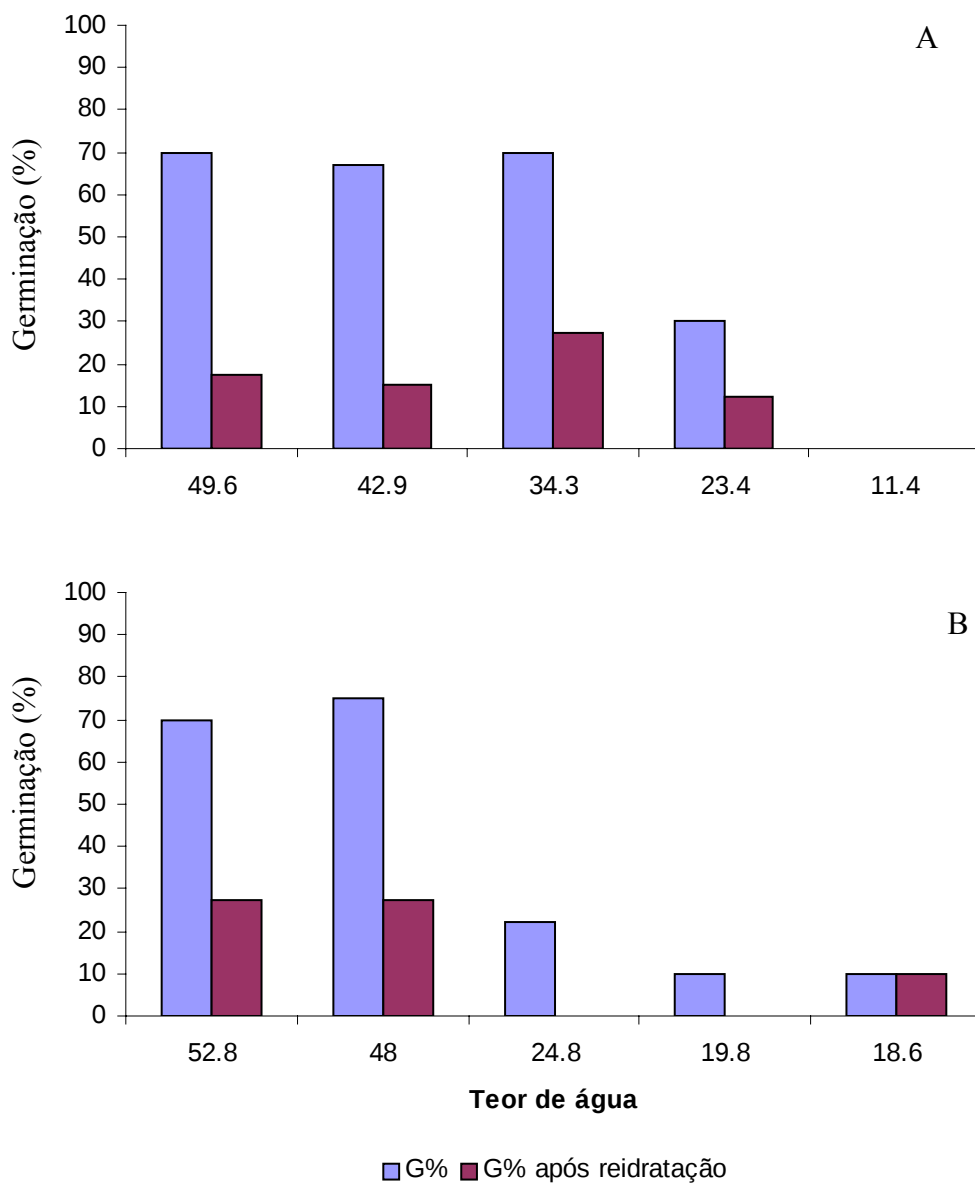


Figura 10 – Germinação de sementes de *E. cerasiflora* submetidas a secagem em estufa (A) e sílica gel (B). Barras azuis representam germinação após imersão em água pura (embebição rápida) e barras vinhas representam a germinação após imersão em solução de concentração osmótica de -4MPa por 7 dias (embebição lenta).

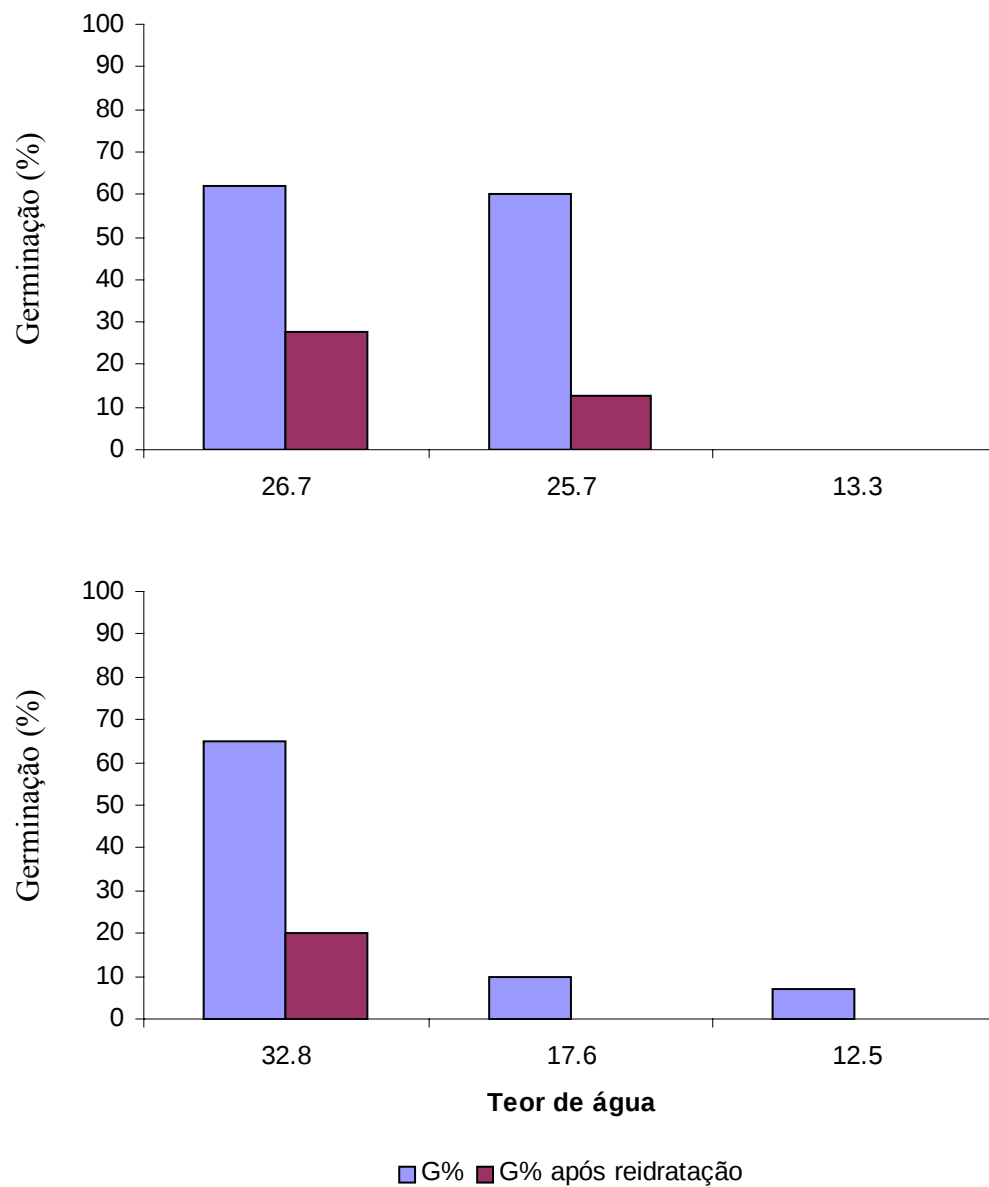


Figura 11 - Germinação de sementes de *E. umbelliflora* submetidas a secagem em estufa (A) e sílica gel (B). Barras azuis representam germinação após imersão em água pura (embebição rápida) e barras vinhas representam a germinação após imersão em solução concentração osmótica de -4MPa por 7 dias (embebição lenta).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A.C.S.; Cunha, R; Souza, A.F.; Reis, R.B. & Almeida, K.L** 2003. Physiological and morphological aspects of seed viability of a neotropical savannah tree, *Eugenia dysenterica* DC. Seed Science & Technology. 31: 125-137
- Andrade. R.N.B. & Ferreira, A.G.** 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. Revista Brasileira de Sementes, 22 (2): 118-125
- Bewley, J.D. & Black, M.** 1994. Seeds: physiology of development and germination. 2.ed. New York: Plenum Press, 445p.
- Brasil.** Ministério da Agricultura e Reforma Agraria. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p
- Carpi, S.M.F., Barbedo, C.J. & Marcos Filho, J.** 1996. Condicionamento osmótico de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. Revista Brasileira Sementes, Brasília, 18 (2): 271-275
- Ellis, R.H.; Hong, T.D. & Roberts, E.H.** 1990. An intermediate category of seed store behavior? I. Coffee. Journal of Experimental Botany, 41: 1167-1174
- Fundação SOS Mata Atlântica/INPE.** 2002. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995-2000. São Paulo. Relatório final. 43p
- Gentil, D.F.O. & Ferreira, S.A.N.** 1999. Viabilidade e superação da dormência em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). Manaus, Acta Amazonica, 29 (1): 21-31
- ISTA.** 1985. International rules for seed testing. Seed Science and Technology. Zurich, 13: 356-513
- Kohama, S.; Bilia, D. A. C.; Maluf, A. M. & Barbedo, C.J.** 2006. Secagem de sementes de grumixama (*Eugenia brasiliensis*).. Revista Brasileira de Sementes, Pelotas, v. 28, n. 01.

