

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

DAIANA KAROLINE KAISER

**MATURIDADE FISIOLÓGICA, TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO E
LONGEVIDADE DE SEMENTES DE *Allophylus edulis* [(A. ST.-HIL., A. JUSS. &
CAMBESS.) HIERON. EX NIEDERL.]**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

DAIANA KAROLINE KAISER

**MATURIDADE FISIOLÓGICA, TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO E
LONGEVIDADE DE SEMENTES DE *Allophylus edulis* [(A. ST.-HIL., A. JUSS. &
CAMBESS.) HIERON. EX NIEDERL.]**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Dra. Marlene de Matos Malvasi
Coorientador: Dr. Ubirajara Contro Malvasi
Coorientador: Dr. João Alexandre Lopes Dranski

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

K13m Kaiser, Daiana Karoline
Maturidade fisiológica, tolerância à dessecação e longevidade de sementes de *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.] / Daiana Karoline Kaiser. – Marechal Cândido Rondon, 2016.
89 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marlene de Matos Malavasi
Coorientadores: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi
Prof. Dr. João Alexandre Lopes Dranski.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016.

1. Árvores. 2. Sementes - Fisiologia. 3. Sementes – Armazenamento. I. Malavasi, Marlene de Matos. II. Malavasi, Ubirajara Contro. III. Dranski, João Alexandre Lopes. IV. Título.

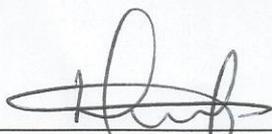
CDD 22.ed. 634.95
CIP-NBR 12899

DAIANA KAROLINE KAISER

MATURIDADE FISIOLÓGICA, TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO E
LONGEVIDADE DE SEMENTES DE *Allophylus edulis* [(A. ST.-HIL., A.
JUSS. & CAMBESS.) HIERON. EX NIEDERL.]

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, para obtenção do título
de Magister Scientiae.

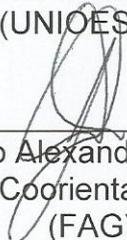
APROVADA: 12 de julho de 2016



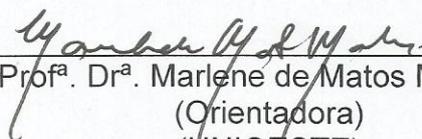
Prof. Dr. Claudemir Zucareli
(UEL)



Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi
(Coorientador)
(UNIOESTE)



Prof. Dr. João Alexandre Lopes Dranski
(Coorientador)
(FAG)



Prof.ª Dr.ª Marlene de Matos Malavasi
(Orientadora)
(UNIOESTE)

“Não tenha medo de viver, de correr atrás dos sonhos. Tenha medo de ficar parado”.

Anita Garibaldi

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual não seria possível realizar o Mestrado e a pesquisa em questão.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e ao Programa Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) pela oportunidade de estudo e pesquisa.

À minha orientadora Profa. Dra. Marlene Malavasi, por aceitar me orientar em uma área tão desafiadora e diria até incomum na Agronomia. Agradeço pela confiança depositada em mim no desenvolvimento deste estudo e pelas dicas que o enriqueceram ainda mais. Agradeço por compartilhar comigo sua experiência profissional que contribuiu significativamente para minha formação! Por fim, agradeço por ter consentido e incentivado minha ida para a Amazônia!

Ao meu coorientador Prof. Dr. Ubirajara Malavasi pelos valiosos ensinamentos na área de silvicultura, pelas sugestões pertinentes em minha aula de qualificação, por toda contribuição nas correções do manuscrito, revisões do inglês e todo o trâmite que envolveu a publicação do primeiro artigo da dissertação.

Ao meu coorientador Dr. João Dranski, por ter sido a peça chave para que minhas ideias pudessem sair do papel! Por toda a sua dedicação em discutir comigo tantas e tantas questões fundamentais deste estudo. Agradeço pela confiança e amizade, pelos inúmeros conselhos e ensinamentos ao longo desta jornada. E acima de tudo, por ter aceitado esse desafio que foi me coorientar “intensamente”, por ter sido tão paciente comigo, por ter compreendido tão bem a minha natureza! Tenho por ti um profundo apreço e admiração! Desejo vida longa a nossa amizade!

Ao Núcleo de Estações Experimentais e, em especial ao Claudio, que foi indispensável para identificação da espécie a campo, acompanhamento fenológico e a posterior obtenção do material de estudo. E, que mesmo ao final destas etapas me indagava ao corredor, sempre curioso sobre o andamento da minha pesquisa.

Aos docentes do PPGA, em especial aos que contribuíram diretamente para a minha qualificação acadêmica: Ubirajara Malavasi, Edmar Vasconcelos, Paulo Rabello, José Renato Stangarlin, Vandeir Guimarães, Adilson Schuelter, Eurides Kuster, Marlene Malavasi e Fabíola Villa.

Ao Simepar pelo fornecimento dos dados climáticos nos locais de estudo.

À Profa. Dra. Michele Bortolini, pelo apoio e incentivo para meu ingresso no Mestrado. Uma pessoa sempre presente e acessível e a qual tenho imenso carinho e estima!

À Dra. Neusa Michelon pela amizade, colaboração no laboratório, viveiro e nas aulas práticas.

À banca examinadora pelas contribuições que foram de grande valia para melhora do trabalho.

À minha família de sangue e de coração que elenco abaixo.

À minha mãe Imelda, por acreditar em mim e nos meus sonhos e, por apoiar minhas escolhas, inclusive as mais arriscadas e distantes de casa.

Ao meu esposo Cesar, por tomar como seus os meus sonhos. Por buscar compreender a minha partida repentina para a Amazônia e a dimensão dessa oportunidade na minha carreira profissional. Por ser o meu porto seguro e também o meu maior incentivador!

Às minhas irmãs Kátia e Patrícia, que apoiaram as minhas escolhas e entenderam a minha ausência neste período. Por se fazerem presentes, mesmo de longe.

Ao meu padrasto Osmar, que me auxiliou na colheita das sementes em Guaira.

À Família Todescatt, que me acolheu como sendo um deles e que me incentivam a buscar os meus sonhos. Em especial minha sogra, Célia, minha vó Rosalva, tia Marisa, tio Claudio, tia Erenilda e filhos, minha prima Gabrielle e meu cunhado Juan.

À Família Schmidt, em especial José Mário, pela amizade e pelo incentivo em meus estudos.

Aos meus amigos da graduação e da vida: Rúbia, Simone, Marta, Tiago e Ronaldo, com os quais compartilho minhas aspirações e frustrações e também o amor pela Biologia.

Às minhas amigas de longa data da graduação, mestrado e agora da vida: Laura, Katia e Carla, que foram indispensáveis em todas as etapas desta pesquisa, desde a discussão da hipótese até a análise crítica da versão final da dissertação. Sem o apoio e a pareceria de vocês esta jornada teria sido muito mais árdua! Expresso o meu sincero "Muito obrigada".

Aos amigos que fiz no Laboratório de Sementes e Mudas e na Turma do Mestrado (2014), com os quais senti empatia desde o primeiro encontro, em especial, João Dranski, Danielle Cadorin, Marcelo Greco, Pablo Coutinho e Jaqueline Vanelli. Desejo profundamente que a amizade entre nós persista após o fim deste ciclo!

Aos inúmeros amigos que fiz na Amazônia e que foram tão importantes no fechamento deste ciclo: Zé Luís, Dé, Gilberto, Tainara, Claudinha, Nete, Renata, Tati, Dinah, Giu,

Fumaça, Guilherme, Raffaello, Pedro, Mari, Cris, Milagros, Thalita, Paulo, Diana, Dra. Isolde, Geângelo, Itamara, seu João, Dona Eduarda, João e Léo.

Ao Dr. José Luís Camargo, pela oportunidade ímpar de viver momentos inesquecíveis na selva amazônica através do projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais e a ecóloga Débora Najara, com quem pude compartilhar moradia, experiências e aspirações de vida e, muitas e muitas discussões sobre ecologia de sementes!

As sementes florestais, por toda paixão e inspiração que me despertam!

Sem dúvidas, este foi um período de muito aprendizado, amadurecimento pessoal e profissional! Um sonho realizado a muitas mãos! Sou eternamente grata a cada um que de uma forma ou outra colaborou com este estudo, ou que simplesmente me acompanhou nesta intensa jornada, concedendo-me por vezes minutos de atenção ou até mesmo o silêncio da companhia.

*A todos aqueles que
vislumbram um mundo mais
verde do que cinza!*

Ofereço

*Aos meus familiares e amigos, que
me inspiram e que são os meus
maiores incentivadores.*

Dedico

RESUMO

KAISER, Daiana Karoline, M. S., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, julho de 2016. **Maturidade fisiológica, tolerância à dessecação e longevidade de sementes de *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.]**. Orientador: Profa. Dra. Marlene de Matos Malavasi. Coorientadores: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi e Dr. João Alexandre Lopes Dranski.

A identificação da maturidade fisiológica possibilita reconhecer o momento que as sementes possuem o maior potencial fisiológico e, associar a maturidade com a cor do fruto possui caráter prático, pois auxilia na identificação da época adequada de colheita. Além disso, identificar a resposta das sementes à dessecação é indispensável para o adequado manejo pós-colheita visando sua conservação. Objetivou-se determinar se a maturidade fisiológica de sementes de *A. edulis* é alcançada no mesmo estágio de maturação do fruto, independentemente da região de coleta e, se a colorimetria do fruto pode indicar a maturidade das sementes. Em adição, foi avaliada a tolerância à dessecação e a longevidade das sementes em condições *ex situ*. Para determinação da maturidade das sementes, frutos foram colhidos em Santa Helena, Entre Rios do Oeste e Guaíra-PR e classificados visualmente em cinco estágios de maturação pela coloração do epicarpo e com um colorímetro digital. As variáveis analisadas nas sementes compreenderam características morfológicas, germinação e vigor. Nos estudos de dessecação e longevidade, os frutos foram colhidos em Guaíra-PR. As variáveis quantificadas nas sementes compreenderam a determinação do teor de água (TA), massa seca (MS), razão entre a semente e seu tegumento (SCR) e a probabilidade de sensibilidade ao dessecamento (P_{SD}). Sementes com 30% de umidade foram secas até atingirem 23%, 15%, 10% e 5% de umidade. Subsequentemente, quatro subamostras foram submetidas à germinação. Na mesma ocasião, subamostras com teores de água de 30%, 10% e 5% foram armazenadas em embalagem permeável a 20,1 °C e 39,1% UR, por 180, 270 e 365 dias. A estabilização da matéria seca das sementes foi evidenciada em frutos com coloração laranja. Com o avanço da maturação, frutos vermelhos possuíam sementes com menor umidade, coincidindo com a máxima porcentagem e velocidade de germinação, além de gerarem plântulas com maior tamanho e acúmulo de massa. O espectro verde discriminou a maturidade nos diferentes locais de colheita. Sementes utilizadas no ensaio de dessecação e longevidade possuíam TA de 30,42%, MS de 24,99 mg, SCR de 0,27 e P_{SD} de 7%. A germinabilidade, o tempo médio de germinação, a massa seca e o comprimento de plântulas

permaneceram inalterados após à secagem a 5% de umidade. Houve aceleração do processo germinativo em sementes com TA 10% e 5%. A perda de 50% da germinabilidade ocorreu após 116 dias (TA 30%) e após 232 dias (TA 10% e 5%). Sementes armazenadas com TA 5% apresentaram menor perda em velocidade de germinação e maior crescimento de plântulas. Ao final do armazenamento houve aumento de 15% no tempo médio de germinação, redução de 13% na massa seca e 9% no comprimento de plântulas. Sementes de *A. edulis* com maturidade devem ser colhidas quando os frutos estiverem com coloração vermelha, independentemente do local de colheita ou, com valores de reflectância entre 28,0 a 49,2 nm na escala verde do espectro de cores. Sementes de *A. edulis* são tolerantes à dessecação até a remoção de 82% do conteúdo de água celular (TA 5%), com perda de 50% da capacidade germinativa aos 232 dias.

Palavras-chave: Vacum. Época de Colheita. Maturação. Tolerância à desidratação. Armazenamento. Secagem.

ABSTRACT

KAISER, Daiana Karoline, M. S., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, July de 2016. **Physiological maturity, desiccation tolerance and longevity of *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.] seeds.** Orientador: Profa. Dra. Marlene de Matos Malavasi. Coorientadores: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi e Dr. João Alexandre Lopes Dranski.

The identification of physiological maturity allows recognize the moment that the seeds have the highest physiological and associate maturity with the fruit color has practical character, it helps in identifying the appropriate harvest time. Also, identify the response of seeds to desiccation is essential for proper postharvest handling aiming at their conservation. This study aimed to determine whether the physiological maturity of *A. edulis* seeds is achieved in the same maturation stage, regardless of the collection region and the colorimetry of the fruit can determine the maturity of seeds. In addition, it evaluated the desiccation tolerance and longevity of seeds in ex situ conditions. To determine the maturity of seeds, fruits were harvested in Santa Helena, Entre Rios do Oeste and Guaíra-PR and visually classified into five maturity stages by staining the epicarp and a digital colorimeter. The variables analyzed in the seeds understood morphological characteristics, germination and vigor. In studies of desiccation and longevity, the fruits were harvested in Guaíra-PR. The variables quantified in seeds comprised the determination of water content (WC), dry matter (DM), ratio of seed husk and its (SCR) and the probability of desiccation sensitivity (P_{SD}). Seeds with 30% moisture were dried until they reach 23%, 15%, 10% and 5% moisture. Subsequently, four sub-samples were submitted to germination. At the same time, subsamples with 30% water content, 10% and 5% were stored in permeable packaging to 20.1 °C and 39.1% RH for 180, 270 and 365 days. The stabilization of the dry matter of seeds was found in fruits with orange coloring. With advancing maturity, red fruits possessed seeds with lower moisture, coinciding with the maximum germination percentage and speed, besides generating seedlings with larger size and mass accumulation. The green spectrum discriminated maturity in different places of harvest. Seeds used in the test had desiccation and longevity WC 30.42%, DM 24.99 mg, SCR 0.27 and P_{SD} 7%. The germination, mean germination time, dry mass and length of seedlings remained unchanged after drying to 5% moisture. There accelerating germination of seeds with WC 10% and 5%. The loss of germination was 50% at 116 days (WC 30%) and 232 days (WC 10% and 5%). Seeds stored with WC 5% had lower loss in germination rate and high seedling growth. At the end of storage increased by 15% in the mean germination

time, 13% reduction in dry matter 9% and the seedlings length. *A. edulis* seeds with maturity should be harvested when the fruits are red colored, regardless of harvest or with reflectance values between 28.0 to 49.2 nm in the green range of the color spectrum. *A. edulis* seed is desiccation tolerant to the removal of 82% of cellular water content (WC 5%), with 50% loss of germination to 232 days.

Keywords: Vacuum. Harvest season. Maturation. Tolerance to dehydration. Storage. Drying.

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS	23
ARTIGO I - MATURIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E COLORIMETRIA DOS FRUTOS DE <i>Allophylus edulis</i> [(A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) HIERON. EX NIEDERL.]	31
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1 INTRODUÇÃO.....	33
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4 CONCLUSÕES	47
5 AGRADECIMENTOS	48
6 REFERÊNCIAS	49
ARTIGO II - RESPOSTA À DESSECAÇÃO E LONGEVIDADE DE SEMENTES DE <i>Allophylus edulis</i> [(A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) HIERON. EX NIEDERL.] ...	53
RESUMO	53
ABSTRACT	54
1 INTRODUÇÃO.....	55
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1 EFEITO IMEDIATO DA SECAGEM SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES	59
2.2 PREDIÇÃO DA TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO.....	61
2.3 LONGEVIDADE DAS SEMENTES.....	61
2.4 ANÁLISE DOS DADOS	62
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63

3.1	EFEITO IMEDIATO DA SECAGEM SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES	63
3.2	PREDIÇÃO DA TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO.....	66
3.3	LONGEVIDADE DAS SEMENTES.....	69
4	CONCLUSÕES	79
5	AGRADECIMENTOS	80
6	REFERÊNCIAS	81
	CONSIDERAÇÕES GERAIS	89

INTRODUÇÃO GERAL

A degradação antrópica dos ecossistemas naturais, resultado do desenfreado desmatamento e do inadequado uso da terra, levou a uma perda expressiva da biodiversidade e tem comprometido diretamente as funções biológicas das florestas em todo mundo (CARDINALE et al., 2012; MELO et al., 2013). Frente a essa problemática, governos no mundo todo vêm sendo pressionados a tomarem medidas emergenciais de restauração para aumentar áreas de florestas nativas já existentes e, assim conter a perda da biodiversidade (CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2012; ARONSON; ALEXANDER, 2013; JARDIM et al., 2014; SUDING et al., 2015).

No Brasil, a restauração florestal é movida em cumprimento às disposições do Código Florestal para adequação ambiental das propriedades rurais, que somente no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, compreendem 90% dos remanescentes de vegetação nativa (TABARELLI et al., 2005; RIBEIRO et al., 2009). Embora essa legislação tenha retrocedido com a aprovação da Lei 12.727 (BRASIL, 2012), sobretudo pela redução de 58% das áreas a serem reflorestadas em comparação à legislação precedente, a restauração ainda representa a principal estratégia para conciliar a conservação do que resta da flora, fauna e recursos hídricos e a expansão da atividade agropecuária no país (STICKLER et al., 2013; SOARES-FILHO et al., 2014; LATAWIEC et al., 2015).

Em âmbito global, a Mata Atlântica é a segunda maior floresta tropical, abrigando cerca de 20 mil espécies de plantas vasculares, das quais 40% são endêmicas (RIBEIRO et al., 2011), o que a coloca entre os quatro *hotspots* com prioridade para a conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000). Apesar da importância desse bioma, taxas alarmantes de desmatamento continuam sendo registradas nos últimos anos, particularmente na porção brasileira, que somente no período de 2010 a 2015 registrou uma média de desflorestamento de 20.000 ha/ano (SOS MATA ATLÂNTICA, 2015).

Os últimos levantamentos realizados também revelam que a cobertura florestal da Mata Atlântica no Brasil não ultrapassa 12,5% de sua área original, de 150 Mha (SOS MATA ATLÂNTICA, 2015). Além disso, 80% dos seus remanescentes de vegetação nativa estão confinados a fragmentos de tamanho reduzido (50 ha) (RIBEIRO et al., 2009). Estas restrições ecológicas comprometem diretamente o potencial da paisagem em promover a recolonização e a regeneração natural de espécies, o que tem representado um risco eminente à integridade dessa comunidade biológica (BERTONCINI; RODRIGUES, 2008; RODRIGUES et al., 2009; TABARELLI et al., 2010; HOLL; AIDE, 2011; BRANCALION

et al., 2013), e o que, conseqüentemente, o condiciona a ser o bioma mais degradado e potencialmente ameaçado do país (RIBEIRO et al., 2009; SOARES-FILHO et al., 2014).

Desse modo, os esforços de restauração *in situ*, por meio de métodos ativos de revegetação, como o plantio de mudas e/ou da sementeira direta de espécies nativas de diferentes grupos funcionais, assumem caráter emergencial, estando entre os principais mecanismos utilizados para promover a sucessão ecológica e a reabilitação desse bioma (BRANCALION et al., 2010; CALMON et al., 2011; RODRIGUES et al., 2011; BRANCALION et al., 2012; BERTACCHI et al., 2016).