- Legrand, C.D. & Klein, R.M.** 1969. Flora Ilustrada Catarinense. I Parte: As Plantas. Fascículo: Mirtáceas. Planejada e editada por P. Raulino Reitz. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí. 216p
- Kuskoski, E. M.; Fett, R. & Badotti, F.** 1999. Extração e determinação da estabilidade dos pigmentos obtidos dos frutos de baguaçu. In: VIX Seminário de Iniciação Científica UFSC, 1999, Florianópolis, SC, 1 (1): 427
- Maluf, A.M.; Bilia, D.A.C & Barbedo, C.J.** 2003. Drying and storage of *Eugenia involucrata* DC. seeds. Scientia Agricola, Piracicaba, v.60, n.3, 471-475
- Perán, R.; Pammenter, N.W.; Naicker, J. & Berjak, P.** 2004. The influence of hehydration technique on the response of recalcitrant seed embryos to desiccation. Seed Science Research, 14: 179-184
- Santana, D.G. & Ranal, M.A.** 2004. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Brasília, Ed Universidade de Brasília, 248p.
- Santos, C.M.R; Ferreira, A.G. & Áquila, M.E.A.** 2004. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal. Santa Maria, 14 (2): 13-20
- Villela, F.A.; Doni-Filho, L. & Serqueira, E.L.** 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 26 (11/12): 1957-1968
- Villela, F. A. & Marcos Filho, J.** 1998. Estados energéticos e tipos de água na semente. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, 20 (2): 317-321
- Walters, C.** 2000. Levels of recalcitrance in seeds. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 12 (especial): 7-21

Capítulo 4 - Relação entre teor de água, potencial hídrico e germinação em sementes de *Eugenia* nativas do Brasil

RESUMO

A água assume papel fundamental nos diferentes estágios de desenvolvimento e germinação de sementes, podendo ser expressa como potencial hídrico. Para sementes recalcitrantes, diferentes níveis de tolerância à dessecação podem determinar os padrões de diminuição da germinação. As relações hídricas podem fornecer subsídios para explicar o comportamento fisiológico das sementes e é muito importante que sejam investigados os padrões e relações entre o teor de água e o potencial hídrico em sementes de diferentes espécies, pois os diferentes níveis de secagem podem afetar os tecidos significativamente. Para verificação deste comportamento a secagem foi realizada sob duas condições distintas. As sementes foram avaliadas quanto ao seu potencial hídrico, para verificação da energia da água em todos os níveis de secagem. Os resultados observados indicaram que o potencial hídrico dos embriões apresentou correlação positiva com o teor de água crítico das sementes, podendo classificá-las dentro de três comportamentos: o primeiro, para *E. cerasiflora* em torno de -17 MPa; o segundo, para *E. umbelliflora*, *E. uniflora*, *E. involucrata* e *E. pyriformis* em torno de -10 MPa e o terceiro para *E. brasiliensis* em torno de -7 MPa.

ABSTRACT

The water plays a fundamental role during seed development and germination and can be measured as water potential. For recalcitrant seeds, different levels of desiccation tolerance can determine the pattern of germination decrease. The water relations may explain the physiological behavior of the seeds. Therefore, it is important to investigate the patterns and relations between water content and water potential in seeds of different species, because the different levels of drying might affect tissues significantly. In order to analyse this behavior, the drying was carried out through two different conditions. The seeds have been evaluated as for their water potential in order to check the amount of energy of the water in all the drying levels. The results showed that the water potential of the embryos had positive correlation with the critical water content of the seeds, dividing them into three behaviors: the first, for *E. cerasiflora* around -17 MPa; the second, for *E. umbelliflora*, *E. uniflora*, *E. involucrata* and *E. pyriformis* around -10 MPa and the third *E. brasiliensis* around -7 MPa.

INTRODUÇÃO

A água assume papel crucial durante o processo de maturação. Em sementes ortodoxas ocorre uma rápida secagem após a maturação enquanto em sementes de comportamento recalcitrante esta secagem não ocorre ou é muito pequena (Barbedo & Marcos Filho 1998), esta denominação foi inicialmente proposto por Roberts, em 1973.

A sequência de modificações no teor de água da semente vem se constituindo em parâmetro relativamente eficiente para caracterizar o seu desenvolvimento, podendo até indicar o estágio de maturidade fisiológica. No entanto, tem se mostrado inadequado para indicar o estado da água durante o desenvolvimento das sementes, uma vez que não fornece informações sobre a disponibilidade hídrica ou seu estado energético (Villela & Marcos Filho 1998).

Esta água pode ser caracterizada por um estado de energia denominado energia potencial. A disponibilidade de água, ou seja, sua capacidade de trabalho e translocação, é expressa como potencial hídrico (representado pela letra grega psi - Ψ) de um sistema aquoso, tendo por referência o potencial da água pura (0 MPa). Isso significa que, quanto mais negativo for o potencial hídrico do sistema considerado, menor será também a disponibilidade de água nesse sistema e quanto mais solutos são adicionados à água, esta usa a energia para dissolve-los, diminuindo assim o seu potencial (Larcher, 2000).

Uma célula viva consiste de diversos compartimentos separados por membranas semipermeáveis seletivas. Canais nas membranas, formados por proteínas, permitem a passagem da água, mas impedem a de solutos. Por causa disso existem gradientes de potencial hídrico entre o meio externo e interno à membrana, que propiciam o movimento da água, sempre do potencial hídrico mais elevado para o mais baixo ou negativo (Castro *et al.* 2004b).

Em sementes, a natureza e a forma de ligação da água afetam o estado fisiológico das células. Uma análise do comportamento da semente sob o ponto de vista termodinâmico exige o

conhecimento das propriedades da água, cujas alterações discretas que ocorrem num potencial químico específico denominam-se mudanças de fase (Villela & Marcos Filho 1998). Para compreender os mecanismos de tolerância à dessecação, é necessário entender a natureza dos danos causados ao se remover a água destes organismos. Vertucci & Farrant (1995) definiram uma classificação com cinco tipos de água nas sementes: a do tipo 5 pode ser considerada água livre e sua ocorrência é observada em potenciais hídricos acima de -2MPa ; a água do tipo 4 encontra-se entre -2MPa e -4MPa , ocupando poros e capilares e não interagindo com a superfície das proteínas; a água do tipo 3 forma pontes com sítios hidrofóbicos de macromoléculas sendo observada entre -4MPa e -11MPa ; a água do tipo 2 tem características do estado vítreo e interage com sítios hidrofílicos das macromoléculas e encontra-se entre -12MPa e -150MPa e; a água tipo 1 corresponde a água ligada quimicamente por grupos iônicos ocorrendo abaixo de -150MPa .

Como se pode notar, as relações hídricas exercem um importante papel na biologia da semente, particularmente no desenvolvimento e no processo de germinação (Villela 1998). Além disso, as relações hídricas podem fornecer subsídios para explicar o comportamento fisiológico das sementes. Outro aspecto importante da energia da água nas sementes, é que, sob uma mesma atmosfera, com umidade relativa do ar constante, sementes de diferentes espécies apresentam diferentes teores de água, mas o potencial hídrico normalmente é muito próximo (Villela & Marcos Filho 1998). Portanto, é muito importante que sejam investigados os padrões e relações entre umidade e potencial hídrico em sementes de diferentes espécies, pois os diferentes níveis de secagem podem afetar os tecidos significativamente.