Na escolha das espécies que irão compor os grupos funcionais, a reintrodução de espécies atrativas à fauna é uma característica comum e, é particularmente importante para a restauração florestal em paisagens tropicais altamente fragmentadas, a exemplo da Mata Atlântica (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2010). A fauna atraída pode trazer consigo as sementes que consumiram nas proximidades e, assim, contribuir tanto para superar a limitação da dispersão advinda do isolamento das áreas quanto para promover a rápida regeneração do local (LINDELL et al., 2012; GRIS; TEMPONI; MARCON, 2012; REID; HOLL, 2013).

Aquém da escolha das espécies, também já é de conhecimento da comunidade científica, que o êxito e a qualidade dos povoamentos florestais implantados é diretamente dependente do vigor das mudas que os constituíram, que, por sua vez, advém do uso de sementes de qualidade fisiológica, genética e sanitária. Nesse sentido, torna-se indispensável gerar informações acerca do processo de desenvolvimento das sementes e de todas as interfaces que confluem para a obtenção de lotes de sementes de alta qualidade e, em quantidade suficiente para suprir a sua constante demanda em programas de restauração florestal (FLORES et al., 2011; BARBOSA et al., 2015; SILVA et al., 2015).

O desenvolvimento da semente, compreendido a partir da fecundação do óvulo até à maturidade fisiológica é dividido em quatro fases conforme os estudos clássicos de Pollock e Roos (1972), Dure III (1975) e Adams e Rinne (1980). Com base nesta classificação, as fases I e II são caracterizadas por um período de intensa divisão e expansão celular, seguido da deposição de reservas e do aumento da massa seca (fase III). A partir daí inicia-se à dessecação (fase IV), que para a maioria das espécies corresponde a um período de intensa redução do conteúdo de água, sem que haja alteração significativa da massa seca.

A maturidade fisiológica vem a ser alcançada após a integralização destas etapas, quando a semente está próxima de se desligar da planta mãe ou quando a conexão entre ambas é interrompida, possuindo nesta ocasião o máximo acúmulo de matéria seca

(CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015). A capacidade de germinar, por sua vez, pode ocorrer ainda nos estádios iniciais do desenvolvimento, entretanto, a maturidade fisiológica só se confirma a partir do momento que as sementes adquirem o vigor, que neste caso é expresso pela longevidade das sementes sob condições adversas (BEWLEY et al., 2013; MARCOS FILHO, 2015). Portanto, o principal objetivo do estudo do desenvolvimento das sementes é determinar o ponto no qual a semente pode ser colhida, sem que haja comprometimento da sua qualidade fisiológica.

No que concerne à colheita de sementes de espécies florestais, o principal parâmetro utilizado como indicador da maturidade das sementes tem sido a coloração externa dos frutos (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993). As principais vantagens da utilização da cor do fruto estão no seu caráter prático, que se dá pela facilidade de sua identificação a campo; na economia, uma vez que após confirmada sua correlação com a maturidade da semente, dispensa análises laboratoriais prévias à colheita e, ainda por sua ampla aplicabilidade, uma vez que os frutos da maioria das espécies florestais modificam sua coloração à medida que amadurecem (HERZOG; MALAVASI; MALAVASI, 2012; ORO et al., 2012; MOLIZANE et al., 2013; NOGUEIRA et al., 2013; SRIMATHI et al., 2013; SCHULZ et al., 2014; LOPES; NÓBREGA; MATOS, 2014).

Em contraste, suas principais limitações devem-se ao fato de que em algumas espécies a alteração na cor dos frutos durante o amadurecimento pode ocorrer de forma mais sutil (CALIL et al., 2005; MARTINS; SENEME; NAKAGAWA, 2008; SILVA et al. 2008). Soma-se a isso o seu caráter abstrato, uma vez que cada colhedor pode ter uma interpretação diferente a partir de uma mesma cor (LOPES; DIAS; PEREIRA, 2005; LIMA; MÉLO; GUERRA, 2007), ou ainda, pela ocorrência de variação na coloração do epicarpo em frutos de uma mesma espécie, em função da região de origem (DUARTE et al., 2012; CORDEIRO et al., 2013).

Por conta disso, técnicas mais acuradas são requeridas para avaliar com segurança estas variações, de modo que não haja restrição quanto à aplicabilidade da cor em larga escala. Nesse sentido, a utilização de um colorímetro digital para quantificar a cor do fruto, torna-se uma alternativa promissora para a colheita de sementes florestais, especialmente quando se vislumbra a automatização da colheita em pomares de sementes e a dispensa da acuidade visual do colhedor.

Apesar do volume expressivo de informações que se já se possui sobre as espécies nativas, muitos aspectos da biologia e tecnologia de sementes de algumas espécies ainda não foram estudados, o que tem implicado no emprego de um menor número de espécies em

relação ao que deveria ser utilizado nas ações de restauração, o que, por sua vez, não tem garantindo a autopropetuação das áreas reflorestadas (BRANCALION et al., 2010; RIBEIRO-OLIVEIRA; RANAL, 2014). Essa lacuna de conhecimento deve-se, sobretudo, a grande diversidade de espécies florestais que ocorrem naturalmente no país, associado ao baixo apelo econômico de muitas e ao comportamento específico inerente a cada espécie sob os diferentes aspectos da ecofisiologia (FLORES et al., 2011; SARMENTO; VILLELA, 2010; BARBOSA et al., 2015; SILVA et al., 2015).

Estudos relacionados ao comportamento das sementes com relação a tolerância à dessecação e sob condições de armazenamento são considerados componentes indispensáveis para o avanço da tecnologia de sementes, permitindo o desenvolvimento de estratégias que visam a conservação das espécies, uma vez que disponibilizam informações para o manejo adequado das sementes pós-colheita, além de permitir o fornecimento em escala espacial e temporal do material propagativo para os projetos de restauração ambiental (LIMA et al., 2014; SILVA; FERRAZ, 2015).

Estudos pioneiros nesta área foram desenvolvidos na década de 70, pelo professor Eric Roberts. Este elaborou a primeira equação matemática para prever a longevidade de lotes de sementes, com base no seu teor de água e viabilidade conhecidos, quando armazenados sob temperatura constante. Em seu estudo ele reconheceu dois grupos de sementes: ortodoxas, aquelas que se comportavam seguindo a equação matemática e, recalcitrantes, que não se enquadravam na equação. Seu estudo demonstrou que o período de viabilidade das sementes ortodoxas pode ser prorrogado e previsível, diminuindo a umidade e a temperatura durante o armazenamento. Já no segundo grupo, que ele denominou de recalcitrantes, descreveu um conjunto de espécies cujas sementes apresentavam um comportamento oposto ao das ortodoxas, uma vez que a diminuição no teor de água acarretava na redução do período de viabilidade (ROBERTS, 1973).

A distinção entre sementes ortodoxas e recalcitrantes ocorre ainda na planta mãe, durante a fase final do desenvolvimento das sementes (fase IV) (BERJAK; PAMMENTER, 2000). Nesta fase, as sementes ortodoxas sofrem uma maior redução no seu teor de água em comparação as recalcitrantes. Esta redução no conteúdo de água, mediada pela ação hormonal, atua como um pré-requisito para direcionar o metabolismo das sementes para a germinação, além de ser responsável por induzir a ativação de mecanismos de proteção e reparo, que mantém a estrutura e o funcionamento celular durante o estado desidratado, permitindo que injúrias letais não ocorram após a embebição. Essa “janela temporal” que permite a redução do metabolismo pelo dessecação natural e a distribuição da germinação

das sementes somente quando as condições do ambiente se tornam favoráveis, também aumenta a sobrevivência sob condições de estresse hídrico e térmico, refletindo em um aumento da longevidade das sementes em condições naturais e *ex situ* (ROBERTS, 1973; KERMODE, 1990, 2005; ALPERT, 2005; DEKKERS et al., 2015; SILVA; FERRAZ, 2015).

Em contraste, as sementes recalcitrantes também denominadas de sensíveis à dessecação, podem tolerar uma redução do teor de água leve ou moderada, entretanto, nunca entram na “janela temporal de dessecação”, desconectando-se da planta mãe com elevado teor de água, com o metabolismo ativo e direcionado para a germinação. Por não adquirirem a habilidade de tolerar à desidratação, são altamente suscetíveis a lesões por dessecação e, portanto, não sobrevivem quando desidratadas abaixo de um teor de água crítico inerente à espécie. Além disso, por possuírem o metabolismo sempre ativo, as sementes requerem a manutenção de uma condição úmida para sua conservação, o que por sua vez implica que estas fiquem mais suscetíveis aos estresses térmico e oxidativo. Por possuírem tais características, as sementes recalcitrantes possuem vida curta tanto em condições naturais quanto *ex situ* (ROBERTS, 1973; PAMMENTER; BERJAK, 2000a, b; SILVA; FERRAZ, 2015; ROYAL BOTANIC GARDENS KEW, 2016).

Kermode e Finch-Savage (2002) enfatizam que a aquisição da tolerância à dessecação envolve a interação de ajustes metabólicos e estruturais que permitem que às células resistam a perdas de água sem a ocorrência de danos irreversíveis. Contudo, a menor eficiência de qualquer um dos mecanismos envolvidos pode levar a formação de sementes com diferentes níveis de tolerância.

A família Sapindaceae compreende 141 gêneros e 1900 espécies, com distribuição predominantemente pantropical, à exceção de alguns táxons que ocorrem em áreas temperadas (*Acer*, *Aesculus*, *Atalaya*, *Diplopeltis*, *Dodonaea*) (BUERKI et al., 2009; ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al., 2011). Foram identificados no Brasil 28 gêneros e 418 espécies, com a maior diversidade do grupo nos domínios fitogeográficos da Amazônia (234 spp.) e Mata Atlântica (207 spp.) (SOMNER et al., 2016b).

O gênero mais representativo desta família é *Serjania* (230 spp.), seguido de *Paullinia* (200 spp.), *Acer* (126 spp.) e *Allophylus*, que dependendo da circunscrição pode englobar de 100 a 255 espécies, distribuídas ao longo dos trópicos terrestres (RADLKOFER, 1931-1934; LEENHOUTS, 1968; ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al., 2011).

Na região neotropical ocorrem 43 espécies do gênero, sendo *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.] a espécie com maior distribuição geográfica na América do Sul e a principal representante nas florestas Estacionais

Semideciduais nas regiões sul e sudeste do Brasil, além de ocorrer naturalmente em todo domínio da Mata Atlântica brasileira, assim como, na Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai (COELHO, 2014; RAMOS et al., 2015; SOMNER et al., 2016a).

A. edulis é conhecido popularmente nos estados brasileiros da região sul e sudeste como “vacum”, “baga-de-morcego”, “fruto-de-pombo”, “chal-chal” (entre vários outros nomes) (CARVALHO, 2006). A espécie possui hábito arbustivo à arbóreo (1-17 m altura) (Fig 1a) e é facilmente reconhecida por suas folhas compostas, trifolioladas e serradas, pela intensa floração branca e, particularmente, por seus frutos vermelhos (Fig 1b), que lhe conferem um contraste marcante sobre sua copa verde-escura (BACKES; IRGANG, 2002; COELHO, 2014). As sementes são ovoides, não apresentam dormência e nem endosperma. O embrião é curvo e ocupa toda a semente, que é envolta por um tegumento fino de tonalidade laranja-escura (Fig 1c). O cotilédone externo é curvo e interno buplicado (ABREU et al., 2005; COELHO, 2014). A germinação é epígea podendo ser do tipo fanero- (Fig 1d) (ABREU et al., 2005) e/ou criptocotiledonar (Fig 1e) (observação pessoal).

Os frutos de *A. edulis* são do tipo coca globosa, indeiscente, derivado de um fruto esquizocárpico, medindo de 6,35 a 9,63 mm de comprimento (Fig 1b). O epicarpo e o mesocarpo são comestíveis, possuindo consistência pouco sucosa (ABREU et al., 2005). Os frutos compõem a dieta de diversas espécies animais, como aves e bugios, que contribuem para disseminação das sementes e para a regeneração da espécie (FOSTER, 1990; BACKES; IRGANG, 2004; FADINI; MARCO JÚNIOR, 2004; CARVALHO, 2006).

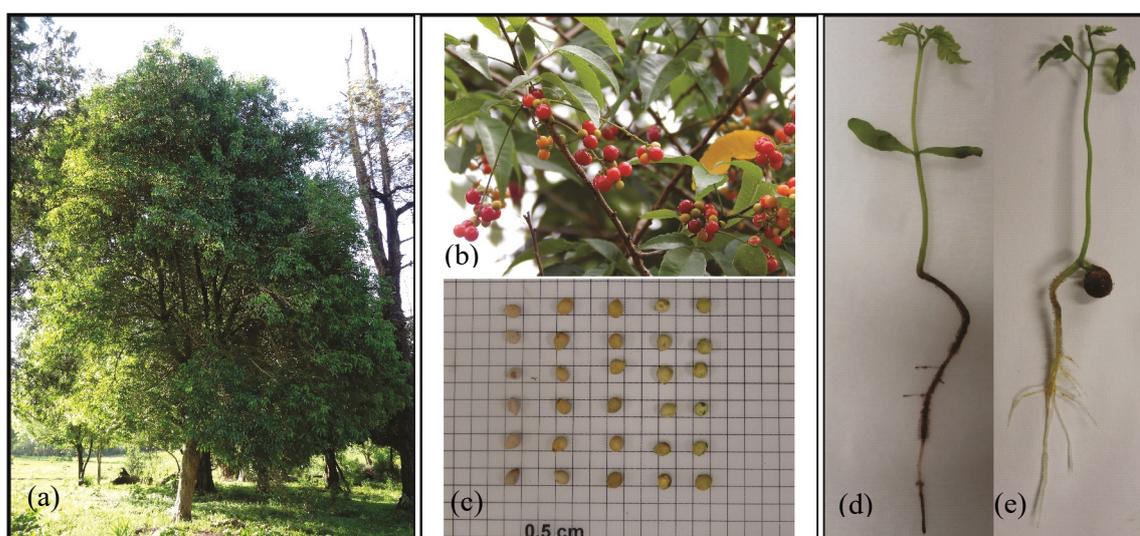


Figura 1. Árvore (a), frutos (b), sementes (c) e plântulas normais na germinação fanero- (d) e criptocotiledonar (e) de *Allophylus edulis*.

Fonte: Acervo pessoal.

A. edulis é uma espécie comumente encontrada no interior de florestas primárias, estando preferencialmente associada a ambientes mais úmidos e próximos a corpos d'água, podendo ocorrer também em locais mais secos, como em áreas de vegetação secundária. Classificada na sucessão vegetal como uma espécie pioneira à secundária inicial, desenvolve-se tanto em locais onde a luminosidade é intensa quanto à sombra, predominando, sobretudo, nos estratos médio e inferior da floresta (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2006).

No estado do Paraná, *A. edulis* compõe principalmente as formações vegetacionais das florestas Estacional Semidecidual e Ombrófila Mista (ISERNHAGEN, 2001; GRIS; TEMPONI; MARCON, 2012; SILVA-WEBER et al., 2012; CORDEIRO; RODERJAN; CURCIO, 2013). Em levantamentos fitossociológicos realizados no estado, *A. edulis* destacou-se como a espécie mais representativa em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana (VI = 30,52%) (RONDON NETO et al., 2002) e, em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial (VI = 56,72%) (BARDDAL et al., 2004). Além disso, foi apontada como a principal companheira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) na Floresta Ombrófila Mista (CORDEIRO; RODERJAN; CURCIO, 2013). Considerada uma espécie-chave em diversas fitofisionomias, especialmente por ser planta frutífera e atrativa à fauna, consta na lista de espécies produzidas nos viveiros do Instituto Ambiental do Paraná para recuperação de áreas degradadas e alteradas em cinco, das sete regiões bioclimáticas do estado (IAP, 2016).

Estudos desenvolvidos ao longo da última década visando a propagação e posterior utilização de *A. edulis* no restauro, trouxeram avanços significativos no que concerne a ecofisiologia de suas sementes. Dentre estes estudos é oportuno destacar a descrição da morfologia (ABREU et al., 2005), o processo germinativo e a sanidade das sementes (ABREU et al., 2005; SENEME; POSSAMAI; SCHUTA, 2006; GASPARIN et al., 2012); a germinação e o desenvolvimento inicial em solo biorremediado após contaminação por petróleo (NOGUEIRA et al., 2011); a resposta das sementes ao dessecamento (JOSÉ et al., 2007; WIELEWICKI et al. 2006) e o potencial das sementes para restauração florestal de áreas agrícolas por meio da semeadura direta (ISERNHAGEN, 2010).

No entanto, o processo de maturação e o momento adequado para a colheita de sementes dessa espécie ainda não foram totalmente estabelecidos. Além disso, ainda não está claramente elucidada a resposta das sementes de *A. edulis* à dessecação e a longevidade no armazenamento, uma vez que o comportamento reportado na literatura para a espécie é conflitante (JOSÉ; SILVA; DAVIDE, 2007; WIELEWICKI et al., 2006).

Sendo assim, no primeiro artigo da presente pesquisa testou-se a hipótese de que a maturação dos frutos de *A. edulis*, caracterizada pela mudança na cor do epicarpo, é concomitante ao desenvolvimento das sementes e a aquisição da qualidade. Em adição, testou-se a premissa de que as condições climáticas vigentes durante a maturação, em cada local de colheita, condicionam mudanças sob as propriedades da cor dos frutos e no desenvolvimento das sementes.

No segundo artigo, as sementes de *A. edulis* foram utilizadas como modelo experimental para testar a hipótese de que as sementes respondem de maneiras distintas à perda de água celular. Em adição, testou-se a premissa de que o teor de água das sementes de *A. edulis* no momento do armazenamento exerce influência sobre a longevidade das sementes.

Os objetivos deste estudo foram determinar se a maturidade fisiológica de sementes de *A. edulis* é alcançada no mesmo estágio de maturação do fruto, independentemente da região de coleta e, se a colorimetria do fruto pode indicar a maturidade das sementes. Em adição, objetivou-se avaliar a tolerância à dessecação e a longevidade das sementes em condições *ex situ*.

REFERÊNCIAS

- ABREU, D.C.A.; KUNIYOSHI, Y.S.; NOGUEIRA, A.C.; MEDEIROS, A.C.S. Caracterização morfológica de frutos, sementes e germinação de *Allophylus edulis* (St.-Hil.) Radlk. (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.2, p.59-66, 2005.
- ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; VAN WELZEN, P.C.; ADEMA, F.; VAN DER HAM, R.W.J.M. Sapindaceae. In: KUBITZKI, K. (Ed). **The Families and Genera of Vascular Plants - Flowering Plants. Eudicots: Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae**. Berlin: Springer, 2011, p.357-407.
- ADAMS, C.A.; RINNE, R.W. Moisture content as controlling factor in seed development and germination. **International Review of Cytology**, v.68, p.1-8, 1980.
- ALPERT, P. The limits and frontiers of desiccation-tolerant life. **Integrative and Comparative Biology**, v.45, n.5, p.685-695, 2005.
- ARONSON, J.; ALEXANDER S. Ecological restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. **Restoration Ecology**, v.21, n.3, p.293-296, 2013.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem**. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004. 396p.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico - as principais espécies nativas sul-brasileiras**. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002. 326p.
- BARBOSA, J.M.; RODRIGUES, M.A.; BARBÉRIO, M.; ARAUJO, A.C.F.B. Maturação de sementes de espécies florestais tropicais. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M., FIGLIOLIA, M.B., SILVA, A. (Eds.). **Sementes Florestais Tropicais: da ecologia à produção**. Abrates, Brasília, 2015, p.180-189.
- BARDDAL, M.L.; RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G.R. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. **Revista Ciência Florestal**, v.14, n.1, p. 35-45, 2004.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, Edição Especial. p.22-55, 2000.
- BERTACCHI, M.I.F.; AMAZONAS, N.T.; BRANCALION, P.H.S.; BRONDANI, G.E.; OLIVEIRA, A.C.S. de.; PASCOA, M.A.R. de.; RODRIGUES, R.R. Establishment of tree seedlings in the understory of restoration plantations: natural regeneration and enrichment plantings. **Restoration Ecology**, v.24, n.1, p.100-108, 2016.
- BERTONCINI, A.P.; RODRIGUES, R.R. Forest restoration in an indigenous land considering a forest remnant influence (Avaí, São Paulo State, Brazil). **Forest Ecology and Management**, v.255, n.3-4, p.513-521, 2008.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. Third Edition. New York: Springer, 2013. 392p.