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento de sementes de espécies de *Eugenia brasiliensis* Lam., *E. cerasiflora* Miq., *E. involucrata* DC., *E. pyriformis* Camb., *E. umbelliflora* Berg. e *E. uniflora* L. quanto às relações existentes entre os níveis de secagem e os respectivos potenciais hídricos com a capacidade germinativa dessas sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas coletas de frutos maduros de *Eugenia*, nos locais descritos abaixo:

- No Parque Estadual da Ilha do Cardoso, localizado em Cananéia-SP (25°05' S, 47°55' W) (*E. umbelliflora* Berg - guapê);
- No Jardim Botânico de São Paulo, em São Paulo-SP (23°38' S, 46°37' W) (*E. brasiliensis* Lam. grumixama do biótipo de frutos roxos, *E. involucrata* DC. – cereja-do-mato, *E. pyriformis* Camb. - uvaia, *E. uniflora* L. – pitanga e *E. cerasiflora* Miq. - guamirim);
- Em pomar localizado na Estação Ecológica de Mogi Guaçu - SP (22°15-16' S and 47°8-12' W) (*E. brasiliensis* Lam. grumixama de dois biótipos, de frutos amarelos e de frutos roxos) e;
- Em propriedade privada na Zona norte de São Paulo (23°27' S e 46°36' W) (*E. uniflora* L. - pitanga).

Avaliações fisiológicas

Logo após o beneficiamento de todos lotes, as sementes foram analisadas quanto ao teor de água, potencial hídrico e germinação, para uma caracterização inicial do lote. O teor de água e o conteúdo de matéria seca das sementes foram avaliados conforme descrito nas Regras Internacionais para Análise de Sementes (ISTA 1985), através do método de estufa a 103 ± 3 °C, durante 17 horas, utilizando-se 4 repetições de 5 sementes cada.

O teste de germinação foi realizado em germinadores Marconi tipo MA400, com umidade relativa do ar controlada para 100%, mantida por circulação interna de água, regulados para a temperatura constante de 25 °C e 24 horas de luz. Na instalação do teste, as sementes foram semeadas em papéis tipo germitest, com duas folhas para a base e uma para cobertura (Brasil, 1992), pré-umedecidas, utilizando-se 4 repetições de 10 sementes. Neste teste, as avaliações foram realizadas a cada quinze dias, sendo computadas as sementes germinadas (protrusão de

raíz primária com pelo menos 5mm) e as plântulas normais (plântulas com sistema radicular e eófilos desenvolvidos e sem defeitos aparentes).

Para a avaliação dos efeitos dos níveis de secagem no potencial hídrico, as sementes que foram submetidas aos diferentes procedimentos de secagem foram avaliadas quanto ao seu potencial hídrico por meio de medidor WP4 Dewpoint Potentiometer (Decagon), que se baseia na temperatura do ponto de orvalho do ar, em equilíbrio hídrico com a amostra que se pretende examinar. Para tanto, foram analisados os valores de potencial hídrico do tegumento e do embrião, em quatro repetições de três sementes.

Obtenção de sementes com diferentes potenciais hídricos

Após a retirada de amostra de sementes dos lotes iniciais, denominada controle, o restante foi submetido à secagem utilizando-se exposição das sementes a dois processos de secagem: sílica gel (25°C) e estufa (40°C±2).

As sementes submetidas à secagem controlada em estufa com temperatura constante de 40°C± 2°C com circulação forçada de ar foram dispostas em prateleiras forradas com sombrite, para melhor circulação de ar, calor e não acumulo de água nas prateleiras. As amostras para controle de umidade dos lotes foram constantemente retiradas para pesagem até a obtenção dos valores estimados de redução de peso das sementes.

O outro método de secagem foi por meio da retirada da umidade do ar através do uso de sílica gel dentro de recipientes de vidro em temperatura ambiente, sendo feita a troca da sílica gel assim que esta perdera sua coloração azul intensa em uma faixa de aproximadamente 1 centímetro da primeira camada.

As amostras para realização da averiguação do teor de água, germinação, determinação potencial hídrico, foram retiradas a medida que as sementes atingiam em torno de 50%, 40%, 30%, 20% e 10% de água, valores estimados com base na redução de peso das sementes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados demonstraram que há uma relação direta entre a queda no teor de água e os potenciais osmóticos mais negativos, independente da espécie de *Eugenia* estudada, do lote ou populações diferentes dentro de uma mesma espécie.

Para as espécies de ocorrência natural de *Eugenia* os resultados obtidos de guamirim e guapê demonstraram relação entre o potencial hídrico de embriões e o teor de água crítico, onde ocorreu uma queda acentuada na germinação que foi de 34,0% e -17 MPa e 32,5% e -10 MPa, respectivamente. Não ocorreu variação significativa entre os valores até estes pontos no tratamento em estufa, porém esta afirmação não pode ser feita para o tratamento de sílica em espécies de guamirim, talvez por este tipo de secagem promover uma desuniformidade na perda de água do lote causando grande variação entre as repetições.

Para espécies com potencial de cultivo de espécies de *Eugenia* também foi notado este comportamento do teor de água crítico em relação ao potencial hídrico de embriões, sendo que para pitanga, cereja-do-mato e uvaia onde os valores de teor de água crítico variaram entre 42,6%, 36,5% e 47,8% de água respectivamente, o valor do potencial hídrico ficou em torno de -10MPa, enquanto que para grumixama de ambos os biótipos este valor girou em torno de -7MPa, sendo que os graus críticos de umidade foram, 36,9% para grumixama-roxa e 49,6% para grumixama-amarela.

Como já percebido em sementes ortodoxas com mesmo teor de água, sob mesmas condições climáticas, podem apresentar diferentes potenciais hídricos, resultando em diferenças na sua velocidade de deterioração. Isto pode evidenciar que o potencial hídrico da semente ou de suas estruturas possa constituir-se num melhor indicador do estado da água do que o teor de água (Villela & Marcos Filho 1998) e que esta proposta pode tentar ser entendida para as espécies de comportamento recalcitrante ou intermediário quando se analisar seu potencial hídrico quando estas são expostas a diferentes condições.

A partir disso, pode-se notar que a relação entre o potencial hídrico e o teor de água é exponencial, para sementes deste gênero, onde constata-se, quanto maior o teor de água, maior a proporção de pontos indicando potenciais hídricos maiores e em consequência quanto menor o teor de água, mais próximo a valores mais negativos, seguindo um nítido padrão de comportamento (Figura 12).

Quando se analisa individualmente cada espécie nota-se que é formada uma curva de tendência segundo uma equação polinomial de 2º grau com ângulos de queda diferentes. Os ângulos mais acentuados foram encontrados para grumixama de frutos do biótipo roxo e amarelo (figura 14), as angulações intermediárias observadas para cereja-do-mato, pitanga, uvaia e guapê (figuras 13 e 15 b), enquanto uma angulação menor foi percebida para guamirim (figura 15 a).

Outros trabalhos também buscaram encontrar esta relação entre o nível máximo de tolerância à dessecação (grau crítico de água) só que utilizando-se diversas soluções, para *Treobroma cacao* por exemplo, este limite foi definido quando foi atingido - 9MPa (Liang & Sun 2000). Este grau crítico de umidade variou de acordo com a espécie, porém quando se observa o gráfico com os valores referentes a todas as espécies estudadas correlacionando a germinação com o potencial hídrico apresentado durante a secagem (Figura 16), pode-se notar que para *Eugenia* quando são atingidos valores entre -7MPa e -17MPa todas as espécies sofrem uma queda acentuada na germinação, portanto neste mesmo período se encontra o grau crítico de umidade para estas espécies.

Porém estas espécies podem ser divididas em classes de sensibilidade a dessecação em relação ao potencial hídrico como o já realizado por outros autores. Outros estudos conseguiram classificar a sensibilidade à dessecação de algumas sementes recalcitrantes e intermediárias em níveis de teor de água crítico em relação ao seu potencial hídrico, sendo sugerido cinco níveis em relação ao teor de água crítico apresentado pelas espécies: -4 MPa para *Bruguiera cylindrica*, *Lansium domesticum*, *Litchi chinensis* e *Lumitzera racemosa* ; -8

MPa para *Andira inermis*, *Avicennia alba*, *Castanea sinensis*, *Citrus aurantifolia*, *Ginkgo biloba*, *Nephelium lappaceum* e *Theobroma cacao* (eixos embrionários imaturos); -12 MPa para *Acer pseudoplatanus*, *Castanea sinensis*, *Quercus rubra* e *Theobroma cacao* (eixos embrionários maduros); -23 MPa para *Artocarpus heterophyllus* e *Hevea brasiliensis* e; -73 MPa para *Acer platanoides*, *Azadirachta indica*, *Carica papaya* e *Coffea arabica* (Sun & Liang 2001).

Outra observação interessante é que todos os resultados elevados de germinação coincidem com valores entre -1MPa e -10 MPa e todos os valores de germinação nula ou quase nula estão abaixo de -25 MPa, portanto quando estas sementes atingem o grau letal de umidade. Este fato corrobora com dados apresentados por Vertucci & Farrant (1995) que demonstram que a total remoção da água do tipo 3 é letal para a grande maioria das sementes recalcitrantes, pois nesta fase ocorrem atividades catabólicas significativas, havendo consumo de substâncias de reserva e produção de toxinas.

De maneira geral, as sementes das seis espécies de *Eugenia* brasileiras estudadas no presente trabalho apresentaram teor crítico de água de 34% a 50%. Nessa faixa, a água presente nas sementes poderia apresentar as propriedades da água tipo 4 descrita por Vertucci & Farrant (1995). A remoção de maior quantidade de água, com seu teor sendo reduzido para níveis inferiores a 33%, poderia modificar as propriedades da água remanescente, que passaria à água tipo 3, nesse nível de hidratação há intensa atividade respiratória e a deterioração é acelerada (Castro *et al.* 2004a). Os teores letais de água, que por sua vez, ficaram entre 17% e 33%, caracterizando a água presente como tipo 3. Maior remoção de água, nesse nível, conduziria a água remanescente ao tipo 2 (Vertucci & Farrant, 1995), este nível de hidratação favorece o armazenamento de sementes, mas é depende da presença de um sistema que garanta a integridade das membranas, a dediferenciação de organelas, a presença de mecanismos antioxidativos, a formação do estado vítreo, entre outros sistemas necessários à aquisição de tolerância à dessecação (Castro *et al.* 2004a; Faria *et al.* 2005).

Para potenciais hídricos do tegumento nota-se que a secagem produz uma resposta imediata, diminuindo significativamente o potencial hídrico logo na primeira secagem, fato que para embriões não foi notado para a maioria das espécies. Isso pode estar relacionado à proteção inicial a perda de água pelo embrião.

Com relação as maiores porcentagens de germinação, foi observado que esta declina nitidamente quando são atingidos valores abaixo de 35% de teor de água para todas as espécies, sendo que abaixo de 30% de água a porcentagem de germinação chega a ser inferior a 50% (figura 17).

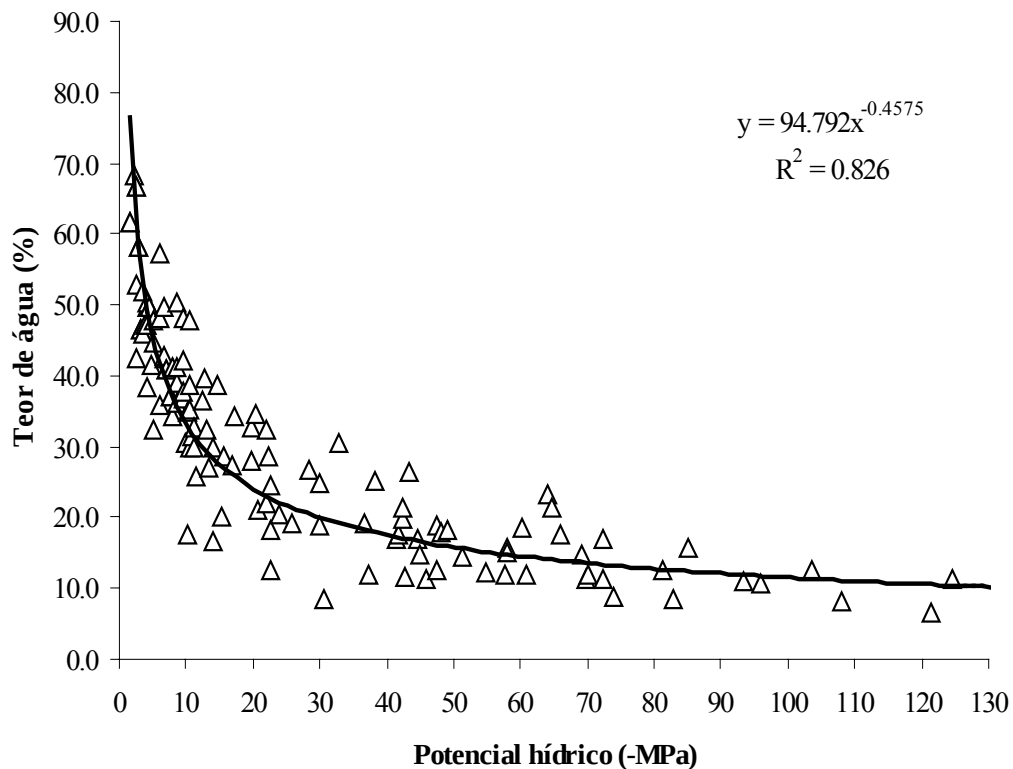


Figura 12 – Relação entre o potencial hídrico de embriões (-MPa) das seis espécies após redução gradual do teor de água das sementes.

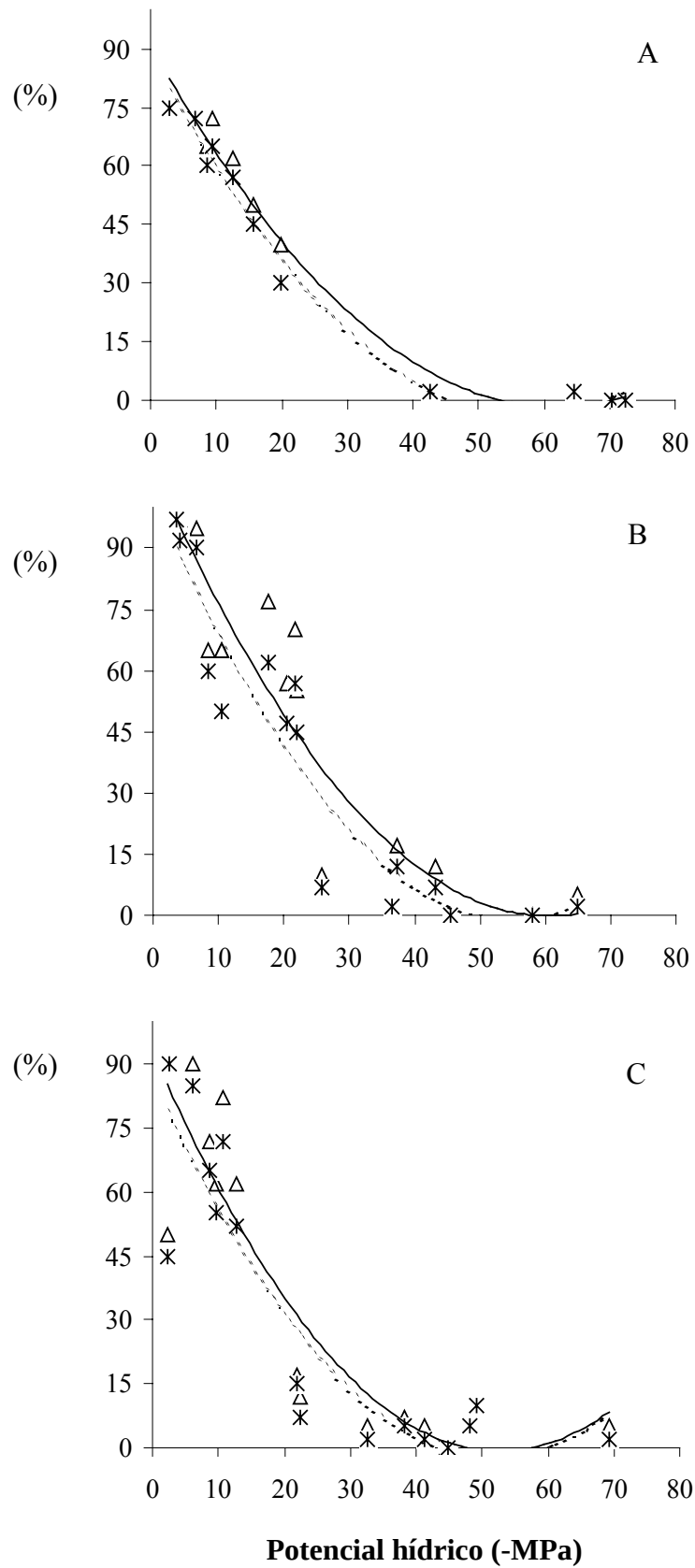


Figura 13 - Relação da porcentagem de germinação (Δ) e da porcentagem de plântulas normais (X) com o potencial hídrico de embriões de (A) *Eugenia involucrata* ($Y_{\Delta} = 0,024x^2 - 2,99x + 90,77$ $r^2 = 0,98$ / $Y_X = 0,028x^2 - 3,19x + 88,40$ $r^2 = 0,98$), (B) *E. uniflora* ($Y_{\Delta} = 0,030x^2 - 3,64x + 109,97$ $r^2 = 0,88$ / $Y_X = 0,034x^2 - 3,77 + 102,73$ $r^2 = 0,89$) e (C) *E. pyriformis* ($Y_{\Delta} = 0,034x^2 - 3,56x + 93,0$ $r^2 = 0,85$ / $Y_X = 0,033x^2 - 3,41x + 86,17$ $r^2 = 0,83$).