BRANCALION, P.H.S.; MELO, F.P.L.; TABARELLI, M., RODRIGUES, R.R. Restoration reserves as biodiversity safeguards in human-modified landscapes. **Natureza e Conservação**, v.11, n.2, p.1-5, 2013.

BRANCALION, P.H.S.; VIANI, R.A.G; ARONSON, J.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. Improving planting stocks for the Brazilian Atlantic forest restoration through community-based seed harvesting strategies. **Restoration Ecology**, v.20, n.6, p.704-711, 2012.

BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P.Y.; NAVE, A.G.; GANDARA, F.B.; BARBOSA, L.M.; TABARELLI, M. Legal instruments can enhance high-diversity tropical forest restoration. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.455-470, 2010.

BRASIL. Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União - República Federativa do Brasil**, Brasília - DF, ano CXLIX, n. 202, 18 out. 2012. Seção I, p.1-6.

BUERKI; S.; FOREST; F.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ; P.; CALLMANDER; M.W.; NYLANDER; J.A.A.; HARRINGTON; M.; SANMARTÍN; I.; KÜPFER; P.; ALVAREZ; N. Plastid and nuclear markers reveal intricate relationships at subfamilial and tribal levels in the soapberry family (Sapindaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v.51, n.2, p.238-258, 2009.

CALIL, A.C.; LEONHARDT, C.; BUSNELLO, A.C.; BUENO, O.L. Época de coleta de sementes de *Maytenus dasyclada* Mart. - Celastraceae no Jardim Botânico de Porto Alegre, RS, Brasil. **IHERINGIA, Série Botânica**, v.60, n.1, p.11-16, 2005.

CALMON, M.; BRANCALION, P.H.S.; PAESE, A.; ARONSON, J.; CASTRO, P.; SILVA, S.C.; RODRIGUES, R.R. Emerging threats and opportunities for largescale ecological restoration in the Atlantic Forest of Brazil. **Restoration Ecology**, v.19, n.2, p.154-158, 2011.

CARDINALE, B.J.; DUFFY, J.E.; GONZALEZ, A.; HOOPER, D.U.; PERRINGS, C.; VENAIL, P.; NARWANI, A.; MACE, G.M.; TILMAN, D.; WARDLE, D.A.; KINZIG, A.P.; DIÁRIO, G.C.; LOREAU, M.; GRAÇA, J.B.; LARIGAUDERIE, A.; SRIVASTAVA, D.S.; NAEEM, S. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v.486, n.7401, p.59-67, 2012.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006, v.2, 627p.

COELHO, R.L.G. **Estudos sistemáticos das espécies neotropicais de *Allophylus L.* (Sapindaceae)**. 2014. 479f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, 2014.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Eleventh meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (COP 11)** - Information documents 2012. Disponível em: <<https://www.cbd.int/doc/?meeting=cop-11>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

CORDEIRO, J.; RODERJAN, C.V.; CURCIO, G.R. Espécies lenhosas de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista na região Centro-Sul e análise florística entre áreas florestais no Paraná. **Ambiência**, v.9, n.3, p.563-588, 2013.

CORDEIRO, M.W.S.; CAVALLIERI, A.L.F.; FERRI, P.H.; NAVES, M.M.V. Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.4, p.1127-1139, 2013.

DEKKERS, B.J.W.; COSTA, M.C.D.; MAIA, J.; BENTSINK, L.; LIGTERINK, W.; HILHORST, H.W.M. Acquisition and loss of desiccation tolerance in seeds: from experimental model to biological relevance. **Planta**, v.241, n.3, p.563-577, 2015.

DUARTE, A.R.; SANTOS, S.C.; SERAPHIN, J.C.; FERRI, P.H. Influence of spatial, edaphic and genetic factors on phenols and essential oils of *Myrciaria cauliflora* fruits. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.23, n.4, p.737-746, 2012.

DURE III, L.S. Seed formation. **Annual Review Plant Physiology**, n.26, p.259-278, 1975.

FADINI, R.F.; MARCO JÚNIOR, P. de. Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de Mata Atlântica de Minas Gerais. **Ararajuba**, v.12, n.2, p.97-103, 2004.

FLORES, A.V.; ATAÍDE, G.M.; BORGES, E.E.L.; SILVEIRA, B.D. da; PEREIRA, M.D. Tecnologia e comercialização de sementes florestais: aspectos gerais. **Informativo Abrates**, v.21, n.3, p.22-29, 2011.

FOSTER, M.S. Factors influencing bird foraging preferences among conspecific fruit trees. **The Condor**, v.92, n.4, p.844-854, 1990.

GASPARIN, E.; ARAUJO, M.M.; AVILA, A.L. de.; WIELEWICKI, A.P. Identificação de substrato adequado para germinação de sementes de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. **Ciência Florestal**, v.22, n.3, p.625-630, 2012.

GRIS, D.; TEMPONI, L.G.; MARCON, T.R. Native species indicated for degraded area recovery in western Paraná, Brazil. **Revista Árvore**, v.36, n.1, p.113-125, 2012.

HERZOG, N.F.M.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Morfometria dos frutos e germinação de sementes de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.4, p.1359-1366, 2012.

HOLL, K.D., AIDE, T.M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v.261, n.10, p.1558-1563, 2011.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas - PRAD.** Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1353>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

ISERNHAGEN, I. **A fitossociologia florestal no Paraná e os programas de recuperação de áreas degradadas: uma avaliação.** 2001. 134p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

ISERNHAGEN, I. **Uso de semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil.** 2010. 105f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2010.

JARDIM, A.V.F.; SCARAMUZZA, C.A. de M.; OLIVEIRA, D.A.S. de.; ROCHA, L.R.; SENTA, M.M.D.; HANSON, C.; SIQUEIRA, L. P. de.; BIDERMAN, R.; CALMON, M.; STRASSBURG, B.B.N.; HOLVERCEM, C.; BOELSUMS, J. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - PLANAVEG, Versão preliminar.** Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/Planaveg/PLANAVEG_20-11-14.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2016.

JOSÉ, A.C.; SILVA, E.A.; DAVIDE, A.C. Classificação fisiológica de sementes de cinco espécies arbóreas de mata ciliar quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.171-178, 2007.

KERMODE, A.R. Role of abscisic acid in seed dormancy. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.24, n.4, p.319-344, 2005.

KERMODE, A.R. Regulatory mechanisms involved in the transition from seed development to germination. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.9, n.2, p.155-195, 1990.

KERMODE, A.R.; FINCH-SAVAGE, B.E. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation development. In: BLACK, M.; PRITCHARD, W.H. (Eds.). **Desiccation on survival in plants.** New York: CABI International, 2002, p.149-184.

LATAWIEC, A.E.; STRASSBURG, B.B.N.; BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GARDNER, T. Creating space for large-scale restoration in tropical agricultural landscapes. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.13, n.4, p.211-218, 2015.

LEENHOUTS, P.W. A conspectus of the genus *Allophylus* (Sapindaceae). **Blumea**, v.15, p.301-358, 1968.

LIMA, M. de J.R.; HONG, T.D.; ARRUDA, Y.M.B.C.; MENDES, A.M.S.; ELLIS, R.H. Classification of seed storage behaviour of 67 Amazonian tree species. **Seed Science Technology**, v.42, n.3, p.363-392, 2014.

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; GUERRA, N.B. Correlação entre o teor de antocianinas e caracterização cromática de polpas de diferentes genótipos de aceloreira. **Brasilian Journal of Food**, v.10, n.1, p.51-55, 2007.

LINDELL, C.A.; COLE, R.J.; HOLL, K.D.; ZAHAWI, R.A. Migratory bird species in young tropical forest restoration sites: effects of vegetation height, planting design, and season. **Bird Conservation International**, v.22, n.1, p.94-105, 2012.

LOPES, I.S.; NÓBREGA, A.M.F da; MATOS, V.P. Maturação e colheita da semente de *Amburana cearensis* (Allem.) A.C. Smith. **Ciência Florestal**, v.24, n.3, p.565-572, 2014.

LOPES, J.C.; DIAS, P.C.; PEREIRA, M.D. Maturação fisiológica de sementes de quaresmeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.8, p.811-816, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992, v.1, 384p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Segunda edição. Londrina: Abrates, 2015. 560p.

MARTINS, C.C.; SENEME, A.M.; NAKAGAWA, J. Estágio de colheita e substrato para o teste de germinação de sementes de ipê [*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.]. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.27-32, 2008.

MELO, F.P.L.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; FAHRIG, L.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; TABARELLI, M. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. **Trends in Ecology & Evolution**, v.28, n.8, p.462-468, 2013.

MOLIZANE, D.M.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A.R.; BARBEDO, C.J. Maturação de sementes de *Aechmea bromeliifolia* (Rudge) Baker e *Vriesea paraibica* Wawra (Bromeliaceae). **Hoehnea**, v.40, n.4, p.619-625, 2013.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.B.A.; KENT, J.N. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, n.333, p.853-858, 2000.

NOGUEIRA, L.; INCKOT, R.C.; SANTOS, G. de O.; SOUZA, L.A. de.; BONA, C. Phytotoxicity of petroleum-contaminated soil and bioremediated soil on *Allophylus edulis*. **Rodriguésia**, v.62, n.3, p.459-466, 2011.

NOGUEIRA, N.W.; RIBEIRO, M.C.C.; FREITAS, R.M.O de.; MARTINS, H.V.G.; LEAL, C.C.P. Maturação fisiológica e dormência em sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Bioscience Journal**, v.29, n.4, p.876-883, 2013.

ORO, P.; SCHULZ, D.G.; VOLKWEIS, C.R.; BANDEIRA, K.B.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Maturação fisiológica de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Eugenia involucrata* DC. **Biotemas**, v.25, n.3, p.11-18, 2012.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Aspects of recalcitrant seed physiology. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12 (Edição Especial), p.56-69, 2000a.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Evolutionary and ecological aspects of recalcitrant seed biology. **Seed Science Research**, v.10 n.3, p.301-306, 2000b.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Eds.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Abrates, 1993, p.215-274.

POLLOCK, B.M.; ROOS, E.E. Seeds and seedling vigor. In: KOZLOWSKY, T.T. (Ed). **Seed Biology**. New York: Academic Press, 1972, v.1, p.313-387.

RADLKOFER, L. Sapindaceae - Tribus (Paullinieae, Thouinieae, Sapindeae, Aphanieae, Lepisantheae, Melicocceae, Schleichereae, Nephelieae). In: Engler, A.; Diel, L. (Eds.). **Das Pflanzenreich Regni Vegetabilis Conspectus**. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann, v.4, n.165, 1931-1934, p.455-604.

RAMOS, V.S.; DURIGAN, G.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F.; RODRIGUES, R.R. **Árvores da floresta estacional semidecidual: guia de identificação de espécies**. Segunda edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2015. 320p.

REID, J.L.; HOLL, K.D. Arrival \neq survival. **Restoration Ecology**, v.21, n.2, p.153-155, 2013.

RIBEIRO, M.C.; MARTENSEN, A.C.; METZGER, J.P.; TABARELLI, M.; SCARANO, F.; FORTIN, M.J. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F.E.; HABEL, J.C. (Eds.), **Biodiversity Hotspots - Distribution and Protection of Conservation Priority Areas**. New York: London, 2011, p.405-434.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1141-1153, 2009.

RIBEIRO-OLIVEIRA, J.P.; RANAL, M.A. Sementes florestais brasileiras: início precário, presente inebriante e o futuro, promissor? **Ciência Florestal**, v.24, n.3, p.771-784, 2014.

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

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G.; ARONSON, J.; BARRETO, T.E.; VIDAL, C.Y.; BRANCALION, P.H.S. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.261, n.10, p.1605-1613, 2011.

RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1242-1255, 2009.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2010. 259p.

RONDON NETO, S.M.; KOZERA, C.; ANDRADE, R.R.; CECY, A.T.; HUMMES, A.P.; FRITZSONS, E.; CALDEIRA, M.V.W.; MACIEL, M.N.M.; SOUZA, M.K.F. Caracterização florística e estrutural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em Curitiba, PR-Brasil. **Floresta**, v.32, n. 1, p.3-16, 2002.

ROYAL BOTANIC GARDENS KEW. **Seed Information Database (SID)** - Version 7.1. Disponível em: <<http://data.kew.org/sid/>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

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

SCHULZ, D.G.; ORO, P.; VOLKWEIS, C.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Maturidade fisiológica e morfometria de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.1, p.45-51, 2014.

SENEME, A.M; POSSAMAI, E.; SCHUTA, L.R. Germinação e sanidade de sementes de vacum (*Allophylus edulis*). **Revista Ceres**, v.53, n.305, p.1-6, 2006.

SILVA, A.; FERRAZ, I.D.K. Armazenamento de sementes. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. (Eds.), **Sementes Florestais Tropicais: da ecologia à produção**. Brasília: Abrates, 2015, p.219-243.

SILVA, A.P.M.; MARQUES, H.R.; LUCIANO, M.S.F.; SANTOS, T.V.M.N.; TEIXEIRA, A.M.C.; SAMBUICHI, R.H.R. Gargalos da regulamentação da produção e comercialização de sementes e mudas florestais nativas no Brasil: contribuições para revisão da normativa. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v.12, p.71-80, 2015.

SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B.; MATOS, V.P.; VIEGAS, R.A.; MENDONÇA, I.F.C. Physiological maturity of *Cnidoscylus quercifolius* Pax & K. Hoffm. seeds. **Scientia Forestalis**, v.36, n.77, p.15-20, 2008.

SILVA-WEBER, A.J.C.; NOGUEIRA, A.C.; CARPANEZZI, A.A.; GALVÃO, F.; WEBER, S.H. Composição florística e distribuição sazonal do banco de sementes em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Araucária, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.70, p.193-207, 2012.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v.344, n.6182, p.363-364, 2014.

SOMNER, G.V.; FERRUCCI, M.S.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; COELHO, R.L.G. *Allophylus* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016a. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20873>>. Acesso em: 08 jan. 2016.

SOMNER, G.V.; FERRUCCI, M.S.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; PERDIZ, R.O.; COELHO, R.L.G.; MEDEIROS, H. **Sapindaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016b. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB216>>. Acesso em: 09 jan. 2016.

SOS MATA ATLÂNTICA - Fundação SOS Mata Atlantica. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica - período 2013-2014**. Relatório técnico, São Paulo, 2015. Disponível em <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2013-2014_relatorio_tecnico_2015.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.

SRIMATHI, P.; MARIAPPAN N.; SUNDARAMOORTHY, L.; SUDHAKAR, K. Studies on floral phenology, fruit and seed maturation and harvest index based on fruit colour in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. **African Journal of Plant Science**, v.7, n.11, p.513-520, 2013.

STICKLER, C.M.; NEPSTAD D.C.; AZEVEDO A.A.; MCGRATH, D.G. Defending public interests in private lands: compliance, costs and potential environmental consequences of the Brazilian Forest Code in Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.368, n.1619, p.1-13, 2013.

SUDING, K.; HIGGS, E.; PALMER, M.; CALLICOTT, J.B.; ANDERSON, C.B.; BAKER, M.; GUTRICH, J.J.; HONDULA, K.L.; LA FEVOR, M.C.; LARSON, B.M.H.; RANDALL, A.; RUHL, J.B.; SCHWARTZ K.Z.S. Committing to ecological restoration. **Science** v.348, n.6235, p.638-640, 2015.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A.V.; RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; PERES, C.A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v.143, n.10, p.2328-2340, 2010.

TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.; BEDE, L. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic forest. **Conservation Biology**, v.19, n.3, p.695-700, 2005.

WIELEWICKI, A.P.; LEONHARDT, C.; SCHLINDWEIN, G.; MEDEIROS, A.C.S. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.191-197, 2006.

**ARTIGO I - MATURIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E COLORIMETRIA
DOS FRUTOS DE *Allophylus edulis* [(A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMESS.) HIERON.
EX NIEDERL.]¹**

RESUMO

Objetivou-se determinar a maturidade fisiológica de sementes de *A. edulis*, verificar se esta é alcançada no mesmo estágio de maturação do fruto, independentemente da região de coleta e, se a colorimetria do fruto poder ser indicativa do momento de colheita. Frutos colhidos em Santa Helena, Entre Rios do Oeste e Guaíra-PR foram classificados visualmente em cinco estágios de maturação de acordo com a coloração do epicarpo e com o auxílio de um colorímetro digital. As variáveis analisadas nas sementes compreenderam características morfológicas, germinação e vigor. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A estabilização da matéria seca das sementes ocorreu quando o epicarpo dos frutos adquiriu a coloração laranja. Com o avanço da maturação, frutos com epicarpo vermelho possuíram sementes com menor grau de umidade, coincidindo com a máxima porcentagem e velocidade de germinação, além de gerarem plântulas com maior tamanho e acúmulo de massa. O espectro verde permitiu discriminar a maturidade em sementes dos diferentes locais de coleta. Sementes de *A. edulis* com maturidade fisiológica devem ser colhidas quando os frutos estiverem com coloração vermelha, independentemente da localização da matriz ou, com valores de reflectância entre 28,0 a 49,2 nm na escala verde do espectro de cores.

Termos para indexação: vacuum, época de colheita, maturação, analisador de cor.

¹ Manuscrito publicado no Journal of Seed Science, v.38, n.2, 2016. ISSN 2317-1537. Periódico classificado como qualis B1 pela Capes. Fator de impacto = 0,3534.

PHYSIOLOGICAL MATURITY OF SEEDS AND COLORIMETRY OF THE FRUITS OF *Allophylus edulis* [(A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) HIERON. EX NIEDERL.]

ABSTRACT

This study aimed to determine the physiological maturity of *A. edulis* seeds, check if this is achieved in the same maturation stage, regardless of the collection region and, colorimetry of the fruit can be indicative of the time of harvest. Fruits were harvested in three counties of the western region of Paraná and visually classified into five ripening stages according to the color of the pericarp with the help of a digital colorimeter. Analyzed seed variables included morphological characteristics, germination and vigor. The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications. The stabilization of the dry matter of seeds was found in fruits with color orange. With the advance of the ripening process, red color fruits had seeds with lesser moisture content, coinciding with the maximum germination percentage and speed, besides generating seedlings with larger size and biomass accumulation. The green spectrum allowed to discriminate maturity from different places of harvest. *A. edulis* seeds with physiological maturity should be harvested when fruits present the red color, independent of the harvesting region or, with reflectance values between 28.0 and 49.2 nm in the green range of the color spectrum.

Index terms: vacuum, harvesting season, maturation, color analyzer.