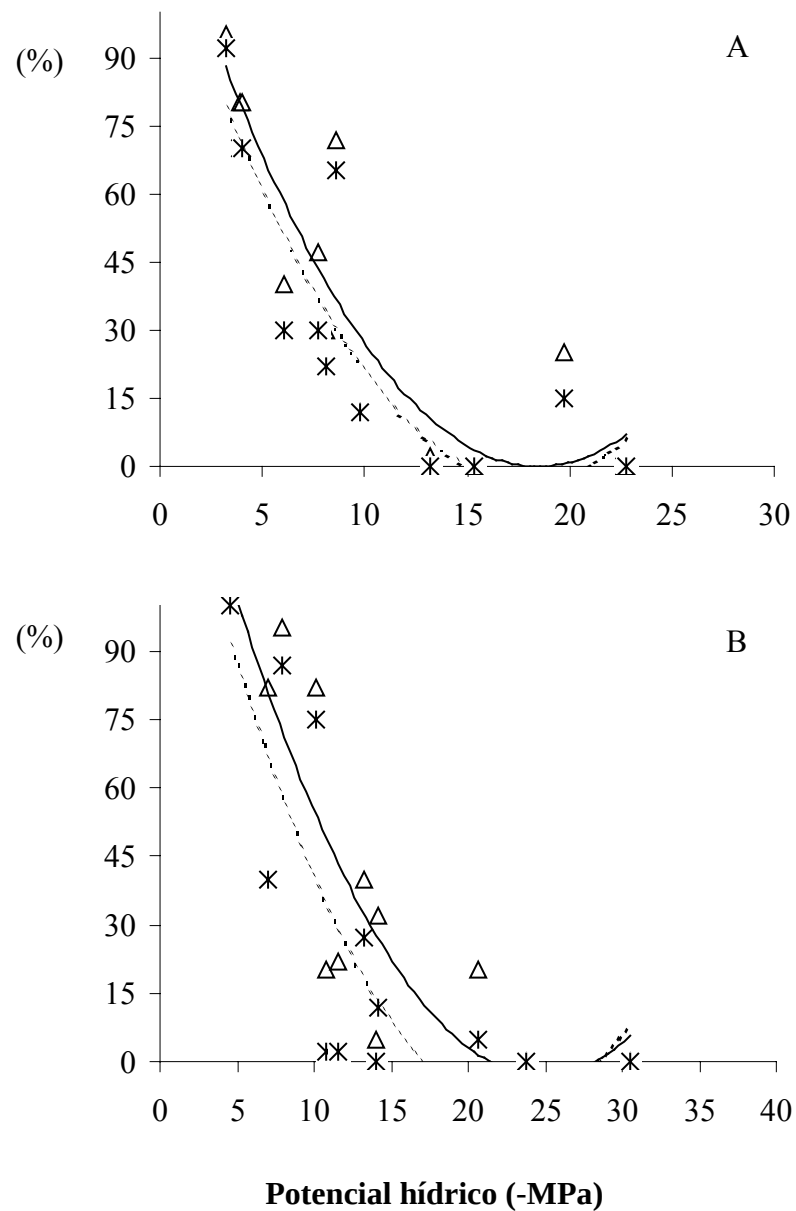


Figura 14 - Relação entre a porcentagem de germinação (Δ), porcentagem de plântulas normais (X) e o potencial hídrico de embriões de *Eugenia brasiliensis* (A) do biótipo de frutos roxos ($Y_{\Delta} = 0,378x^2 - 13,97x + 128,91$ $r^2 = 0,81$ / $Y_X = 0,378x^2 - 13,57x + 118,58$ $r^2 = 0,80$) e (B) frutos amarelos ($Y_{\Delta} = 0,265x^2 - 13,17x + 160,31$ $r^2 = 0,77$ / $Y_X = 0,308x^2 - 14,03x + 149,44$ $r^2 = 0,66$).