1 INTRODUÇÃO

A família Sapindaceae compreende 141 gêneros e 1900 espécies (Acevedo-Rodríguez et al., 2011), dos quais 28 gêneros e 418 espécies ocorrem no Brasil. Destes, 12 gêneros e 65 espécies ocorrem no estado do Paraná (Somner et al., 2015). *Allophylus edulis*, conhecido popularmente como vacum (entre vários outros nomes), figura entre as espécies desta família que possuem ampla distribuição geográfica e grande representatividade nas Florestas Ombrófila Mista (Cordeiro e Rodrigues, 2007) e Estacional Semidecidual do Paraná (Gris et al., 2012). A espécie possui valor de importância que varia de 3,09% na Floresta Estacional Decidual a 5,55% na Floresta Ombrófila Mista (Hack et al., 2005; Cordeiro e Rodrigues, 2007), o que justifica o emprego de suas sementes para fins de recuperação ambiental destas formações vegetacionais, tendo em vista que o valor de importância é a soma da frequência, dominância e densidade relativas e serve para ordenar as espécies pela sua contribuição na composição da comunidade vegetal.

A propagação sexuada é o método mais empregado para a produção de mudas de espécies florestais. Portanto, tanto a colheita quanto a utilização de sementes com alto potencial fisiológico são requisitos indispensáveis para geração de mudas de qualidade superior e, conseqüentemente, de indivíduos com maior potencial de estabelecimento a campo (Savva et al., 2010). Alguns estudos contribuíram significativamente para a descrição da fisiologia de sementes de *A. edulis*, especialmente no que concerne a descrição do processo germinativo (Abreu et al., 2005) e a resposta das sementes ao dessecamento (José et al., 2007). No entanto, o conhecimento da maturação e o momento adequado para a colheita de sementes dessa espécie ainda não foram totalmente estabelecidos.

A maturação é resultado de uma série de alterações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas, influenciadas diretamente por fatores genéticos e ambientais, que ocorrem desde a fecundação até a independência das sementes com a planta-mãe. Estas alterações incluem um conjunto de fases preparatórias para o processo de germinação, caracterizados essencialmente pela síntese e acúmulo de reservas (Marcos Filho, 2015).

Para a colheita de sementes florestais geralmente são adotados parâmetros físicos, como a mudança na coloração dos frutos e sementes, tamanho, odor, presença de predadores, dispersores e deiscência de frutos como indicadores de maturidade (Piña-Rodrigues e Aguiar, 1993). Dentre essas características, a mudança de cor do fruto tem sido o indicador mais utilizado, visto que frutos de muitas espécies modificam sua coloração à medida que

amadurecem (Dranski et al., 2010; Herzog et al., 2012; Oro et al., 2012; Srimathi et al., 2013; Lopes et al., 2014).

A identificação humana das cores é obtida a partir de uma complexa sensação de brilho, intensidade e claridade. Contudo, na percepção das cores primárias e de suas nuances, a definição da cor assume caráter abstrato (Lima et al., 2007), possibilitando diferentes interpretações a partir de uma mesma cor. Somado a isso, frutos de uma mesma espécie podem apresentar variação na coloração do epicarpo em função da região de origem (Duarte et al., 2012; Cordeiro et al., 2013), o que demanda o uso de técnicas mais acuradas para avaliar com segurança estas variações.

A identificação da cor do fruto por meio da utilização de instrumentos de medição de cor como o colorímetro digital pode proporcionar uma avaliação mais segura do estágio de maturação dos frutos em diferentes regiões de colheita, proporcionando a obtenção de sementes fisiologicamente maduras, com maior qualidade para a produção de mudas.

Os objetivos do presente estudo foram: (1) determinar a maturidade fisiológica de sementes de *A. edulis*; (2) verificar se a maturidade é alcançada no mesmo estágio de maturação do fruto independentemente da região de coleta; (3) verificar se a colorimetria do fruto pode ser utilizada para indicar o momento da colheita.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *A. edulis* foram obtidas a partir de frutos colhidos aleatoriamente em setembro/2014, de três árvores adultas em cada local, sendo eles os municípios de Santa Helena (24°56'22"S, 54°20'31" O, altitude de 263 m), Entre Rios do Oeste (24°40'22"S, 54°16'51"O, altitude de 241 m) e Guaíra (24°04'39"S, 54°15'43"O, altitude de 234 m), em área de coleta de sementes da Itaipu Binacional, no oeste do estado do Paraná, Brasil. Foram monitoradas as condições climáticas para os três locais, a partir do florescimento até a colheita dos frutos (Figura 1). De posse dos dados de umidade relativa e temperatura do ar calculou-se o déficit de pressão de vapor (DPV) segundo metodologia proposta por Landsberg e Sands (2011).

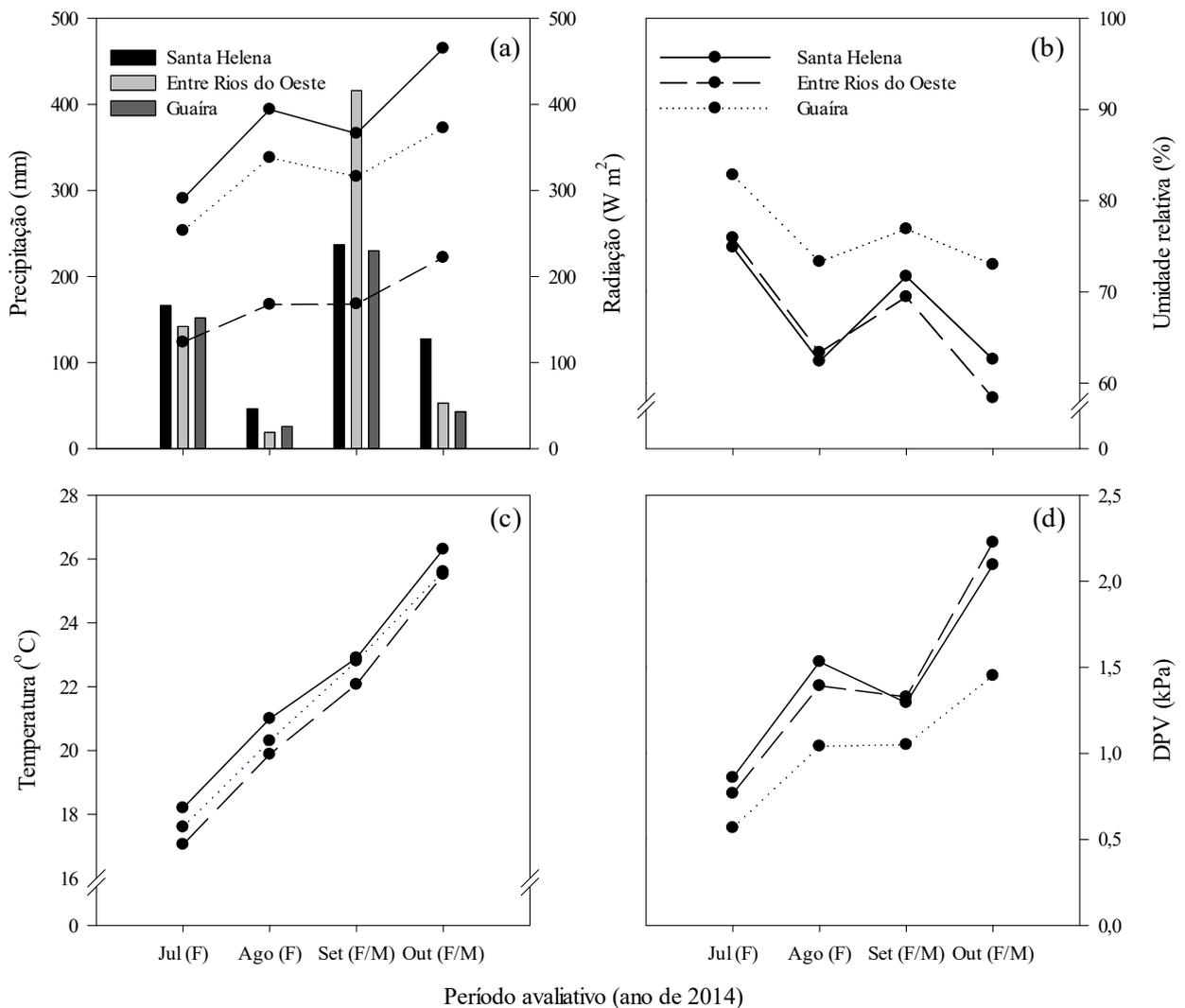


Figura 1. Precipitação acumulada e radiação solar média (a), médias mensais de umidade relativa do ar (b), de temperatura (c) e déficit de pressão de vapor (DPV) (d) durante o período de florescimento (F) e maturação dos frutos (M) de *A. edulis* nos municípios de Santa Helena, Entre Rios do Oeste e Guaíra, PR. Fonte: SIMEPAR (2015). Para Entre Rios do Oeste utilizou-se dados climáticos da estação meteorológica mais próxima do local de colheita das sementes (≈ 30 km).

Frutos colhidos diretamente das árvores foram classificados visualmente em cinco estádios de maturação, com base na coloração do epicarpo em: frutos verdes; frutos na transição do verde para amarelo; frutos amarelos; frutos laranja e frutos vermelhos (Tabela 1).

Após classificação visual, a cor do epicarpo foi descrita com base no “Munsell color charts for plant tissues” (Munsell, 1976) (Tabela 1) e posteriormente, quantificado pelo índice de reflectância dos espectros de cores vermelho, verde e azul, utilizando o analisador digital de cores modelo ACR-1023 (Instrutherm®). Os valores de reflectância (nm) foram mensurados a partir de 300 frutos, distribuídos uniformemente sobre duas placas de petri (100 x 15 mm), tomando-se cinco leituras por placa. Após as cinco leituras, as amostras foram misturadas e o mesmo procedimento repetido, totalizando 20 leituras por estágio de maturação e região de colheita.

Tabela 1. Coloração dos frutos de *A. edulis* em diferentes estádios de maturação, colhidos nos municípios de Santa Helena (1), Entre Rios do Oeste (2) e Guaíra (3), Paraná, Brasil, 2014.

Estádio de maturação dos frutos	Coloração do epicarpo			Carta de Munsell		
	1	2	3	1	2	3
Verde				2,5GY 6/6	5GY 5/8	2,5GY 6/6
Verde-amarelo				5Y 7/8	2,5GY 6/6	5Y 8/10
Amarelo				7,5YR 6/10	2,5Y 8/8	2,5Y 8/10
Laranja				10R 4/10	5YR 6/6	5YR 6/10
Vermelho				5R 3/6	5R 3/10	5R 3/10

Barras horizontais: 6,20 mm.

Posteriormente, as sementes foram extraídas manualmente dos frutos e, em seguida determinou-se o grau de umidade pelo método de secagem em estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 h (Brasil, 2009) em quatro repetições de 25 sementes, quantificando-se também a massa de matéria seca das sementes (mg por semente).

A avaliação da biometria das sementes (mm por semente) consistiu de mensurações de comprimento (mensurado na região perpendicular à micrópila) e diâmetro (mensurado na região mediana adjacente à micrópila) obtidas de quatro repetições de 25 sementes, com uso de paquímetro digital.

O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes por estágio de maturação e região de colheita, com semeadura em rolo de papel tipo germitest, umedecido com água destilada, cujo volume foi aquele que possibilitasse atingir 2,5 vezes a massa do papel. Em seguida, os rolos foram acondicionados em câmara de germinação do tipo BOD e mantidos a $25,0 \pm 2,0$ °C, com fotoperíodo de 12 h (Abreu et al., 2005). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas no 52º dia após a semeadura, momento em que não houve mais germinação. O critério de plântula normal para esta espécie foi a presença do epicótilo, hipocótilo e radícula desenvolvidos e protófilos expandidos, conforme Abreu et al. (2005).

Durante o teste de germinação, foram realizadas contagens diárias de plântulas normais para obtenção do índice de velocidade de germinação, conforme equação proposta por Maguire (1962) e do tempo médio de germinação, pela equação proposta por Laboriau (1983). Ao final do teste de germinação, foi mensurado o comprimento das plântulas normais (cm por plântula) a partir da extremidade inferior da raiz principal até a gema apical. As plântulas foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar a 80 °C, por 24 h (ISTA, 1995) e a massa seca de plântulas (mg por plântula) foi determinada segundo Nakagawa (1999).

O experimento seguiu o delineamento inteiramente ao acaso, compreendendo cinco estágios de maturação, com quatro repetições. Os locais de colheita foram analisados separadamente. Os dados foram verificados quanto à normalidade da distribuição dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Foi realizada a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Foram calculados os coeficientes de correlação simples (correlação de Pearson) entre os valores médios dos parâmetros físicos e fisiológicos das sementes e plântulas com os obtidos pela reflectância dos frutos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t ($P < 0,05$). Complementarmente, reuniram-se os locais de colheita e determinou-se o limite de controle inferior e superior para o monitoramento da média dos espectros de cores no estágio de maturação em que se obteve sementes com maturidade fisiológica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes oriundas de frutos verdes procedentes dos municípios de Santa Helena e Guaira possuíram menor comprimento e diâmetro. Para sementes procedentes da região de Entre Rios do Oeste, o menor diâmetro também foi evidenciado em frutos verdes, enquanto que o comprimento não diferiu até o estágio em que os frutos apresentaram cor amarela. Os valores máximos de comprimento foram alcançados para sementes extraídas de frutos com coloração laranja, coincidindo com o máximo acúmulo de matéria seca, igualmente para os diferentes locais de colheita (Tabela 2).

O diâmetro das sementes oscilou com o avanço dos estágios de maturação dos frutos, impossibilitando a previsão de um comportamento padrão para sementes colhidas em diferentes regiões. No local 1, o maior diâmetro foi obtido logo após os frutos atingirem a cor verde-amarela, enquanto que nos locais 2 e 3 foram obtidos em frutos com a cor vermelha e laranja, respectivamente (Tabela 2). Segundo Fenner e Thompson (2005) o tamanho das sementes é uma característica plástica, podendo alterar-se dentro de populações, plantas individuais, inflorescências e até mesmo dentro de frutos, por condições ambientais na maturação, fatores genéticos, taxa de polinização, disponibilidade de nutrientes, água, luz e posição do fruto na planta.

O acúmulo de matéria seca nas sementes foi crescente até o estágio em que os frutos apresentaram cor laranja (Tabela 2), não havendo acréscimos significativos em relação às sementes extraídas de frutos com cor vermelha. Contudo, o potencial fisiológico das sementes foi notoriamente superior em sementes extraídas de frutos vermelhos (Tabela 3), o que indica que a maturidade fisiológica das sementes é atingida posteriormente a estabilização da matéria seca. Portanto, para sementes de *A. edulis* associar o máximo acúmulo de matéria seca ao momento da coleta pode resultar na colheita de sementes com potencial fisiológico inferior.

O conteúdo de água das sementes diminuiu com o avanço da maturação dos frutos (Tabela 2). Observa-se, no entanto, que o teor de água das sementes provenientes dos locais 1 e 2 estabilizou-se no estágio em que os frutos alcançaram a cor laranja, enquanto que no local 3 continuou decaindo. Embora tenha ocorrido a redução gradativa do conteúdo de água, o valor encontrado em sementes de frutos vermelhos, que foi em média 37%, pode ser considerado alto em comparação ao observado por Wielewicz et al. (2006) e José et al. (2007) que obtiveram sementes com 28 e 26% de umidade, respectivamente.

Tabela 2. Comprimento (COMP), diâmetro (DIAM), massa de matéria seca (MMS) e grau de umidade (GU) de sementes de *A. edulis* colhidas em diferentes estádios de maturação dos frutos, nos municípios de Santa Helena (1), Entre Rios do Oeste (2) e Guaíra (3), Paraná, Brasil, 2014⁽¹⁾.

Local de colheita	Estádio de maturação dos frutos	COMP	DIAM	MMS	GU
		----- mm -----	-----	--- mg ---	--- % ---
1	Verde	4,70 c	4,18 b	9,21 d	56,2 a
	Verde-amarelo	4,95 b	4,45 a	15,23 c	49,6 b
	Amarelo	5,00 b	4,44 a	18,63 b	47,3 b
	Laranja	5,08 ab	4,56 a	27,11 a	36,6 c
	Vermelho	5,18 a	4,48 a	27,38 a	34,1 c
CV (%)		1,8	2,3	7,5	4,2
2	Verde	4,43 b	4,06 d	9,98 c	59,8 a
	Verde-amarelo	4,48 b	4,24 c	13,74 b	49,2 b
	Amarelo	4,55 b	4,12 d	14,50 b	47,1 b
	Laranja	5,02 a	4,42 b	18,66 a	37,9 c
	Vermelho	4,98 a	4,91 a	19,14 a	36,0 c
CV (%)		2,3	1,4	7,8	3,3
3	Verde	4,33 d	3,93 c	9,96 c	61,4 a
	Verde-amarelo	4,80 c	4,15 b	14,16 b	56,9 b
	Amarelo	5,05 b	4,37 a	14,42 b	52,0 c
	Laranja	5,18 ab	4,28 ab	17,38 a	44,8 d
	Vermelho	5,25 a	4,21 b	18,15 a	40,7 e
CV (%)		2,3	2,1	4,5	2,9

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

É sabido que semente e atmosfera são dois sistemas que se encontram em permanente troca de umidade ao final da maturação (Marcos Filho, 2015). Dito isso, nota-se que apesar do início da dispersão das sementes ter ocorrido no período mais chuvoso (setembro) (Figura 1a), a atmosfera foi mais seca nos locais 1 e 2, visto que o déficit de pressão de vapor no local 1 foi em média 42% maior em relação ao local 3, com diferença de apenas 3% em relação ao local 2 (Figura 1d). A menor quantidade de vapor de água na atmosfera provoca uma maior capacidade dessecante, o que justifica a perda mais rápida de umidade das sementes colhidas nos locais 1 e 2 (Tabela 2). A influência das condições climáticas e hídricas do ambiente sobre o grau de umidade das sementes também foram demonstradas por Martins et al. (2009) em sementes de *Euterpe edulis* Mart., reforçando a

hipótese que a perda de água durante a maturação é modulada pelas condições climáticas do ambiente.

Houve aumento gradativo da germinação ao longo da maturação com valores máximos de germinação obtidos em sementes extraídas de frutos vermelhos em todos os locais de colheita (local 1 = 65%; local 2 = 85%; local 3 = 68%). Por outro lado, a baixa germinação foi verificada em frutos colhidos em estádios iniciais de maturação, momento em que as sementes também possuíam o menor acúmulo de matéria seca (Tabela 2 e 3), o que corrobora com o observado em sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. em que a menor taxa germinativa foi originada de sementes com menor matéria seca e extraídas de frutos verdes (Herzog et al., 2012; Oro et al., 2012).

Estudos acerca da maturação em sementes da família Sapindaceae são escassos. Martins et al. (2011) estudando a maturação de *Sapindus saponaria* Mart, constataram a baixa germinação em sementes extraídas de frutos verdes, atribuindo esse comportamento a uma incompleta formação das sementes. Portanto, acredita-se que a baixa germinação de sementes de *A. edulis* obtidas de frutos verdes seja decorrente das sementes não estarem totalmente desenvolvidas, haja visto que a quantidade de reservas depositadas neste estágio foi a menor em comparação as fases posteriores, e assim possa ter representando um fator limitante para o desenvolvimento das plântulas.

O índice de velocidade, a exemplo da germinação, também aumentou ao longo da maturação dos frutos, sendo maior em sementes extraídas de frutos vermelhos (local 1 = 0,753; local 2 = 0,880 e local 3 = 0,037), enquanto o tempo médio, ao contrário, diminuiu (local 1 = 21,2; local 2 = 24,8 e local 3 = 27,63) (Tabela 3), indicando que as sementes obtidas de frutos vermelhos são as mais vigorosas. Comportamento semelhante foi observado por Oro et al. (2012) que ao estudarem a maturação de *Eugenia involucrata* DC. verificaram que as sementes oriundas de frutos de cor vermelho-claro germinaram com maior velocidade e, em menor tempo. Segundo Calil et al. (2005) estes resultados são relevantes durante o planejamento da produção de mudas nos viveiros, uma vez que em sementes com maturidade fisiológica a germinação ocorre em menor tempo, reduzindo o período de tempo de formação da muda.

Complementarmente, as sementes oriundas de frutos vermelhos nos locais 2 e 3 também produziram plântulas com maior massa de matéria seca e comprimento (local 2 = 11,3 e local 3 = 19,7). No local 1, plântulas com maior acúmulo de matéria seca foram obtidas a partir do estágio em que os frutos possuíam coloração laranja e com maior comprimento a partir de frutos amarelos (Tabela 3). Srimathi et al. (2013) observaram que o maior vigor de

sementes de *Pongamia pinnata* L., avaliados pelo comprimento de raízes e parte aérea, bem como a matéria seca de plântulas foi concomitante com a máxima germinação das sementes. Corroborando com o exposto, Lima et al. (2012) verificaram que o máximo conteúdo de matéria seca e comprimento de plântulas de *Poincianella pyramidalis* [(Tul.) L. P. Queiroz] coincidiu com o momento que as sementes também possuíam o maior índice de velocidade de germinação. Desse modo, sugere-se que a maior velocidade de germinação de sementes de *A. edulis* neste estágio possa ter favorecido o rápido estabelecimento das plântulas, promovendo assim as maiores taxas de crescimento em relação aos demais estádios.

Tabela 3. Porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), matéria seca de plântulas (MSP) e comprimento de plântulas (CP) de *A. edulis* colhidas em diferentes estádios de maturação dos frutos, nos municípios de Santa Helena (1), Entre Rios do Oeste (2) e Guaíra (3), Paraná, Brasil, 2014⁽¹⁾.

Local de colheita	Estádio de maturação dos frutos	G	IVG	TMG	MSP	CP
		%		dias	Mg	cm
1	Verde	4 e	0,002 e	37,0 a	7,19 c	5,0 c
	Verde-amarelo	18 d	0,145 d	32,8 b	8,17 c	7,3 b
	Amarelo	34 c	0,313 c	28,4 c	13,56 b	10,0 a
	Laranja	50 b	0,521 b	25,0 d	15,75 ab	10,7 a
	Vermelho	65 a	0,753 a	21,2 e	16,70 a	11,6 a
CV (%)		10,8	7,3	5,2	15,6	13,4
2	Verde	3 e	0,020 e	34,5 a	7,3 c	7,3 c
	Verde-amarelo	24 d	0,201 d	31,6 b	8,0 c	7,1 c
	Amarelo	34 c	0,319 c	27,9 c	9,6 b	8,9 ab
	Laranja	61 b	0,575 b	27,8 c	9,4 b	8,1 bc
	Vermelho	85 a	0,880 a	24,8 d	11,3 a	9,9 a
CV (%)		12,1	9,9	4,4	6,8	8,6
3	Verde	13 d	0,025 d	39,73 a	12,3 d	6,7 d
	Verde-amarelo	18 d	0,026 c	38,26 b	12,4 d	7,4 d
	Amarelo	25 c	0,026 c	38,30 b	14,3 c	9,2 c
	Laranja	60 b	0,032 b	31,72 c	16,8 b	10,9 b
	Vermelho	68 a	0,037 a	27,63 d	19,7 a	12,6 a
CV (%)		11,2	1,8	2,4	6,5	6,1

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Considerando o conjunto de atributos físicos e fisiológicos estudados nas sementes de *A. edulis*, verificou-se que a maturidade fisiológica foi alcançada em sementes obtidas de

frutos vermelhos, independentemente dos locais de colheita avaliados, quando estas já possuíam o máximo acúmulo de matéria seca e maior potencial fisiológico, com menor grau de umidade. Nesta ocasião, os frutos apresentavam sinais de abscisão natural, pelo enfraquecimento do pedúnculo, caracterizando o último estágio antes da dispersão.

Todavia, as propriedades da cor evidenciadas com uso do “Munsell color charts for plant tissues” revelaram que há variação na cor dos frutos entre os locais de colheita, especialmente no estágio em que as sementes apresentam maturidade, o que pode gerar dúvidas no momento da colheita, caso o parâmetro visual seja utilizado.

A variação foi mais pronunciada em frutos colhidos no local 1, que exibiram uma coloração vermelha mais intensa (Tabela 1). Segundo Jimenez-Garcia et al. (2013), a alteração da cor dos frutos durante a maturação está associada à degradação da clorofila e a biossíntese de antocianinas, que são uma classe de flavonoides sintetizadas a partir da via fenilpropanóide, responsáveis por conferir a coloração avermelhada, azulada e tons arroxeados nos frutos.

A via fenilpropanóide responde a vários estímulos ambientais, como temperatura, fotoperíodo (Uleberg et al., 2012), fertilidade do solo (Lillo et al., 2008) e, em particular, a luz, sendo este o fator que mais contribui para o acúmulo de flavonoides em frutos (Zoratti et al., 2014). A radiação incidente nos locais 2 e 3 foi em média 55 e 16% menor que no local 1 (Figura 1a). Logo, a maior incidência de radiação verificada no local 1 em relação aos demais locais, pode ter contribuído para o aumento da concentração de antocianinas no epicarpo, justificando a coloração mais intensa destes frutos no último estágio de maturação. Adicionalmente, a menor radiação observada no local 2, justifica a coloração mais clara dos frutos no último estágio de maturação, conforme evidenciado nos valores do espectro vermelho e verde do analisador de cores (Tabela 4).

Observa-se pela colorimetria digital que os valores de reflectância em espectro verde permitiram a melhor diferenciação dos estágios de maturação dos frutos em comparação com os valores de reflectância em espectro vermelho e azul. Isto porque os valores obtidos no espectro vermelho não permitiram segregar frutos verdes do vermelho para o local 2, o mesmo ocorrendo para o espectro do azul, que não diferenciou frutos laranja do vermelho nos locais 1 e 2 (Tabela 4).

O colorímetro mede a reflectância, ou seja, a capacidade de um objeto de refletir a energia radiante, atribuindo a esta variável valores numéricos (Steffen, 2016). Nota-se que os valores médios encontrados no estágio em que as sementes atingiram a maturidade, sob espectro de cores verde são distintos entre os locais, impossibilitando a indicação de um único

valor médio para colheita de sementes maduras. Assim, por meio do gráfico de controle foi possível estabelecer limites de controle para os diferentes espectros de cores do colorímetro digital em frutos *A. edulis* colhidos com coloração vermelha (Figura 2). Para o espectro vermelho (Figura 2a) o intervalo variou de 96,1 a 139,80 nm, para o verde (Figura 2b) de 28,0 a 49,2 nm e para o azul (Figura 2c) de 23,7 a 36,8 nm. Porém, para a colheita de sementes de *A. edulis* com maturidade fisiológica, recomenda-se o uso dos valores de reflectância entre 28,0 a 49,2 nm, do espectro de cores verde para a região oeste do Paraná. O emprego dos demais espectros de cores poderá haver mistura dos estádios de maturação, com colheita de sementes imaturas e qualidade inferior.

Tabela 4. Valores médios de reflectância dos frutos de *A. edulis* colhidos em diferentes estádios de maturação, sob espectro de cores vermelho (R), verde (G) e azul (B), nos municípios de Santa Helena (1), Entre Rios do Oeste (2) e Guaíra (3), Paraná, Brasil, 2014⁽¹⁾.

Local de colheita	Estádio de maturação dos frutos	R	G	B
		----- nm -----		
1	Verde	167,75 c	137,15 b	53,05 b
	Verde-amarelo	263,10 b	189,20 a	70,95 a
	Amarelo	306,65 a	187,95 a	65,65 a
	Laranja	164,35 c	59,30 c	33,40 c
	Vermelho	98,25 d	33,30 d	28,65 c
CV (%)		10,4	11,0	10,9
2	Verde	111,53 c	97,93 b	43,80 b
	Verde-amarelo	213,75 b	169,25 a	69,55 a
	Amarelo	305,95 a	173,15 a	72,70 a
	Laranja	229,15 b	91,85 b	41,70 b
	Vermelho	137,80 c	48,00 c	33,30 b
CV (%)		13,0	12,7	13,6
3	Verde	242,60 d	186,40 b	73,10 b
	Verde-amarelo	346,55 b	238,35 a	92,30 a
	Amarelo	382,95 a	230,30 a	84,50 a
	Laranja	283,20 c	109,70 c	48,00 c
	Vermelho	111,05 e	36,05 d	28,70 d
CV (%)		5,8	7,3	9,0

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

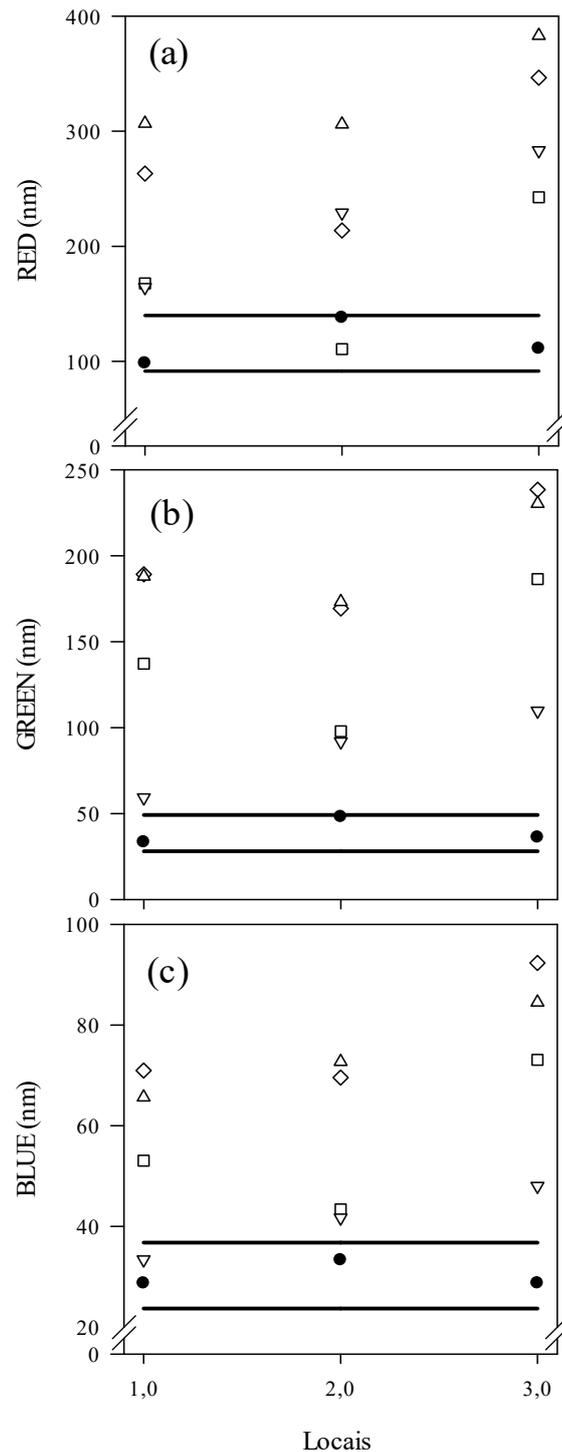


Figura 2. Gráfico de controle Xbarra para o monitoramento da média do espectro de cores vermelho (a), verde (b) e azul (c) no estágio vermelho dos frutos de *A. edulis* em função dos locais e estádios de maturação. Santa Helena (local 1), Entre Rios do Oeste (local 2) e Guaíra (local 3) (□) fruto verde; (◇) fruto verde-amarelo; (△) fruto amarelo; (▽) fruto laranja (●) fruto vermelho.

Complementarmente, constatou-se ausência de correlação significativa entre os parâmetros físicos e fisiológicos quantificados nas sementes com os valores de refletância na cor vermelha, o que sustenta que estes parâmetros não estão diretamente associados com a cor do fruto (Tabela 5). Também não foi evidenciada correlação significativa entre comprimento

e diâmetro da semente e matéria seca de plântulas com os valores de refletância na cor verde e azul, sugerindo que a plasticidade das características morfométricas das sementes são moldadas pelo ambiente e não pelo estágio de desenvolvimento dos frutos.

Tabela 5. Coeficiente de correlação simples entre os parâmetros quantificados nas sementes com os valores de refletância na cor vermelha, verde e azul do espectro visível mensurado no epicarpo dos frutos de *A. edulis* em diferentes estádios de maturação e locais de colheita.

Parâmetros	Vermelho	Verde	Azul
Comprimento	-0,06	-0,43	-0,45
Diâmetro	-0,19	-0,42	-0,43
Massa de matéria seca	-0,29	-0,58*	-0,56*
Grau de umidade	0,37	0,72**	0,69**
Plântulas normais	-0,33	-0,71**	-0,66**
Índice de velocidade de germinação	-0,38	-0,57*	-0,54*
Tempo médio de germinação	0,51	0,75**	0,72**
Matéria seca de plântulas	-0,06	-0,36	-0,34
Comprimento de plântulas	-0,22	-0,57*	-0,54*

*** Significativo a 5 e a 1% pelo teste t. (n=15).

Os demais parâmetros avaliados correlacionaram-se significativamente com cor a do fruto, ao passo que para o grau de umidade e tempo médio de germinação a correlação foi positiva e, para a massa de matéria seca, plântulas normais, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântulas a correlação foi negativa. Portanto, estas características provavelmente estão relacionadas com o estágio de desenvolvimento dos frutos (Tabela 5).

Ressalta-se que os coeficientes de correlação foram maiores na cor verde em comparação com a azul (Tabela 5), demonstrando que o espectro de cores verde possibilita maior precisão no momento da colheita, corroborando com os resultados expostos por meio do gráfico de controle (Figura 2). Portanto, o intervalo entre 28,0 - 49,2 nm do espectro de cores verde de um colorímetro digital de 10 bits pode ser utilizado com segurança para quantificar a cor do fruto, sendo uma alternativa menos subjetiva que a análise visual da cor, além de ser passível de reprodução e de automação, permitindo a obtenção de sementes de *A. edulis* com maturidade.

Corroborando com o exposto, a colorimetria digital também foi eficiente para segregar os estádios de maturação dos frutos e discriminar a maturidade fisiológica em sementes de *Jatropha curcas* L. (Dranski et al., 2010) e *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*

Degener (Battistus et al., 2014), demonstrando a aplicabilidade deste método e o seu emprego promissor para balizar a época de colheita de sementes maduras para outras espécies vegetais.

4 CONCLUSÕES

Sementes de *A. edulis* na maturidade fisiológica devem ser colhidas de frutos com a cor do epicarpo predominantemente vermelho, independentemente da localização das árvores matrizes na região oeste do Paraná.

Valores de reflectância entre 28,0 - 49,2 nm do espectro de cores verde de um colorímetro digital de 10 bits podem ser utilizados como indicador para a colheita de sementes na maturidade fisiológica em matrizes localizadas na região oeste do Paraná.

5 AGRADecIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Fundação Araucária - Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudos.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, D.C.A.; KUNIYOSHI, Y.S.; NOGUEIRA, A.C.; MEDEIROS, A.C.S. Caracterização morfológica de frutos, sementes e germinação de *Allophylus edulis* (St.-Hil.) Radlk. (Sapindaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, v.27, n.2, p.59-66, 2005. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222005000200009&script=sci_arttext

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; VAN WELZEN, P.C.; ADEMA, F.; VAN DER HAM, R.W.J.M. Sapindaceae. In: KUBITZKI, K. (Ed). *The Families and Genera of Vascular Plants - Flowering Plants. Eudicots: Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae*. Berlin: Springer, 2011, p.357-407.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395p. http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf

BATTISTUS, A.G.; FUCHS, F.; SOUSA, R.F.B.; MALAVASI, M.M.; DRANSKI, J.A.L.; RAMPIM, L.; BULEGON, L.G.; GUIMARAES, V.F.; MIORANZA, T.M.; MÜLLER, M.A.; LIMA, P.R. Physiological maturity of seeds and colorimetry of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). *African Journal of Agricultural Research*, v.9, n.40, pp.3018-3024, 2014. <http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/181753447787>

CALIL, A.C.; LEONHARDT, C.; BUSNELLO, A.C.; BUENO, O.L. Época de coleta de sementes de *Maytenus dasyclada* Mart. - Celastraceae no Jardim Botânico de Porto Alegre, RS, Brasil. *IHERINGIA, Série Botânica*, v.60, n.1, p.11-16, 2005. http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20140328135946ih60p11_16.pdf

CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W.A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de floresta ombrófila mista em Guarapuava, PR. *Revista Árvore*, v.31, n.3, p.545-554, 2007. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622007000300020

CORDEIRO, M.W.S.; CAVALLIERI, A.L.F.; FERRI, P.H.; NAVES, M.M.V. Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, n.4, p.1127-1139, 2013. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452013000400024

DRANSKI, J.A.L.; PINTO JÚNIOR, A.S.; STEINER, F.; ZOZ, T.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M.; GUIMARÃES, V.F. Physiological maturity of seeds and colorimetry of fruits of *Jatropha curcas* L. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.4, p.158-165, 2010. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222010000400018

DUARTE, A.R.; SANTOS, S.C.; SERAPHIN, J.C.; FERRI, P.H. Influence of spatial, edaphic and genetic factors on phenols and essential oils of *Myrciaria cauliflora* fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v.23, n.4, p.737-746, 2012. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532012000400020&script=sci_abstract

FENNER, M.; THOMPSON, K. *The ecology of seeds*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 250p.

GRIS, D.; TEMPONI, L.G.; MARCON, T.R. Native species indicated for degraded area recovery in western Paraná, Brazil. *Revista Árvore*, v.36, n.1, p.113-125, 2012. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622012000100013

HACK, C.; LONGHI, S.J.; BOLIGON, A.A.; MURARI, A.B.; PAULESKI, D.T. Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional decidual no município de Jaguari, RS. *Ciência Rural*, v.35, n.5, p.1083-1091, 2005. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000500015

HERZOG, N.F.M.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Morfometria dos frutos e germinação de sementes de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, n.4, p.1359-1366, 2012. <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/7429>

ISTA - International Seed Testing Association. *Handbook of vigor tests methods*. 3. ed. Zürich: ISTA, 1995. 117 p.

JIMENEZ-GARCIA, S.N.; GUEVARA-GONZALEZA, R.G.; MIRANDA-LOPEZB, R.; FERREGRINO-PEREZC, A.A.; TORRES-PACHECOA, I.; VAZQUEZ-CRUZ, M.A. Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: biochemistry, biotechnology, and genomics. *Food Research International*, v.54, n.1, p.1195-1207, 2013. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996912004735>

JOSÉ, A.C.; SILVA, E.A.; DAVIDE, A.C. Classificação fisiológica de sementes de cinco espécies arbóreas de mata ciliar quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v.29, n.2, p.171-178, 2007. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222007000200023&script=sci_arttext

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

LANDSBERG, J.J.; SANDS, P. *Physiological ecology of forest production: principles, processes and models*. New York: Academic Press, 2011. 352 p.

LILLO, C.; LEA, U.S.; RUOFF, P. Nutrient depletion as a key factor for manipulating gene expression and product formation in different branches of the flavonoid pathway. *Plant, Cell & Environment*, v.31, n.5, p.587-601, 2008. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2007.01748.x/abstract>

LIMA, C.R.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, K.R.G; PACHECO, M.V.; ALVES, E.U.; ANDRADE, A.P. Physiological maturity of fruits and seeds of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz. *Revista Brasileira de Sementes*, v.34, n.2, p.231-240, 2012. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222012000200007

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; GUERRA, N.B. Correlação entre o teor de antocianinas e caracterização cromática de polpas de diferentes genótipos de aceloreira. *Brasilian Journal of Food*, v.10, n.1, p.51-55, 2007. <http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/bjft/2007/p06272.pdf>

LOPES, I.S.; NÓBREGA, A.M.F.; MATOS, V.P. Maturação e colheita da semente de *Amburana cearensis* (Allem.) A.C. Smith. *Ciência Florestal*, v.24, n.3, p.565-572, 2014. <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/4190>

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.2, p.176-177, 1962. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/2/2/CS0020020176>

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 560p.