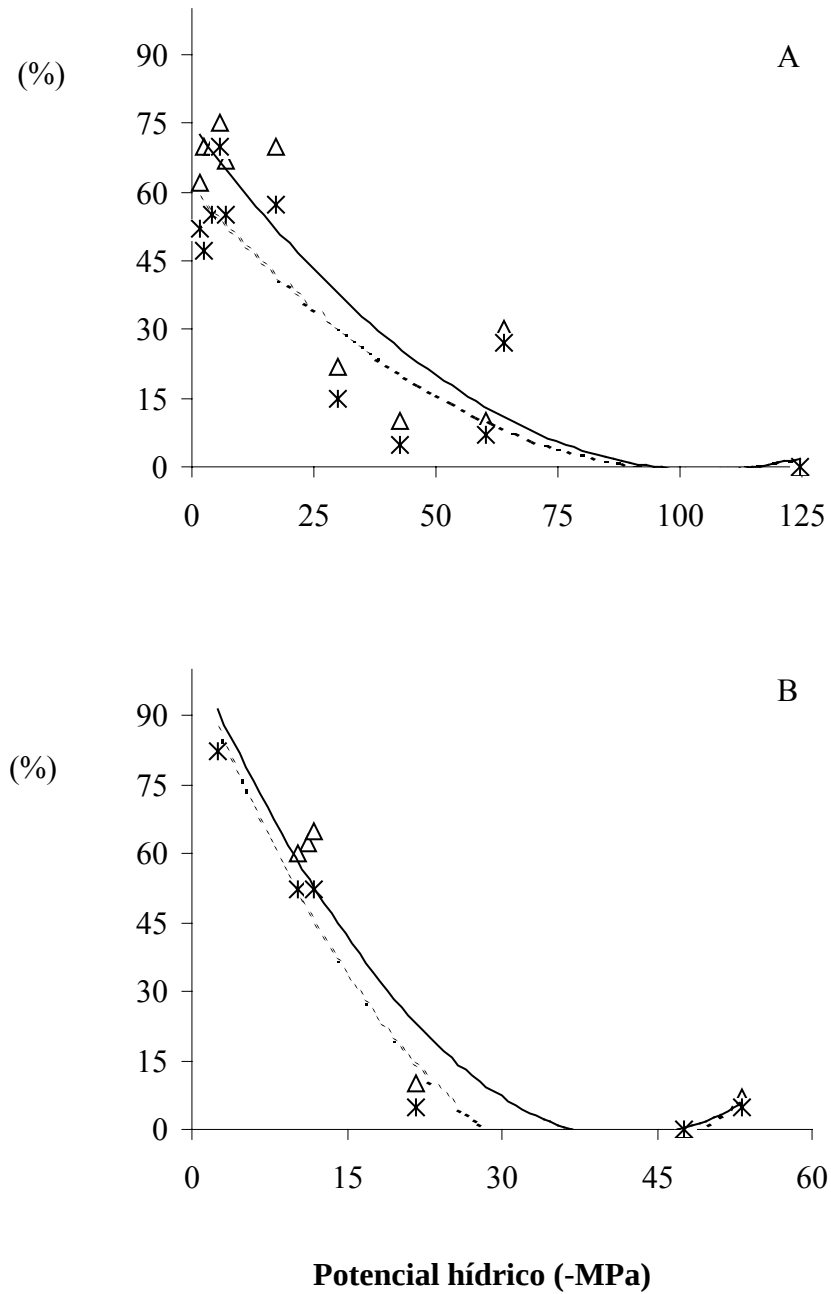


Figura 15 - Relação entre a porcentagem de germinação (Δ), porcentagem de plântulas normais (X) e o potencial hídrico de embriões de (A) *Eugenia cerasiflora* ($Y_{\Delta} = 0,0068x^2 - 1,43x + 74,68$ $r^2 = 0,84$ / $Y_X = 0,0057x^2 - 1,17x + 60,23$ $r^2 = 0,76$) e (B) *E. umbelliflora* ($Y_{\Delta} = 0,0592x^2 - 4,98x + 103,31$ $r^2 = 0,93$ / $Y_X = 0,0704x^2 - 5,51x + 100,37$ $r^2 = 0,97$)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbedo, C.J. & Marcos-Filho, J.** 1998. Tolerância à dessecação de sementes. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo, 12 (2): 145-164
- Brasil.** 1992. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 365 p
- Castro, R.D.; Bradford, K.J. & Hilhorst, H.W.M.** 2004a. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. *In* Germinação: do básico ao aplicado (A.G. Ferreira & F. Borghetti, orgs.). Porto Alegre, Artmed, 51-67
- Castro, R.D.; Bradford, K.J. & Hilhorst, H.W.M.** 2004b. Embebição e reativação do metabolismo. *In* Germinação: do básico ao aplicado (A.G. Ferreira & F. Borghetti, orgs.). Porto Alegre, Artmed, 149-162.
- ISTA.** 1985. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*. Zurich, 13: 356-513
- Faria, J.M.R.; Buitink, J.; Van Lammeren, A.A.M. et al., H.W.M.** 2005. Changes in DNA and microtubules during loss and re-establishment of desiccation tolerance in germinating *Medicago truncatula* seeds. *Journal of Experimental Botany*, 56: 2119-2130
- Larcher, W.** 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Ed. Rima, São Carlos, P. 531.
- Liang, Y. & Sun, W.Q.** 2000. Desiccation tolerance of recalcitrant *Theobroma cacao* embryonic axes: the optimal drying rate and its physiological basis. *Journal of Experimental Botany*, 51 (352): 1911-1919
- Roberts, E.H.** 1973. Predicting the storage life of seed. *Seed Science & Technology*. 1: 499-514
- Silva, A.; Figliolia, M.B. & Aguiar, I.B.** 1993. Colheita de sementes. *In*: Aguiar, I.B; Pina-Rodrigues, F.C.M. & Figliolia, M.B. (coord.) *Sementes florestais tropicais*, Brasília, 303-332

- Sun, W.Q., Liang Y.H.** 2001. Discrete levels of desiccation sensitivity in various seeds as determined by the equilibrium dehydration method. *Seed Science Research*, 11(4): 317-323
- Vertucci, C.W. & Farrant, J.M.** 1995. Aquisition and loss of desiccation tolerance. *In*: Kigel, J; Galili. G. (ed.) *Seed development and germination*. New York, 237-271
- Villela, F.A.** 1998. Water relations in seed biology. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 55 (número especial): 98-101
- Villela, F. A. & Marcos Filho, J.** 1998. Estados energéticos e tipos de água na semente. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 20 (2): 317-321

DISCUSSÃO GERAL

O presente estudo demonstrou, a partir dos resultados obtidos nas curvas de embebição, que foi possível definir uma concentração osmótica adequada, bem como o tempo mínimo necessário para atingir a estabilidade hídrica entre a semente e o meio, para a reidratação lenta e controlada. O ponto encontrado foi o de concentração osmótica de $-4,0$ MPa, que se mostrou o mais indicado para a embebição lenta e o período de 7 dias mostrou-se suficiente para que semente e meio estabelecessem um equilíbrio higroscópico neste potencial.

O teor de água das espécies estudadas neste trabalho, por ocasião da colheita, foi bastante elevado variando de 42,5% a 66,8%. Este fato é comum entre espécies do gênero *Eugenia*, como *E. dysenterica* DC. (47-53%, Andrade *et al.* 2003), *E. stipitata* ssp. *sororia* McVaugh (58,8%, Gentil & Ferreira 1999) e *E. rostrifolia* Legr. (43%, Santos *et al.* 2004). O teor de água das sementes de cerejeira-do-mato (58,2%) foi muito próximo ao valor encontrado por Barbedo *et al.* (1998), 63,4% e por Maluf *et al.* (2003), 60,3% e o das sementes de grumixameira roxa (46,6%) muito próximo ao verificado por Kohama *et al.* (2006), 48,9%, para as mesmas espécies, respectivamente.

As seis espécies de *Eugenia* estudadas são sensíveis à dessecação, uma vez que houve a queda na germinação quando se reduziu o teor de água das sementes, independente do método de secagem utilizado. Possivelmente os mecanismos que implicam na tolerância à dessecação, descritos por Pammenter & Berjak (1999), falharam ou não ocorrem nestas sementes.

O teor de água é um fator determinante do comportamento das sementes recalcitrantes e o conhecimento dos teores crítico e letal de água de uma espécie são indispensáveis para o planejamento e a execução da secagem e do armazenamento das sementes (Martins *et al.*, 1999). Porém, estas sementes demonstraram diferentes níveis de tolerância à secagem, apresentando valores de teor crítico de água, ou seja, aquele abaixo do qual inicia-se perda de

vigor das sementes (Walters, 2000), com máximos acima de 42% (cereja-do-mato) e mínimos em torno de 25% (guapê), o que implica numa variação muito grande mesmo dentro de um mesmo gênero.

Este fato já tinha sido observado para o gênero *Baccaurea*, com *B. motleyana* reduzindo rapidamente sua germinação quando o teor de água variou de 51% para 39%, enquanto *B. polyneura* não apresentou queda significativa em sua germinação mesmo com uma variação de 44,9% de teor de água inicial até 13,4% (Normah *et al.* 1997). Esta variação também pode ser notada quando se compara as sementes de espécies cultivadas, que demonstraram índices mais elevados de tolerância à dessecação, e as de ocorrência natural, que apresentam maior resistência. Os altos valores de sensibilidade à dessecação são semelhantes a outros observados para diversas espécies com sementes recalcitrantes brasileiras, como *Euterpe espirosantensis* (51,4-40,7%; Martins *et al.* 1999) e *Bactris gasipaes* (30%; Carvalho & Müller 1998).

A disparidade de resultados observados entre as espécies para o grau crítico de água não foi tão grande com relação ao teor de água letal, que girou em torno de 30% e 20% de umidade, excetuando-se *E. umbelliflora*, em que este limite ficou abaixo dos 17,6%.

Os diferentes níveis de tolerância à dessecação apresentado pelas sementes das diferentes espécies, nos dois métodos de secagem, demonstram que a intolerância à perda de água em sementes de *Eugenia* não é absoluta, sendo possível agrupar as espécies estudadas, quanto aos níveis de tolerância à dessecação de suas sementes em, ao menos, três grupos distintos.

O grupo das espécies com as sementes mais sensíveis à dessecação foi formado pelas sementes de grumixama-amarela, pitanga e pela uvaia. Os teores críticos de água para a grumixama do biótipo amarelo (mais sensível dentre as *Eugenias* estudadas) foi, 49,6%, enquanto que o letal foi 21,0%. As sementes de uvaia apresentaram teores crítico e letal de água de, respectivamente, 47,8% e 39,8%. Esses valores são superiores aos obtidos por

Andrade & Ferreira (2000) que obtiveram germinação de sementes com até 20% de água, ficando o teor letal entre 20% e 14%. Contudo, deve-se salientar que o teor inicial de água das sementes de uvaieira, pesquisadas por esses autores, foi substancialmente inferior aos do presente trabalho, 38,6%. Dentre as duas populações de pitangueiras estudadas e os dois métodos de secagem (estufa e sílica gel), o teor crítico de água ficou em torno de 42,6% e o teor letal de água foi inferior a 32,5%.

O grupo intermediário de tolerância à dessecação, foi formado pelas sementes de grumixama-roxa, cereja-do-mato e guamirim. As sementes de grumixama-roxa apresentaram um o teor crítico de água em torno de 36,9% e o conteúdo letal de água foi inferior a 34,2%. Para as outras duas espécies (cereja-do-mato e guamirim) o teor crítico de água foi de 36,5% para a primeira e 34,3% para a segunda, mas o letal apresentou diferença maior, respectivamente 28,8% e 23,4%. O teor crítico de água das sementes de cerejeira-do-mato foi inferior ao obtido por Barbedo *et al.* (1998), 51%, que realizaram secagem à sombra, e ao obtido por Maluf *et al.* (2003), 51%, que realizaram secagem em estufa a 30°C, 40°C e 50°C. O teor letal de água obtido por esses autores (31% a 41%) também foi superior aos obtidos no presente trabalho.

Os valores de teor de água crítico para sementes de grumixama são muito próximos aos obtidos por Kohama *et al.* (2006), que realizaram secagens em sementes de grumixamas dos dois biótipos (amarelo e roxo) a 36°C e obtiveram teores críticos de água de, respectivamente, 48,9% e 43,1%. Os teores de água letais, contudo, foram inferiores aos obtidos por estes autores, 35,1% e 35,9%, respectivamente para os biótipos amarelo e roxo, provavelmente em função das diferentes temperaturas utilizadas.

O terceiro grupo, das mais tolerantes à dessecação, foi formado pelas sementes de guapê, que apresentaram teor crítico de água próximo a 25,7% e letal inferior a 12,5%. Deve-se salientar, contudo, que o teor crítico de água das sementes desta espécie poderia ser bem

mais baixo, pois houve um intervalo de 10% entre o teor de água crítico (25,7%) e o imediatamente inferior estudado (12,5%).

Os limites críticos e letais de redução do teor de água apresentados pelas sementes das diferentes espécies estudadas também não apresentaram uniformidade quanto ao método de secagem utilizado, ora com vantagens para a secagem em estufa, ora em sílica. Tal fato confirma observações anteriores para várias espécies, como ocorreu em sementes de *Inga uruguensis* Hook. & Arn. que, secas controladamente em estufa, perderam a germinação quando atingiram 21-22% (Bilia *et al.* 1998) enquanto que, secas naturalmente, quando atingiram 34% de água (Barbedo 1997). Na secagem mais lenta, as sementes permanecem por maior período a níveis de hidratação que permitem a ocorrência de reações deletérias, inclusive as provocadas por radicais livres, podendo provocar danos sérios à estrutura das membranas (Pammenter *et al.* 1998). Por outro lado, a elevação da temperatura de secagem, que via de regra acelera a velocidade de secagem, pode acarretar prejuízos às substâncias e reações nas sementes, principalmente as enzimáticas.

O controle da reidratação pôde descartar a hipótese de possíveis danos de embebição, pois ela não permitiu acréscimo ou, ao menos, a manutenção da germinação e do vigor destas sementes, excetuando-se para o primeiro nível de secagem de pitanga e cereja-do-mato.

A partir dos resultados obtidos entre a relação do potencial hídrico de embriões e o teor de água crítico para as espécies *Eugenia* estudadas, pode-se classificá-las dentro de três comportamentos distintos: o primeiro, das sementes menos sensíveis à dessecação, foi composto por *E. cerasiflora*, cujo potencial hídrico crítico ficou em torno de -17 MPa; o segundo, de sementes de média sensibilidade, foi composto por sementes de *E. umbelliflora*, *E. uniflora*, *E. involucrata* e *E. pyriformis*, com potencial hídrico crítico em torno de -10 MPa; o terceiro, das sementes mais sensíveis, foi composto por *E. brasiliensis*, com potencial hídrico em torno de -7 MPa.

Os teores letais de água, por sua vez, ficaram entre 17% e 33%, caracterizando a água presente como tipo 3. Maior remoção de água, nesse nível, conduziria a água remanescente ao tipo 2 (Vertucci & Farrant, 1995), ou seja, água ligada a sítios hidrofílicos, não ocorrendo mais síntese de proteínas e de ácidos nucleicos. Este nível de hidratação favorece o armazenamento de sementes, mas depende da presença de um sistema que garanta a integridade das membranas, a dediferenciação de organelas, a presença de mecanismos antioxidativos, a formação do estado vítreo, entre outros sistemas necessários à aquisição de tolerância à dessecação (Castro *et al.* 2004; Faria *et al.* 2005).

Outro aspecto que deve ser relatado é o fato de que não foi obtida uma curva que pudesse demonstrar uma correlação entre o teor de água para todas as espécies em relação a germinação, enquanto para o resultado da comparação entre o potencial hídrico e a germinação obtém-se uma regressão, aparentemente exponencial ou logarítmica, o que pode demonstrar que os valores referentes ao potencial hídrico, para estas espécies, constituem-se em um melhor referencial de vigor do que o teor de água.

Porém o conhecimento do teor crítico de água das sementes de espécies frutíferas brasileiras de *Eugenia* obtido no presente trabalho pode fornecer um importante dado para posteriores trabalhos com armazenamento, como constatado para outras espécies (Bilia, 1997; Gentil, 2003), evitando-se a intensificação da respiração e o crescimento de microrganismos. Contudo, estudos específicos de armazenamento de sementes devem ser conduzidos, pois a redução excessiva no teor de água pode, inclusive, prejudicar a capacidade de armazenamento, como ocorreu com sementes de cerejeira-do-Rio-Grande (Barbedo *et al.*, 1998).

CONCLUSÕES GERAIS

- As sementes das seis espécies de *Eugenia* são intolerantes à dessecação;
- Há diferenças nos gradientes de tolerância dessecação, principalmente quanto ao teor crítico de água;
- O potencial hídrico de embriões pode estimar a capacidade de germinação das espécies de *Eugenia* estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS NA INTRODUÇÃO E DISCUSSÃO GERAL

- Andrade, A.C.S.; Cunha, R; Souza, A.F.; Reis, R.B. & Almeida, K.L** 2003. Physiological and morphological aspects of seed viability of a neotropical savannah tree, *Eugenia dysenterica* DC. Seed Science & Technology. 31: 125-137
- Andrade, R.N.B. & Ferreira, A.G.** 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. Revista Brasileira de Sementes, 22 (2): 118-125
- Anjos, A.M.G. & Ferraz, I.D.K.** 1999. Morfologia, germinação e teor de água das sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). Acta Amazônica, Manaus, 29 (3): 337-348
- Barbedo, C.J.; Bilia, D.A.C. & Figueiredo-Ribeiro, R.C.L.** 2002. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echicata* Lam. (pau-brasil), espécie de Mata Atlântica. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, 25 (4): 431-439
- Barbedo, C.J. & Cicero, S.M.** 2000. Effects of initial quality, low temperature and ABA on the storage of seeds of *Inga uruguensis*, a tropical species with recalcitrant seeds. Seed Science and Technology. 28:793-808
- Barbedo, C.J.; Kohama, S.; Maluf, A.M. & Bilia, D.A.C.** 1998. Germinação e armazenamento de diásporos de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC. - Myrtaceae) em função do teor de água. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, 20 (10): 184-188
- Barbedo, C.J. & Marcos-Filho, J.** 1998. Tolerância à dessecação de sementes. Acta Botanica Brasilica, São Paulo, 12 (2): 145-164
- Barbedo, C.J.; Marcos Filho, J. & Novembre, A.D.L.C.** 1997. Condicionamento osmótico e armazenamento de sementes de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). Revista Brasileira de Sementes, 19 (2): 355-361

- Barroso, G.M., Peixoto, A.L., Costa, C.G., Ichaso, C.L. & Lima, H.C.** 1984. Sistemática de angiospermas do Brasil. Minas Gerais; Ed. Univ. Fed. Viçosa, 377p
- Bewley, J.D. & Black, M.** 1994. Seeds: physiology of development and germination. 2.ed. New York: Plenum Press, 445p.
- Bilia, D.A.C.** 1997. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Inga uruguensis* Hook. et Arn. Piracicaba, Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo. 88p
- Bilia, D.A.C., Marcos Filho, J. & Novembre, A.D.C.L.** 1998. Conservação da qualidade fisiológicas de sementes de *Inga uruguensis* Hook. et Arn. Revista Brasileira de Sementes, 20 (1): 48-54
- Bilia, D.A.C., Marcos Filho, J. & Novembre, A.D.C.L.** 1999. Desiccation tolerance and seed storability of *Inga uruguensis* (Hook. et Arn.). Seed Science and Technology, 27: 77–89
- Borges, E.E.L. & Rena, A.B.** 1993. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B., PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. (Coord.) Sementes florestais tropicais. Brasília. ABRATES, 83-135.
- Carvalho, J.E.U. & Müller, C.H.** 1998. Níveis de tolerância e letal de umidade em sementes de pupunheira, *Bactris gasipaes*. Revista Brasileira de Fruticultura, v.20, n.3, p.283-289.
- Carvalho, L.F.; Medeiros-Filho, S.; Rossetti, A.G. & Teófilo, E.M.** 2000. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, 22 (1): 185-192
- Carvalho, P.C.L.; Soares Filho, W.S.; Ritzinger, R. & Carvalho, J.A.B.S.** 2002. Conservação de germoplasma de fruteiras tropicais com a participação do agricultor. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, 24 (1): 277-281
- Castro, R.D.; Bradford, K.J. & Hilhorst, H.W.M.** 2004a. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In Germinação: do básico ao aplicado (A.G. Ferreira & F. Borghetti, orgs.). Porto Alegre, Artmed, 51-67

- Castro, R.D; Bradford, K.J. & Hilhorst, H.W.M.** 2004b. Embebição e reativação do metabolismo. *In* Germinação: do básico ao aplicado (A.G. Ferreira & F. Borghetti, orgs.). Porto Alegre, Artmed, 149-162.
- Chin, H.F. & Roberts, E.H.** 1980. Recalcitrant crop seeds. Tropical Press SND, DHDI, Kuala Lumpur.
- Costa, A. R.** 2001. [17 de setembro 2003] As relações hídricas das plantas vasculares. Disponível em: <http://home.uevora.pt/~arc/index.html>
- Donadio, L.C. and Moro, F.V.** 2004. Potential of brazilian eugenia myrtaceae - as ornamental and as a fruit crop. *Acta Hort. (ISHS)* 632: 65-68
- Fanti, S.C. & Perez, S.C.J.G.A.** 2003. Efeito do estresse hídrico e envelhecimento precoce na viabilidade de sementes osmocondicionadas de paineira (*Chorisia speciosa*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38 (4): 537-543
- Faria, J.M.R.; Buitink, J.; Van Lammeren, A.A.M. & Hilhorst, H.W.M.** 2005. Changes in DNA and microtubules during loss and re-establishment of desiccation tolerance in germinating *Medicago truncatula* seeds. *Journal of Experimental Botany*, 56: 2119-2130
- Fundação SOS Mata Atlântica/INPE.** 2002. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1995-2000. São Paulo. Relatório final. 43p.
- Gentil, D.F.O.** 2003. Conservação de sementes de *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh. Piracicaba, Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, 51p.
- Gentil, D.F.O. & Ferreira, S.A.N.** 1999. Viabilidade e superação da dormência em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). Manaus, *Acta Amazonica*, 29 (1): 21-31
- Goldbach, H.** 1979. Inbibed storage of *Meliococcus bijugatus* and *Eugenia brasiliensis* (*E. dombeyi*) using abscisic acid as a germination inhibitor. *Seed Science & Tecnology*. 7: 403-406