MARTINS, C.C.; BOVI, M.L.A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C.G. Secagem e armazenamento de sementes de juçara. *Revista Árvore*, v.33, n.4, 635-642, 2009. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622009000400006

MARTINS, C.C.; ZUCARELI, C.; COIMBRA, R.A. Procedimentos de colheita dos frutos na qualidade fisiológica de sementes de *Sapindus saponaria* Mart. *Semina: Ciências Agrárias*, v.32, suplemento 1, p.1825-1830, 2011. <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/5656>

MUNSELL, A.H. *Munsell book of color*. Baltimore: Macbeth Vivision of Kollmorgen, 1976. 23 p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.2, p.1-24.

ORO, P.; SCHULZ, D.G.; VOLKWEIS, C.R.; BANDEIRA, K.B.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Maturação fisiológica de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Eugenia involucrata* DC. *Biotemas*, v.25, n.3, p.11-18, 2012. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2012v25n3p11/22796>

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. *Sementes florestais tropicais*. Brasília: Abrates, 1993. p. 215-274.

SAVVA, Y.; KOUBAA, A.; TREMBLAY, F.; BERGERON, Y. Effects of radial growth, tree age, climate, and seed origin on wood density of diverse jack pine populations. *Trees - Structure and Function*, v.24, n.1, p.53-65, 2010. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00468-009-0378-0>

SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná. Dados meteorológicos de Marechal Cândido Rondon - ano 2014. Curitiba: Simepar, 2015. <http://www.simepar.br/site2/faleconosco>. Acesso em: 17 nov. 2015.

SOMNER, G.V.; FERRUCCI, M.S.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; PERDIZ, R.O.; COELHO, R.L.G.; MEDEIROS, H. Sapindaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB216> Acesso em: 09 ago. 2015.

SRIMATHI, P.; MARIAPPAN N.; SUNDARAMOORTHY, L.; SUDHAKAR, K. Studies on floral phenology, fruit and seed maturation and harvest index based on fruit colour in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. *African Journal of Plant Science*, v.7, n.11, p.513-520, 2013. http://www.academicjournals.org/articles/j_articles/AJPS

STEFFEN, C.A. Introdução ao sensoriamento remoto. <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm> Acesso em: 22 fev. 2016.

ULEBERG, E.; ROHLOFF, J.; JAAKOLA, L.; TROST, K.; JUNTILA, O.; HAGGMAN, H.; MARTINUSSEN, I. Effects of temperature and photoperiod on yield and chemical composition of northern and southern clones of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.60, n.42, p.10406-10414, 2012. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf302924m>

WIELEWICKI, A.P.; LEONHARDT, C.; SCHLINDWEIN, G.; MEDEIROS, A.C.S. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na Região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*, v.28, n.3, p.191-197, 2006. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222006000300027&script=sci_abstract&tlng=pt

ZORATTI, L.; KARPPINEN, K.; LUENGO ESCOBAR, A.; HÄGGMAN, H.; JAAKOLA, L. Light-controlled flavonoid biosynthesis in fruits. *Frontiers in Plant Science*, v.5, n.535, p.1-16, 2014. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4191440/>

ARTIGO II - RESPOSTA À DESSECAÇÃO E LONGEVIDADE DE SEMENTES DE *Allophylus edulis* [(A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) HIERON. EX NIEDERL.]²

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a resposta fisiológica das sementes de *A. edulis* à dessecação e a longevidade em condições *ex situ*. A colheita dos frutos ocorreu em matrizes localizadas em Guaira, Paraná, Brasil. As variáveis quantificadas nas sementes recém-colhidas compreenderam a determinação do teor de água (TA), massa seca (MS), razão entre a semente e seu tegumento (SCR) e a probabilidade de sensibilidade ao dessecamento (P_{SD}). Sementes com teor de água de 30% foram secas até atingirem 23%, 15%, 10% e 5%. Em seguida, quatro subamostras foram submetidas à germinação. Na mesma ocasião subamostras com teores de água de 30%, 10% e 5% foram armazenadas por 180, 270 e 365 dias para avaliação da longevidade. Sementes de *A. edulis* recém-colhidas possuíam inicialmente o TA de 30,42%, MS de 24,99 mg, SCR de 0,27 e P_{SD} de 7%. A germinabilidade (85,5%), o tempo médio de germinação (24,65 dias), a massa seca (8,16 mg) e o comprimento de plântulas (11,7 cm) permaneceram inalterados após à secagem a 5% de umidade. A velocidade de germinação foi maior em sementes com teores de água de 10% e 5% (0,81), em comparação as sementes que não foram secas (0,72). A perda de 50% da germinabilidade ocorreu após 116 dias para sementes armazenadas com 30% de umidade e após 232 dias para sementes com teores de água de 10% e 5%. Sementes armazenadas com 5% de umidade apresentaram menor perda em velocidade de germinação e maior crescimento de plântulas com relação aos demais teores de água. Ao final do armazenamento houve um aumento de 15% no tempo médio de germinação, uma redução de 13% na massa seca e 9% no comprimento de plântulas. Sementes de *A. edulis* são tolerantes à dessecação até a remoção de 82% do conteúdo de água celular (TA 5%), porém, possuem curta longevidade nas condições de armazenagem utilizadas, perdendo 50% da capacidade germinativa após 232 dias.

Palavras-chave: Tolerância à desidratação; Armazenamento; Secagem; Teor de água.

² Manuscrito em preparação para submissão no periódico South African Journal of Botany. ISSN 0254-6299. Periódico classificado como qualis B1 pela Capes. Fator de impacto = 1,244.

**RESPONSE TO DESICCATION AND LONGEVITY OF SEED OF *Allophylus edulis*
[(A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) HIERON. EX NIEDERL.]**

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the physiological response of the seeds of *A. edulis* desiccation and longevity in ex situ conditions. The fruit harvest occurred in headquarters located in Guaíra, Parana, Brazil. The variables quantified in the freshly harvested seeds comprised the determination of water content (WC), dry matter (DM), seed coat ratio (SCR) and the probability of desiccation sensitivity (P_{SD}). Seeds with 30% water content were dried until they reached 23%, 15%, 10% and 5%. Then four sub-samples were submitted to germination. At the same time subsamples with water content 30%, 10% and 5% were stored for 180, 270 and 365 days to evaluate the longevity. *A. edulis* freshly harvested seeds had initially the WC 30.42%, DM 24.99 mg, SCR 0.27 and P_{SD} 7%. The germination (85.5%), the average time (24.65 days), dry mass (8.16 mg) and the length of seedlings (11.7 cm) remained unchanged after drying to 5% moisture. The germination rate was higher in seeds with water contents of 10% and 5% (0.81) compared seeds that were not dried (0.72). The loss of 50% of germination occurred after 116 days for seeds stored with 30% moisture and after 232 days for seeds with water content of 10% and 5%. Seeds stored with 5% moisture had lower loss in germination rate and high seedling growth in relation to other water contents. At the end of storage there was a 15% increase in the average germination time, a reduction of 13% dry matter and 9% in the length of seedlings. *A. edulis* seed is desiccation tolerant to the removal of 82% of cellular water content (WC 5%), however, have short longevity in storage conditions used, losing 50% of 232 days after germination.

Keywords: Tolerance to dehydration; Storage; Drying; Water content.

1 INTRODUÇÃO

A massiva conversão de florestas primárias para os mais diversos usos da terra e, a consequente, fragmentação e perda da cobertura florestal, ainda são realidades alarmantes nos dias atuais (FAO, 2016). Frente a essa problemática, governos no mundo todo vêm sendo pressionados a tomarem medidas emergenciais de restauração para aumentar áreas de florestas nativas já existentes e, assim conter a perda da biodiversidade (Aronson e Alexander, 2013; CBD, 2012; Jardim et al., 2014; Suding et al., 2015).

Em termos de extensão, o Brasil detém a segunda maior área de florestas no mundo (493,538 Mha), ficando atrás somente da Rússia (814,931 Mha) (FAO, 2015). Neste cenário, a Mata Atlântica é a segunda maior floresta tropical, abrigando cerca de 20 mil espécies de plantas vasculares das quais 40% são endêmicas (Ribeiro et al., 2011). Contudo, atualmente está confinada à apenas 12,5% da sua extensão original no Brasil, à qual encontra-se em um avançado nível de fragmentação (Ribeiro et al., 2009; SOS Mata Atlântica, 2015), colocando o bioma entre os quatro *hotspots* com prioridade para a conservação da biodiversidade (Myers et al., 2000).

Na família Sapindaceae, que é significativamente representada neste bioma, existem várias espécies com potencial de uso em projetos de restauração ambiental, incluindo *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.] (Stehmann et al., 2009). Entre seus congêneres *A. edulis* é a espécie com maior distribuição geográfica na América do Sul e a principal representante nas florestas Estacionais Semidecíduais nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, além de ocorrer naturalmente em todo domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (Coelho, 2014; Ramos et al., 2015; Somner et al., 2016).

A. edulis trata-se de uma espécie nativa, de hábito arbustivo a arbóreo, que produz frutos adocicados e de consistência carnosa que são atrativos à avifauna local. Classificada na sucessão vegetal como uma espécie pioneira à secundária inicial, habita sobretudo, o estrato médio e inferior da floresta, sendo comumente encontrada próximo a locais úmidos e corpos d'água (Carvalho, 2006; Lorenzi, 1992). No estado do Paraná, *A. edulis* compõe principalmente as florestas Estacional Semidecidual e Ombrófila Mista (Cordeiro et al., 2013; Gris et al., 2012; Isernhagen, 2001; Silva-Weber et al., 2012).

Em levantamentos fitossociológicos realizados no estado, *A. edulis* destacou-se como a espécie mais representativa em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana (VI = 30,52%) (Rondon Neto et al., 2002) e, em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial (VI = 56,72%) (Barddal et al., 2004). Além disso, foi apontada como a principal

companheira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) na Floresta Ombrófila Mista (Cordeiro et al., 2013), o que justifica o seu emprego na recomposição ambiental destas formações florestais.

As atuais diretrizes para projetos de restauração florestal em áreas de ocorrência das formações de Floresta Ombrófila e Estacional Semidecidual da Mata Atlântica brasileira estabelecem o emprego de, no mínimo, 80 espécies florestais nativas por hectare (São Paulo, 2007). Estas devem contemplar os diferentes grupos funcionais na sucessão vegetal e ser provenientes de sementes e/ou mudas com alta qualidade, a fim de garantir o estabelecimento a campo (Brancaion et al., 2010; Silva et al., 2015).

Contudo, apesar do volume expressivo de informações já geradas sobre as espécies nativas tropicais, muitos aspectos da biologia e da tecnologia de sementes de algumas espécies ainda não foram estudados, devido, sobretudo, ao baixo apelo econômico das mesmas (Flores et al., 2011; Sarmento e Villela, 2010), o que tem implicado no emprego de um menor número de espécies nas ações de restauração, não garantindo a autoperpetuação das áreas reflorestadas (Ribeiro-Oliveira e Ranal, 2014).

Além da conservação *in-situ* através da manutenção ou replantio de mudas de espécies nativas, a conservação *ex-situ* de sementes é uma necessidade para atender a demanda contínua de sementes e mudas em programas de restauração, podendo ainda, atuar como uma valiosa ferramenta em prol da conservação da biodiversidade, através de bancos de germoplasma (Pritchard et al., 2004). Desse modo, identificar o comportamento de sementes sob condições de armazenamento é um componente importante do desenvolvimento de estratégias para a conservação de uma espécie, possibilitando o adequado fornecimento do material propagativo para projetos de restauração ambiental (Lima et al., 2014; Silva e Ferraz, 2015).

De forma abrangente, a longevidade das sementes no armazenamento pode ser dividida em dois grandes grupos. Via de regra, as sementes tolerantes à dessecação, ou “ortodoxas”, são aquelas que podem ser secas a baixos teores de água quando maduras (<10% em base úmida), sem que ocorram injúrias letais após a embebição, o que sob esta condição reflete em um prolongamento da longevidade em comparação a uma condição úmida. Em contraste, as sementes sensíveis à dessecação, ou também denominadas “recalcitrantes”, são altamente suscetíveis a lesões por dessecação e, portanto, não sobrevivem quando desidratadas abaixo de um teor de água crítico. Por conta disso, possuem curta longevidade, impossibilitando o armazenado em longo prazo (Pammenter e Berjak, 2000a; Roberts, 1973; Silva e Ferraz, 2015).

Diversos estudos relacionados ao comportamento de sementes nativas durante a dessecação e o armazenamento vêm sendo desenvolvidos, o que possibilita o manejo adequado das sementes (Gomes et al., 2013). No entanto, ainda não está claramente elucidada a resposta das sementes de *A. edulis* à dessecação e a longevidade no armazenamento, uma vez que já foi reportado tanto o comportamento recalcitrante (José et al., 2007) quanto ortodoxo para a espécie (Wielewicki et al., 2006).

Desse modo, as sementes de *A. edulis* foram utilizadas como modelo experimental para testar a hipótese de que as sementes respondem de maneiras distintas à perda de água celular. Em adição, testou-se a premissa de que o teor de água das sementes de *A. edulis* no momento do armazenamento exerce influência sobre a longevidade das sementes.

O presente estudo objetivou avaliar a resposta de sementes de *A. edulis* à dessecação e a longevidade das mesmas sob armazenamento em embalagem permeável e ambiente controlado ($20,1 \pm 1,1$ °C e $39,1 \pm 5,6\%$ UR).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Sementes maduras de *Allophylus edulis* foram obtidas de frutos colhidos de sete árvores adultas (outubro/2014), quando possuíam a coloração do epicarpo predominantemente vermelha (Kaiser et al., 2016). O local situa-se em uma área de coleta de sementes da Itaipu Binacional, em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual de submontanha (ITCG, 2016), em Guaíra, Paraná, Brasil, localizado aos 24° 04' 39" S, 54° 15' 43" O e 234 m de altitude. Foram monitoradas as condições climáticas a partir da época de florescimento das árvores até a colheita dos frutos (Fig. 1). De posse dos dados de umidade relativa e temperatura do ar calculou-se o déficit de pressão de vapor (DPV) segundo metodologia proposta por Landsberg e Sands (2011) (Fig. 1).

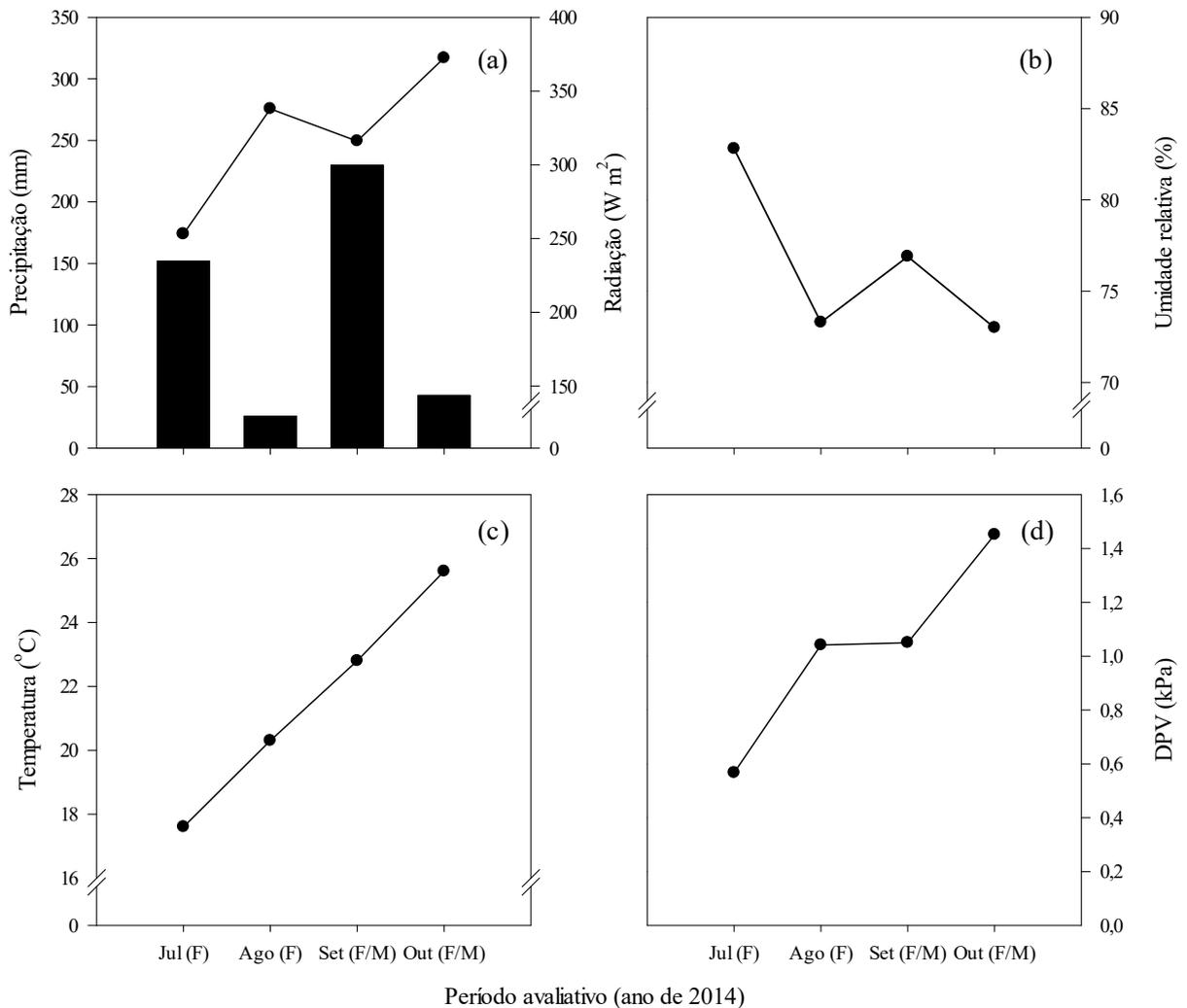


Fig. 1. Precipitação pluvial acumulada e radiação solar média (a), médias mensais de umidade relativa do ar (b), de temperatura (c) e déficit de pressão de vapor (DPV) (d) durante o período de florescimento (F) e maturação dos frutos (M) de *A. edulis* em Guaíra, PR. Fonte: SIMEPAR (2015).

Depois de colhidos, os frutos foram transportados para o laboratório onde no mesmo dia, procedeu-se o beneficiamento mediante a remoção do pericarpo por fricção em peneira sob água corrente. O excesso de umidade das sementes foi retirado com papel toalha.

Para estabelecer os níveis de umidade que iriam compor a curva de dessecamento, determinou-se o teor de água (TA) das sementes recém-colhidas. Este foi determinado em base úmida (bu) pelo método de secagem em estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 h (Brasil, 2009), utilizando quatro repetições de 100 sementes, sendo o resultado expresso em porcentagem.

2.1 EFEITO IMEDIATO DA SECAGEM SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

Para a avaliação do efeito imediato da secagem, o experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, compreendendo cinco níveis de umidade em base úmida (30%, 23%, 15%, 10% e 5%), com quatro repetições cada.

A redução do conteúdo de água sementes foi realizado em dessecador de vidro contendo um quilo de sílica gel ($25,0 \pm 2,0$ °C e 10% de UR ar). As sementes que seriam utilizadas nos testes de germinação sob os diferentes teores de água desejados foram dispostas acima da placa de porcelana do dessecador dentro de sacos de papel individualizados, contendo 300 sementes cada.

A troca da sílica gel foi realizada antes de ocorrer a total mudança na coloração do seu indicador de umidade (\approx a cada 36 h). Para chegar aos teores de água desejados, foram realizadas pesagens periódicas (\approx a cada 8 h), a partir de quatro amostras de 100 sementes recém-colhidas com teor água previamente conhecido (30% - tratamento sem dessecação). Estes valores foram utilizados para quantificar a perda de umidade das amostras, a partir das Equações 1 e 2.

$$U_p = \frac{(M_i - M_f) \times 100}{M_i} \quad \text{(Equação 1)}$$

$$TA_r = TA_i - U_p \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que: U_p = umidade perdida pela amostra (% bu), M_i = massa inicial da amostra (g), M_f = massa final da amostra (g), TA_r = teor de água real da amostra (% bu), TA_i = teor de água inicial da amostra (% bu).

Quando as sementes atingiram os teores de água desejados, quatro subamostras de 50 sementes foram removidas a partir da amostra principal e submetidas ao teste de germinação e outra subamostra de 2.700 sementes foi retirada e armazenada para posterior avaliação da longevidade e para o monitoramento do conteúdo de água durante o armazenamento.

O teste de germinação foi conduzido em germinador tipo BOD, regulado na temperatura de 25 ± 3 °C e fotoperíodo de 12 h (Abreu et al., 2005), em substrato de rolo de papel tipo germitest, umedecido com água destilada, cujo volume foi aquele que possibilitasse atingir 2,5 vezes a massa do papel. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais (%G) obtidas no 40º dia após a semeadura, momento em que não houve mais germinação. O critério de plântula normal para esta espécie foi a presença do epicótilo, hipocótilo e radícula desenvolvidos e protófilos expandidos (Abreu et al., 2005).

Paralelamente ao teste de germinação, foram realizadas contagens diárias de plântulas normais a fim de obter o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG). O IVG foi calculado conforme Equação 3 (Maguire, 1962) e o TMG pela Equação 4 (Laboriau, 1983).

$$IVG = \sum (ni / ti) \quad \text{(Equação 3)}$$

$$TMG = (\sum niti) / \sum ni \quad \text{(Equação 4)}$$

Em que: ni = número de sementes que germinaram no tempo 'i'; ti = tempo após instalação do teste; $i = 1 \rightarrow 40$ dias. Unidade: IVG (adimensional); TMG (dias).

Ao final do teste de germinação, foi mensurado o comprimento das plântulas normais a partir da extremidade inferior da raiz principal até a gema apical, sendo os resultados expressos em cm por plântula. Após a mensuração do comprimento, os cotilédones das plântulas foram removidos e estas foram submetidas a secagem em estufa de circulação de ar a 80 °C, por 24 h (ISTA, 1995) para determinação da massa seca de plântulas, sendo os resultados expressos em mg por plântula.

2.2 PREDIÇÃO DA TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO

A avaliação da resposta indireta das sementes à dessecação constou da determinação do teor de água (%), da massa seca (mg), da razão entre a semente e seu tegumento (SCR) e da probabilidade de tolerância ao dessecamento (P_{SD}).

A razão entre a semente e o tegumento (*Seed Coat Ratio*) foi determinada individualmente em 50 sementes, previamente secas sob papel filtro em ambiente de laboratório, separando-se com auxílio de bisturi o tegumento do eixo embrionário e cotilédones (semente) (Daws et al., 2006b). Ambas as partes, foram acomodadas em papel alumínio e mantidas em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$, por 24 h. Posteriormente, a massa seca de cada parte dessecada foi determinada em uma balança de precisão (0,0001 g). Para o cálculo da proporção da massa seca do tegumento e da semente foi utilizada a Equação 5.

$$SCR = \frac{\text{massa seca do tegumento}}{\text{massa seca total (semente + tegumento)}} \quad (\text{Equação 5})$$

A probabilidade de sensibilidade ao dessecamento (P_{SD}), baseada na massa seca total da semente e na razão SCR (SCR-SM) foi calculada de acordo com a Equação 6, proposta por Daws et al. (2006b).

$$P_{(SD)} = \frac{e^{3,269-9,974a+2,156b}}{1+e^{3,269-9,974a+2,156b}} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que: (a) SCR; (b) massa seca total (g).

A resposta ao dessecamento foi interpretada da seguinte forma: se $P > 0,5$ as sementes são mais suscetíveis de serem sensíveis à dessecação do que tolerantes; se $P < 0,5$ as sementes são mais suscetíveis de serem tolerantes à dessecação do que sensíveis e se $P = 0,5$ as sementes possuem a mesma probabilidade de serem sensíveis como tolerantes à dessecação (Daws et al., 2006b).

2.3 LONGEVIDADE DAS SEMENTES

Para avaliação da longevidade das sementes, seguiu-se o delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema de parcelas subdivididas no tempo,

tendo como primeiro fator os níveis de umidade (30%; 10% e 5%), e, como segundo fator, os períodos de armazenamento (zero, 180, 270 e 365 dias), em quatro repetições.

Com exceção do teor de água de 30%, que foi utilizado como parâmetro de referência (sementes não submetidas ao dessecamento), os demais níveis de umidade foram escolhidos com base na faixa segura recomendada para o armazenamento das sementes recalcitrantes ou ortodoxas em longo prazo (Hong et al., 1996; Silva e Ferraz, 2015).

As sementes de cada tratamento foram acondicionadas dentro de sacos de papel *kraft* trifoliados e armazenadas em ambiente controlado ($20,1 \pm 1,1$ °C e $39,1 \pm 5,6\%$ UR ar). Em cada tempo de amostragem, foram retiradas quatro repetições de 50 sementes para avaliação da qualidade fisiológica através do teste de germinação, IVG, TMG, massa seca e comprimento de plântulas e, quatro repetições de 25 sementes para o monitoramento do conteúdo de água.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados relativos a predição da tolerância à dessecação foram representados pelos valores médios, seguido do desvio padrão. Os demais dados foram submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett). Os dados normais e homocedásticos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ($P < 0,05$).

A análise de regressão foi utilizada para modelar a curva de dessecamento das sementes ($P < 0,05$). Para avaliar a resposta à dessecação foi realizada à análise de variância e quando houve a significância pelo teste, os valores médios dos tratamentos foram comparados pelo teste de Dunnett ($P < 0,05$).

Para estudar a relação entre o teor de água e o período de armazenamento na longevidade das sementes, foi realizada a análise de variância e os valores médios dos tratamentos com diferenças significativas foram comparados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) para o fator níveis de umidade e submetidos a análise de regressão ($P < 0,05$) para o fator período de armazenamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 EFEITO IMEDIATO DA SECAGEM SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

A curva de secagem das sementes se ajustou ao modelo exponencial negativo, demonstrando que a umidade decaiu rapidamente à medida que o período de tempo avançou, atingindo o teor de água de 23%, 15%, 10% e 5% em 26, 62, 90 e 123 h, respectivamente (Fig. 2). A equação indicou que a perda de umidade foi mais rápida no início do processo, pois foram necessárias 19 h para que as sementes com teor de água de 30% perdessem 5% de umidade (velocidade média de secagem de 0,26% por hora) e 33 h para que as sementes com teor de água de 10% perdessem o mesmo conteúdo de água (velocidade média de secagem de 0,15% por hora) (Fig. 2), corroborando com o comportamento observado por Coelho et al. (2015) e Reis et al. (2013) em sementes de *Coffea arabica* L. e *Solanum melongena* L., respectivamente.

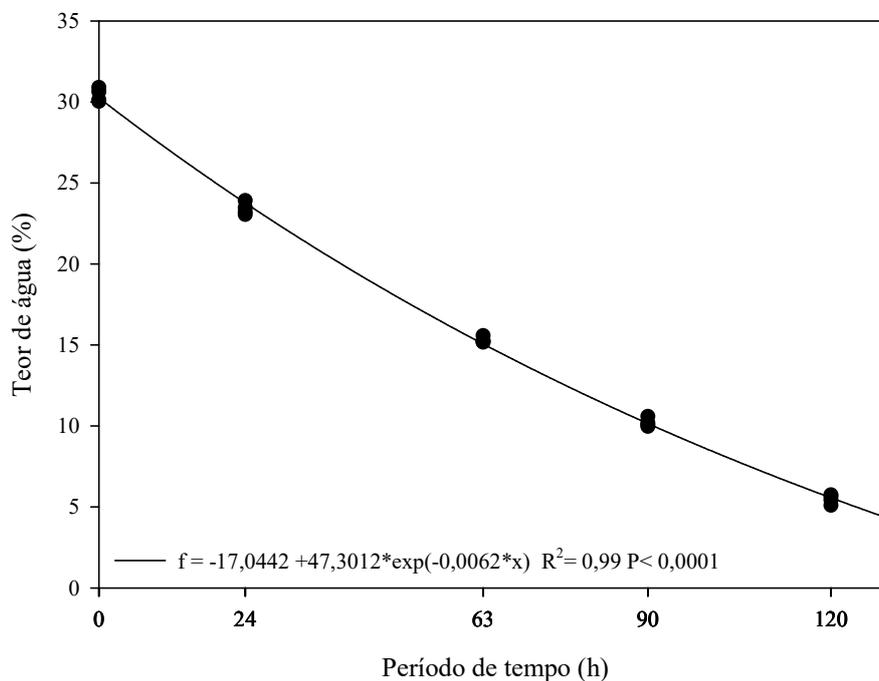


Fig. 2. Curva de secagem em sementes de *A. edulis* em função do período de tempo.

Segundo Vertucci e Farrant (1995), quando as sementes estão mais hidratadas, a perda de água inicial tende a acontecer de forma mais rápida, visto que a água que preenche os espaços intercelulares e o conteúdo celular encontra-se mais diluída. Em contrapartida, em

teores de água inferiores a 20%, a água presente está ligada aos compostos da semente por meio de ligações químicas, como pontes de hidrogênio e ligações iônicas, e participa da constituição da semente, o que, portanto, dificulta sua remoção e justifica nesse estudo, o aumento do tempo em 57% para perder a mesma quantidade de água ao final da secagem.

A porcentagem de plântulas normais não foi afetada significativamente pela secagem ($F = 2,22$, $P = 0,1149$), permanecendo inalterada, mesmo com baixos teores de água. Após a secagem das sementes até o nível de 5% de umidade, que perdurou 123 h (Fig. 2), obteve-se uma taxa de germinação (85,5%) semelhante a encontrada em sementes recém-colhidas (84,0%).

A ausência de diferenças significativas para os teores de água das sementes também foi demonstrada sobre o TMG ($F = 1,49$, $P = 0,2537$), a massa seca ($F = 1,29$, $P = 0,3148$) e o comprimento de plântulas ($F = 3,01$, $P = 0,0523$). O tempo médio para germinação das sementes durou 24,65 dias, cujas sementes originaram plântulas com massa seca de 8,16 mg e comprimento médio de 11,7 cm.

A tolerância à dessecação é definida como a habilidade que determinados organismos possuem de sobreviver à remoção de quase toda água celular (0,1 g de água por g de massa seca, equivalente ao teor de água de 10% ou menos) sem acumular danos letais após a reidratação (Alpert, 2005; Leprince e Buitink, 2010). Os resultados desse estudo mostram claramente que a secagem das sementes de *A. edulis* não afetou a capacidade de germinação nem o desenvolvimento das plântulas, uma vez que as sementes mantiveram sua qualidade fisiológica inalterada mesmo após a remoção de 82% do seu conteúdo de água (teor de água de 5%). Isso implica que as sementes de *A. edulis* são tolerantes à dessecação, assim como descrito por Wielewicki et al. (2006) para a mesma espécie e pelo Royal Botanic Gardens Kew (2016) para três de seus congêneres na África do Sul: *A. decipiens* (Sond.) Radlk., *A. africanus* P. Beauv. e *A. natalensis* De Winter.

Contudo, resultados opostos a esse foram encontrados por José et al. (2007), que buscando categorizar o comportamento de armazenamento com base na resposta à dessecação, classificaram as sementes de *A. edulis* como sensíveis ao dessecação, uma vez que não houve germinação após a secagem em sílica gel por 3,5 dias (20 ± 1 °C e $60 \pm 10\%$ UR), quando atingiu-se o teor de água de 12,6%.

Estudos realizados ao longo das últimas décadas buscando compreender a origem e os mecanismos que regulam a tolerância à dessecação em sementes trouxeram considerações relevantes e que podem apoiar as respostas distintas encontradas para *A. edulis*, como por exemplo: o fato da tolerância à dessecação passar a ser considerada uma variável contínua e

não categórica, passível de variação não somente entre mas também dentro de comunidades e populações, o que corrobora com a hipótese de que as condições ecofisiológicas durante o desenvolvimento das sementes também podem modular diretamente o nível de tolerância e/ou sensibilidade ao dessecamento nas sementes (Berjak e Pammenter, 2000; Daws et al., 2006a, 2004b; Delgado e Barbedo, 2012; Dussert et al., 2000; Gomes et al., 2013; Lamarca et al., 2016; Pereira et al., 2012; Pérez et al., 2012; Tweddle et al., 2003; Walters, 2000).

É plausível aceitar que o resultado discrepante encontrado para sementes de *A. edulis* por José et al. (2007) possa ser decorrente de uma resposta adaptativa ao ambiente em que as sementes foram formadas. Sementes sensíveis à dessecação são geralmente associadas a habitats mais úmidos, como por exemplo áreas de mata ciliar (Tweddle et al., 2003; Walters et al., 2013), o que foi congruente com o local de colheita reportado pelos autores. Estes também não informaram quais foram os critérios utilizados para obtenção de sementes maduras. Dessa forma, outra hipótese levantada e que poderia justificar a sensibilidade à dessecação em *A. edulis* em tal trabalho seria a utilização de sementes imaturas no ensaio, antes que os mecanismos de proteção e reparo, que mantém a estrutura e o funcionamento celular durante o estado desidratado pudessem ser adquiridos e, que levaria as sementes a se comportarem como sensíveis ao dessecamento (Silva e Ferraz, 2015).

O efeito da secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes influenciou o índice de velocidade de germinação ($F = 11,20$, $P = 0,0002$), indicando que sementes com teores de água de 10% e 5% germinaram com maior velocidade ($0,81 \pm 0,01$), quando comparadas as sementes que não foram secas ($0,72 \pm 0,02$).

Hay e Probert (1995), verificaram em seu estudo que a secagem artificial realizada após a estabilização da massa seca reduziu as taxas de envelhecimento e ampliou a longevidade das sementes de *Digitalis purpurea* L. Comportamento semelhante também foi obtido por Tompsett e Pritchard (1998, 1993), constatando que a secagem atuou como moduladora dos atributos associados à qualidade em sementes de *Aesculus hippocastanum* L.

A hipótese dos autores é de que as sementes quando colhidas poderiam ainda não ter cessado o seu desenvolvimento, e por conta disso não teriam adquirido as características que conferem o vigor e a longevidade integralmente. Assim, a redução do conteúdo de água realizada artificialmente representaria a continuação dos processos que ocorrem naturalmente ao final da maturação, à medida que as sementes se tornam mais secas, o que viria justificar a maior velocidade de germinação registrada após à secagem a 10% e 5% de umidade nesse estudo.

Outra hipótese que poderia explicar esse comportamento é de que a secagem pode ter promovido a uniformização do estado metabólico das sementes, de forma análoga ao que ocorre quando as sementes são condicionadas fisiologicamente e, desta forma, a aceleração da germinação tenha sido decorrente do aumento na quantidade e na velocidade de síntese “de novo” DNA e RNA, conforme já foi reportado por Badek et al. (2014), Heydecker et al. (1973) e Marcos Filho (2015).

3.2 PREDIÇÃO DA TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO

Sementes de *A. edulis* possuíram por ocasião da colheita teor de água de $30,42 \pm 0,42\%$ e massa seca de $24,99 \pm 0,56$ mg. A relação entre a semente e o tegumento (SCR) foi de $0,27 \pm 0,02$, com uma probabilidade de sensibilidade ao dessecamento de 7% ($P = 0,07$).

Já vem sendo sugerido na literatura que atributos das sementes como o tamanho, a massa seca, a forma, o teor de água no momento da dispersão e a razão SCR estejam correlacionados com a tolerância à dessecação e, por conta disso, possam ser utilizados como preditores para avaliar a resposta das sementes à perda de água celular (Lan et al., 2014; Pritchard et al., 2004).

Diversas investigações tem demonstrado que as sementes sensíveis ao dessecamento geralmente possuem grandes volumes e maior massa seca, formato arredondado, pouco ou nenhum endosperma, tegumento fino (baixa razão SCR), elevado teor de água no momento da dispersão ($>25\%$), sendo liberadas da planta mãe dentro de frutos carnosos (Daws et al., 2005, 2004a; Foster, 1986; Hamilton et al., 2013; Hong et al., 1996; Jayasuriya et al., 2013; Pammenter e Berjak, 2000b; Pritchard et al., 2004; Tweddle et al., 2003; Vaz et al., 2016), características que foram parcialmente encontradas nesse estudo, como: ausência de endosperma (Abreu et al., 2005), teor de água de 30%, baixa razão SCR (0,27) e dispersão em fruto carnoso.

Contudo, as sementes tolerantes ao dessecamento também podem compartilhar características comuns de sementes sensíveis, como por exemplo, o teor de água (Hamilton et al., 2013). Segundo Hong et al. (1996) um teor de água entre 25 e 55% não permite qualquer generalização. Isso ficou comprovado por Lan et al. (2014) com 101 espécies lenhosas de uma Floresta Tropical do sul da China, verificando que a maioria das espécies com sementes sensíveis à dessecação apresentava após a queda natural um teor de água entre 24% e 76%, ao passo que nas espécies com sementes tolerantes variou de 5% a 46%. Padrão equivalente também foi evidenciado por Daws et al. (2006b), que investigando 104 espécies de uma

Floresta Estacional Semidecidual no Panamá, constataram que todas as espécies com sementes sensíveis à dessecação foram dispersas com teores de água relativamente elevados (20% a 52%). No entanto, as espécies com sementes tolerantes à dessecação possuíam uma faixa de teor de água que também abrangia esse intervalo (9% a 61%).

Daws et al. (2006b) sugerem que as sementes tolerantes à dessecação devam possuir maior ou menor teor de água no momento da dispersão em função do tipo de unidade dispersiva que envolve as sementes. Desse modo, é esperado que as sementes dispersas em cápsulas secas possuam teores de água mais baixos, enquanto que sementes contidas dentro de frutos carnosos tendem a ser dispersas com teores de água mais elevados, o que corrobora ao fato das sementes de *A. edulis* possuírem elevado teor de água por ocasião da dispersão (30%), serem dispersas em um fruto carnoso e, mesmo assim, possuírem um comportamento tolerante ao dessecação, como comprovado pelo efeito imediato da secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes.