- Hoekstra, F.A.; Haigh, A.M.; Tetteroo, F.A.A. & Van Roekel, T.** 1994. Changes in soluble sugars in relation to desiccation tolerance in cauliflower seeds. *Seed Science Research*. 4: 143-147
- Kawasaki, M.L.** 1984. A família Myrtaceae na serra do cipó, Minas Gerais, Brasil. (Tese Mestrado).
- Kohama, S.; Bilia, D. A. C.; Maluf, A. M. & Barbedo, C.J.** 2006. Secagem de sementes de grumixama (*Eugenia brasiliensis*).. *Revista Brasileira de Sementes*, Pelotas, v. 28, n. 01.
- Labouriau, L.G.** 1983. A germinação das sementes. Washington, Organização dos Estados Americanos, 174 p
- Larcher, W.** 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Ed. Rima, São Carlos, 531p.
- Leopold, A.C. & Vertucci, C.W.** 1989. Moisture as a regulator of physiological reaction in seeds. *In* Seed Moisture (P.C. Stanwood & M.B. McDonald, eds.). Madison, Crop Science Society of America, 51-67.
- Lorenzi, H.** 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum. 352 p
- Maluf, A.M.; Bilia, D.A.C & Barbedo, C.J.** 2003. Drying and storage of *Eugenia involucrata* DC. seeds. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.60, n.3, 471-475
- MMA/SBF.** 2000. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Brasília. 40 p.
- Marcos Filho, J.** 2005. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Fealq, Piracicaba, 495p
- Martins, C.C.; Nakagawa, J. & Bovi, M.L.A.** 1999. Tolerância à dessecação de sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernandes). *Revista Brasileira de Botânica*, 22 (3): 391-396
- Mayer, A. C. & Poljakoff-Mayber, T.** 1982. *The germination of seeds*. New York, Pergamon Press, 263p

- Nascimento, W. M.** 1998. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 16 (2): 106-109
- Normah, M.N.; Ramiya, S.D. & Gintangga, M.** 1997. Desiccation sensivity of recalcitrant seeds – a study on tropical fruit species. *Seed Science Research*, 7: 179-183
- Pammenter, N.W. & Berjak, P.** 1999. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. *Seed Science Research*, 9: 13-37
- Pammenter, N.W.; Greggains, V.; Kioko, J.I.; Wesley-Smith, J, Berjak, P. & Finch-Savage, W.E.** 1998. Effects of differential drying rates on viability retention of recalcitrant seeds of *Ekebergia capensis*. *Seed Science Research*, 8: 463-471
- Parera, C.A. & Cantliffe, D.J.** 1994. Presowing seed priming. *Horticultural Reviews*, New York, 16 (1): 109-141
- Pepato, M.T.; Folgado, V.B.B.; Ketelhut, I.C. & Brunetti, L.L.** 2001. Lack of antidiabetic effect of a *Eugenia jambolana* leaf decoction on rat streptozotocin diabetes. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 34:389-395
- Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E.** 2001. *Biologia vegetal*. 75-80
- Roberts, E.H.** 1973. Predicting the storage life of seed. *Seed Science & Tecnology*. 1: 499-514
- Salomão, A.N. & Fujichima, A.G.** 2002. Respostas de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth & Hook. F. ex S. Moore (Bignoniaceae) à dessecação e ao congelamento em temperatura subzero. Brasília, Embrapa/Cenargen. Comunicado Técnico n. 76.
- Santos, C.M.R; Ferreira, A.G. & Áquila, M.E.A.** 2004. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*. Santa Maria, 14 (2): 13-20
- Silva, A.; Figliolia, M.B. & Aguiar, I.B.** 1993. Colheita de sementes. *In*: Aguiar, I.B; Pina-Rodrigues, F.C.M. & Figliolia, M.B. (coord.) *Sementes florestais tropicais*, Brasília, 303-332

- Villela, F.A.** 1998. Water relations in seed biology. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 55 (número especial): 98-101
- Villela, F.A.; Doni-Filho, L. & Serqueira, E.L.** 1991. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 26 (11/12): 1957-1968
- Villela, F. A. & Marcos Filho, J.** 1998. Estados energéticos e tipos de água na semente. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 20 (2): 317-321
- Vertucci, C.W.** 1992. Towards a unified hypothesis of seed aging. *Proc. IV International Workshop on Seeds: Basic and Applied Aspects of Seed Biology*. Angers, França.
- Vertucci, C.W. & Farrant, J.M.** 1995. Acquisition and loss of desiccation tolerance. *In*: Kigel, J; Galili, G. (ed.) *Seed development and germination*. New York, 237-271
- Walters, C.** 2000. Levels of recalcitrance in seeds. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12 (especial): 7-21

RESUMO

Tendo em vista o agravamento da devastação e da erosão genética que a Mata Atlântica tem sofrido, estudos que visem a melhor utilização de seus recursos tornam-se importantes mecanismos para sua preservação. Dentre os processos de conservação das espécies vegetais e, principalmente, na conservação *ex situ*, a preservação das sementes assume papel fundamental. Na família Myrtaceae, que tem grande representatividade e importância neste bioma, os estudos relativos à conservação da viabilidade das sementes durante o armazenamento ainda não são conclusivos, principalmente no que se refere à sua tolerância à dessecação. No presente trabalho avaliou-se a manutenção da germinabilidade de sementes de seis espécies brasileiras de *Eugenia* (*E. brasiliensis*, *E. cerasiflora*, *E. involucrata*, *E. pyriformis*, *E. umbelliflora* e *E. uniflora*), após secagem até que atingissem 10% de água, sendo realizada sob duas condições distintas. Com o objetivo de verificar possíveis danos por embebição, após cada período de secagem as sementes foram submetidas, além da embebição em água pura, à reidratação lenta e controlada por meio da embebição em solução de polietileno glicol (-4MPa). As sementes também foram avaliadas quanto ao seu potencial hídrico, para verificação da energia da água em todos os níveis de secagem. Os resultados observados indicaram uma diminuição na germinação e no vigor das sementes com a progressão da secagem, independente do método. Descartaram-se eventuais danos por embebição uma vez que a reidratação controlada não alterou o quadro. O potencial hídrico dos embriões apresentou correlação positiva com o teor de água das sementes, podendo classificá-las dentro de três comportamentos: o primeiro, para *E. cerasiflora* em torno de -17 MPa; o segundo, para *E. umbelliflora*, *E. uniflora*, *E. involucrata* e *E. pyriformis* em torno de -10 MPa e; *E. brasiliensis* em torno de -7 MPa.

ABSTRACT

Nowadays, seed researching from *Mata Atlantica* species assumes a very important role, mainly due to the genetic erosion observed over the last few years. In this bioma, Myrtaceae is abundant and few conclusive information have been achieved regarding the desiccation tolerance and storability of the seeds of its species. The present work evaluated the germinability of seeds of brazilian *Eugenia* (*E. brasiliensis*, *E. cerasiflora*, *E. involucrata*, *E. pyriformis*, *E. umbelliflora* and *E. uniflora*), after drying up to 10% of water. Drying was carried out through two distinct conditions and, for germination test, rehydrated in water or PEG 6000 (-4MPa), in order to check possible imbibition damage. Besides germinability and water content, seeds have been evaluated as for water potential. The results indicated that the lower the water content the lower germinability and vigour of the seeds, independent of the method. Controlled imbibition did not change the pattern described above. Furthermore, it was possible to determine a strong relation between water potential and water content and mainly between water potential and germinability. Thus, *Eugenia* embryos were classified into three groups, according to critical water potential: *E. cerasiflora* around -17 MPa; *E. umbelliflora*, *E. uniflora*, *E. involucrata* and *E. pyriformis* around -10 MPa and *E. brasiliensis* around -7 MPa.