A massa de matéria seca, por sua vez, tem sido uma característica mais consistente que o teor de água para distinguir sementes sensíveis e tolerantes à dessecação em várias espécies. Daws et al. (2005) investigando 225 espécies de uma Floresta Estacional Semidecidual no Panamá, reportaram que as sementes tolerantes à dessecação possuíam uma massa seca média significativamente menor do que as sementes sensíveis (283 mg vs. 3.383 mg). Hamilton et al. (2013) observaram o mesmo padrão para sementes tolerantes e sensíveis ao dessecação de 71 espécies de uma Floresta Tropical na Austrália (202 mg vs. 1.663 mg). Pritchard et al. (2004) estudando 10 espécies de uma Floresta Tropical na África evidenciou que todas as espécies com sementes sensíveis à dessecação possuíam massa seca acima de 500 mg, enquanto que em sementes tolerantes à dessecação a massa seca variou de 2 a 21.877 mg. De modo semelhante, um estudo realizado no Brasil por Roeder et al. (2013) com 20 espécies amazônicas de lianas, apontou que as sementes tolerantes à dessecação possuíam massa inferior em comparação com sementes sensíveis (≤ 70 mg vs. ≥ 270 mg). O valor de massa seca registrado para sementes de *A. edulis* (25 mg) é muito inferior ao que foi reportado na literatura para sementes sensíveis ao dessecação, o que reforça o comportamento tolerante da espécie, assim como evidencia o tamanho reduzido de suas sementes.

Sementes sensíveis à dessecação não passam por uma fase de acentuada desidratação na maturação, sendo dispersas com metabolismo ativo, elevado teor de água, tamanho grande e um tegumento fino (baixa razão SCR). Por possuírem tais características, espera-se que o período de embebição seja mais curto do que para sementes tolerantes à dessecação e, assim, a velocidade de germinação mais rápida. Além disso, sugere-se que a rápida germinação

associada a uma área de superfície menor em relação ao volume (maior tamanho) atuaria minimizando a perda de água e reduzindo o período durante o qual a dessecação e o consumo das sementes por predadores poderiam ocorrer (Curran, 2000; Daws et al., 2005, 2006b; Foster, 1986; Pritchard et al., 2004).

Em contrapartida, sementes tolerantes à dessecação são geralmente dispersas em estado seco, com o metabolismo e tamanho reduzidos, o que possibilita que formem bancos de semente no solo. As sementes podem permanecer nessa condição por longos períodos, o que implica em uma maior exposição a predadores de sementes. Por conta disso, espera-se que as sementes tolerantes à dessecação invistam recursos na defesa física, como, por exemplo, na produção de um tegumento espesso (elevada razão SCR) (Dekkers et al., 2015; Grubb et al., 1998; Matilla et al., 2005; Tweddle et al., 2003; Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1993).

Isso ficou comprovado por Daws et al. (2006b), ao verificarem que a razão SCR de espécies panamenhas foi em média menor em sementes sensíveis ao dessecação do que em tolerantes (0,21 vs. 0,50), o que também se aplicou para espécies europeias (0,19 vs. 0,49) e africanas (0,18 vs. 0,54). Lan et al. (2014) também constataram o mesmo padrão para espécies chinesas, observando um valor de SCR médio menor em sementes sensíveis à dessecação 0,21 (intervalo de 0,06 - 0,71) em comparação com uma média de 0,47 (intervalo de 0,51 - 0,94) para sementes tolerantes. Resultados semelhantes também foram obtidos por Hamilton et al. (2013) com espécies australianas, onde a média de SCR foi significativamente menor em sementes sensíveis ($0,19 \pm 0,14$) do que em sementes tolerantes ($0,48 \pm 0,25$). Sementes de *A. edulis* possuíram uma razão SCR de 0,27, indicando que o tegumento compõe menos de 1/3 da biomassa da semente. Nesse estudo, o valor de SCR ficou entre os intervalos descritos anteriormente para sementes tolerantes e sensíveis ao dessecação, porém mais próximo aos valores de SCR de sementes sensíveis, demonstrando o menor investimento no tegumento, o que corrobora com as observações feitas Abreu et al. (2005) para a mesma espécie.

Duas hipóteses poderiam ser aceitas para explicar o menor investimento de *A. edulis* em defesas físicas (tegumento). Conforme já reportado nesse estudo e também por outros autores, sementes de *A. edulis* são pequenas, não possuem dormência e são dispersas com elevado teor de água em um fruto do tipo carnoso (Abreu et al., 2005; José et al., 2007; Wielewicki et al., 2006). Desse modo, acredita-se que após serem dispersas pela fauna ou terem o seu fruto decomposto naturalmente, um tegumento mais fino em um ambiente mais úmido, facilitaria a embebição, favorecendo assim, a rápida germinação (Daws et al., 2005; Pritchard et al., 2004). Outra hipótese é de que um tegumento mais fino em um ambiente mais

seco poderia favorecer a perda de água para o ambiente, levando a redução do metabolismo e, logo, a quiescência da semente (Rodríguez et al., 2000).

A perda de água gradual, que foi simulada em laboratório através da secagem a diferentes níveis de água celular, não interferiu na qualidade fisiológica das sementes, o que corrobora com a segunda hipótese mencionada. Em adição, a abscisão dos frutos de *A. edulis* teve início em setembro (Fig. 1). No mês seguinte, registrou-se uma redução de 81% no volume de chuvas e um déficit de pressão de vapor atmosférico 28% maior em relação ao mês anterior, indicando que o ambiente se tornou mais seco (Fig. 1a-d). Com base nos dados climáticos desse ano e nas características que as sementes de *A. edulis* apresentaram, como a tolerância à perda de água, tegumento fino e nenhum tipo de dormência, seria esperado que as sementes perdessem água para o ambiente e entrassem em quiescência, germinando assim que as condições do ambiente, especialmente de umidade do solo se tornassem favoráveis para deflagrar a germinação.

Quando aplicado o modelo preditivo de Daws et al. (2006b), constatou-se que a probabilidade das sementes de *A. edulis* serem sensíveis ao dessecação foi de apenas 7% ($P = 0,07$). Este modelo (SCR-SM) previu corretamente a resposta à dessecação de 90 espécies panamenhas (floresta tropical úmida), 10 europeias (floresta temperada), 18 africanas (floresta tropical seca) (Daws et al., 2006b), 52 chinesas (floresta tropical) (Lan et al., 2014) e 18 espécies brasileiras (floresta tropical úmida) (Roeder et al., 2013), com uma taxa de sucesso de 87%, 100%, 100%, 88% e 90% nestes estudos, respectivamente. Segundo Daws et al. (2006b), o modelo é suficientemente apto para ser utilizado como uma ferramenta adicional na previsão da resposta à dessecação em sementes com massa seca entre 0,01 mg a 24.000 mg, nas quais o comportamento fisiológico é desconhecido ou incerto, como foi o caso da espécie desse estudo. Portanto, a avaliação do efeito imediato da secagem sobre a qualidade fisiológica das sementes somado aos resultados obtidos pela equação de probabilidade com base em dados de biomassa indicaram que sementes de *A. edulis* utilizadas nesse estudo são tolerantes ao dessecação.

3.3 LONGEVIDADE DAS SEMENTES

Houve interação significativa entre fatores avaliados (níveis de umidade das sementes e os períodos de armazenamento) sobre o teor de água das sementes armazenadas ($F = 398,75$, $P < 0,0001$) (Fig. 3). No ato do armazenamento, as sementes possuíam teores de água de 30, 10 e 5%. Após 180 dias, sementes com teor de água de 30% tiveram sua umidade

reduzida a $7,5 \pm 1,03\%$, não diferindo significativamente do quantificado em sementes com teor de água de 10%, que ao final dos 180 dias alcançaram $7,0 \pm 0,87\%$ de umidade. Após 270 dias, houve diferenças apenas entre as sementes com teores de água de 30% ($7,1 \pm 1,29\%$) e 5% ($5,43 \pm 0,63\%$) (Fig. 3a).

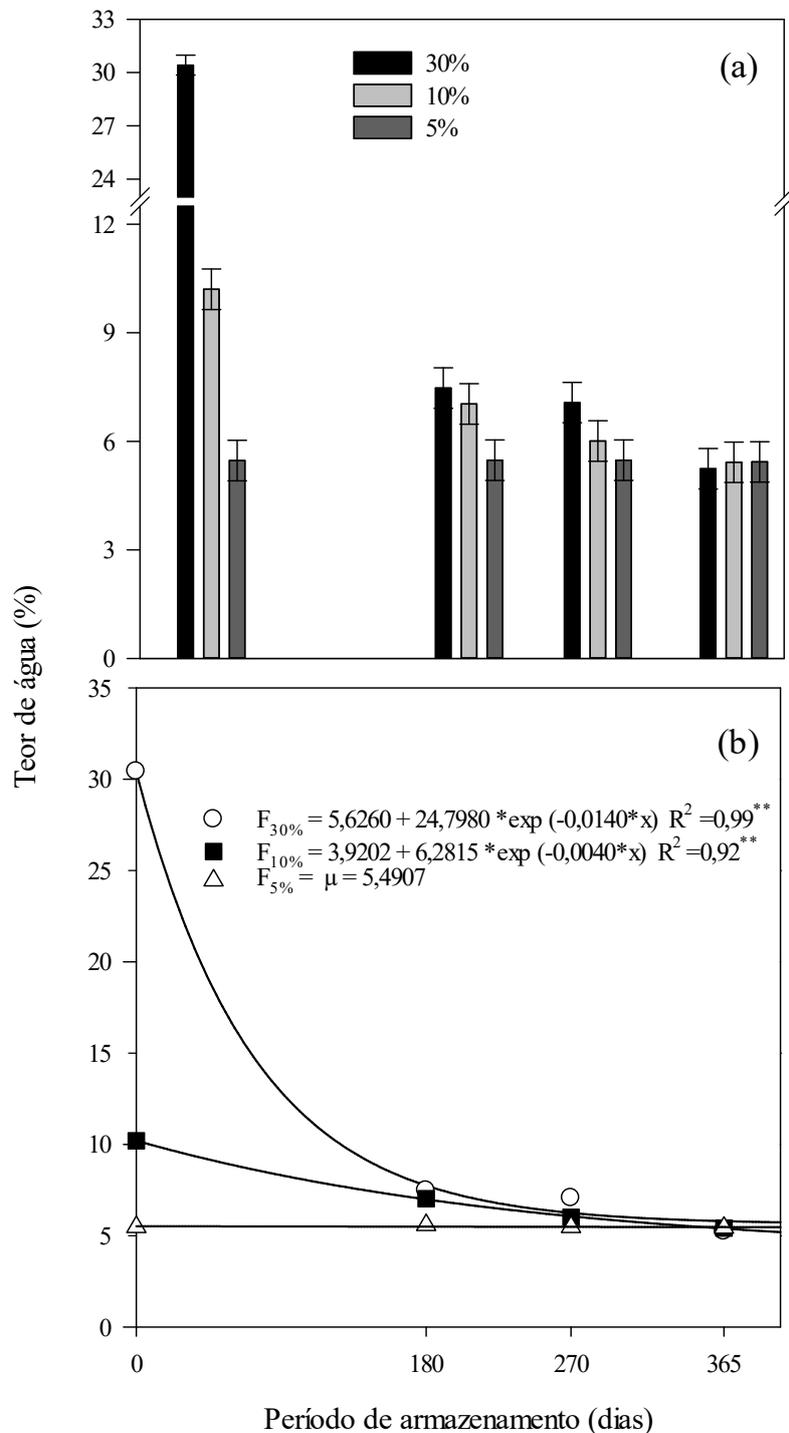


Fig. 3. Efeito dos níveis de umidade das sementes sobre o teor de água (a) nos diferentes períodos de armazenamento. As barras representam o valor médio ($n = 200$) e a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Curvas de regressão e equações estimadas para o teor de água (b) em função dos níveis de umidade das sementes e dos períodos de armazenamento ($P < 0,05$).

O modelo exponencial ajustado apontou que a taxa de perda de umidade ao longo do armazenamento foi mais acentuada em sementes com teor de água inicial de 30% onde a secagem não foi empregada (expoente de 0,0140), que tiveram o seu conteúdo de água reduzido em relação ao valor inicial em 58%, 75%, 80% e 81% após 90, 180, 270 e 365 dias, respectivamente (Fig. 3b). As sementes armazenadas com teor de água de 10% também tiveram sua umidade reduzida, porém em menor intensidade (expoente de 0,0040), sendo removidos 19%, 32%, 41% e 47% do seu conteúdo de água dentro do mesmo período mencionado. Não houve alteração significativa da umidade para as sementes armazenadas com teor de água de 5% durante o período de armazenamento.

O fato das sementes armazenadas com teor de água de 30% e 10% perderem continuamente a umidade com o avanço do tempo de armazenamento (Fig. 3b) poderia ser esperado, pois, por possuírem natureza higroscópica, as sementes têm o seu teor de água oscilando em função da umidade relativa do ar e da temperatura, até que se estabeleça o equilíbrio entre elas e o ambiente de armazenamento (Copeland e McDonald, 2001), o que foi verificado nesse estudo aos 365 dias (Fig. 3a).

Medeiros e Zanon (1998a, b, 2000) e Fowler et al. (2006) constataram em seus estudos, que a adsorção ou dessorção de umidade durante o armazenamento, se deu em função do tipo de embalagem utilizada para o acondicionamento das sementes. Os autores evidenciaram que o uso do papel *kraft* em câmara seca (14 ± 1 °C e 38 ± 2 % UR), à semelhança das condições do presente estudo, permitiu a maior troca de vapor d' água entre a semente e o ambiente com relação a outras embalagens, como sacos plásticos de polietileno, acarretando na diminuição do teor de água das sementes.

Os efeitos de interação entre os níveis de umidade das sementes e os períodos de armazenamento também foram verificados sobre as taxas de germinação ($F = 5,61$, $P = 0,0005$) (Fig. 4) e IVG ($F = 4,94$, $P = 0,0013$) (Fig. 5).

Sementes com teores de água inicialmente distintos (30%, 10% e 5%) possuíram percentual germinativo semelhante (85,5%). Contudo, após 180 dias de armazenamento, as sementes com teores de água de 10% e 5% externaram as maiores taxas de germinação em comparação com as que foram armazenadas com teor de água de 30% (Fig. 4a).

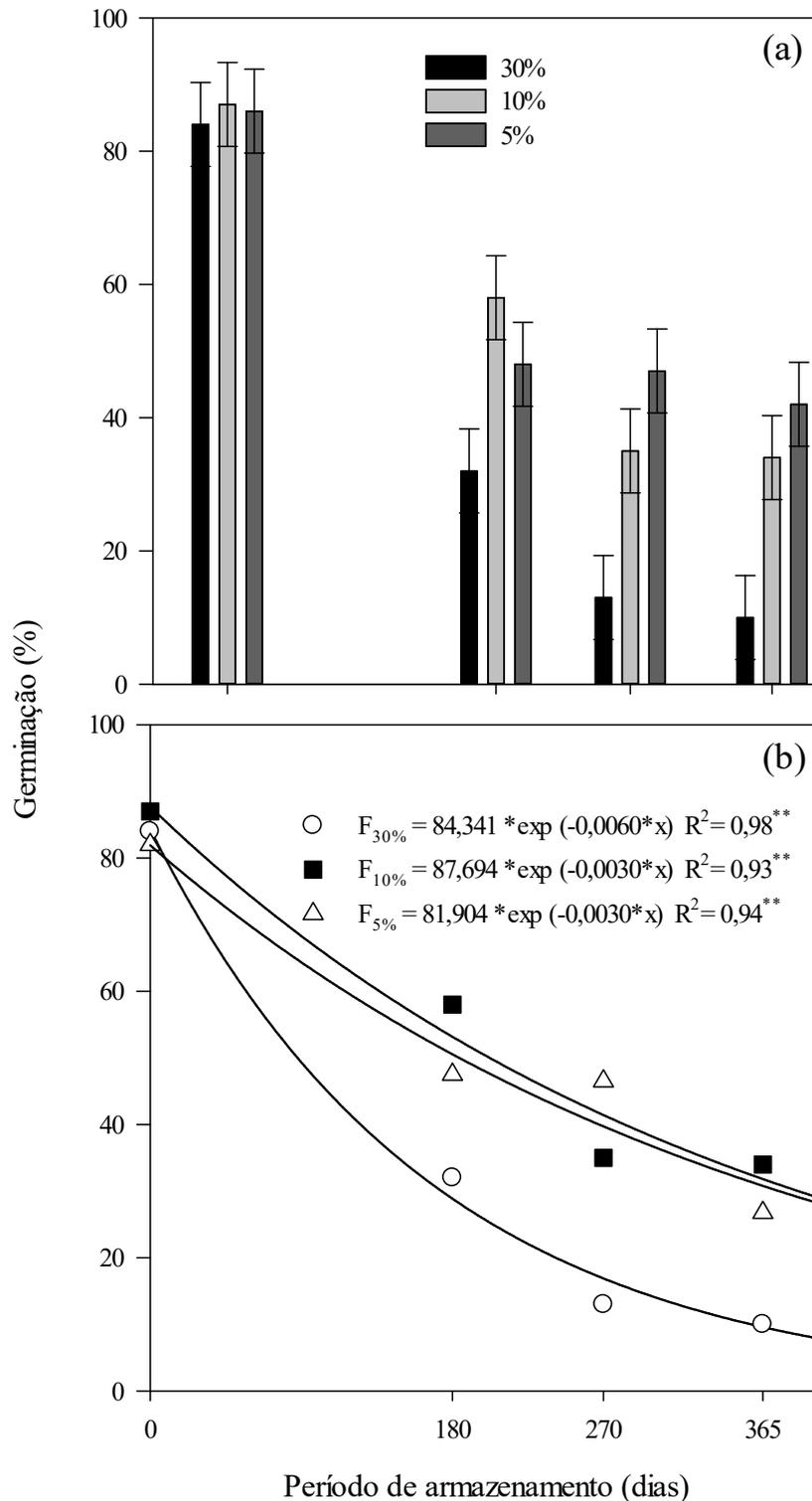


Fig. 4. Efeito dos níveis de umidade das sementes sobre a porcentagem de germinação (a) nos diferentes períodos de armazenamento. As barras representam o valor médio ($n = 200$) e a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Curvas de regressão e equações estimadas para porcentagem de germinação (b) em função dos níveis de umidade das sementes e dos períodos de armazenamento ($P < 0,05$).

Com o avanço do tempo armazenamento, as taxas de germinação diminuíram exponencialmente para todos os níveis de umidade (Fig. 4b). Sementes armazenadas sem

secagem (TA 30%) tiveram a maior taxa de perda de germinabilidade (expoente de 0,006 por dia), sendo esta duas vezes maior que a taxa verificada em sementes secas (TA 10% e 5%) (expoente de 0,003 por dia). Adicionalmente, estima-se que a metade da capacidade de germinação foi perdida após 116 dias para sementes com teor de água de 30% e, após 232 dias para os demais graus de umidade (Fig. 4b).

Salomão (2004) estudando a longevidade de sementes de *Genipa americana* L. evidenciou que as sementes armazenadas a 15 °C e com teor de água de 38 e 42% tiveram à viabilidade praticamente nula após 180 dias de armazenamento, o que não ocorreu para sementes secas a 11% de umidade, que retiveram a capacidade de germinar após um ano, demonstrando que a redução do conteúdo de água ampliou a longevidade das sementes, assim como verificado para *A. edulis*.

A redução na germinabilidade das sementes de *A. edulis* durante o armazenamento, já foi reportada na literatura. Wielewiczki et al. (2006), avaliando o comportamento fisiológico de 17 lotes com germinação (79%) e umidade inicial (28,1%) semelhantes à desse estudo, constataram que apesar das sementes tolerarem à secagem, estas têm a sua viabilidade comprometida após 180 dias de armazenamento em câmara fria-seca (12-17 °C e 30-45% UR ar).

Os resultados encontrados por Wielewiczki et al. (2006), juntamente com os do presente estudo, suportam a hipótese de que o estado anidrobiótico pode até atenuar a perda da longevidade, mas não a frear, uma vez que o envelhecimento que se inicia após as sementes atingirem a maturidade fisiológica é considerado um processo inevitável é irreversível (Delouche, 2002; Waterworth et al., 2015).

O IVG, comportou-se à semelhança da germinação, indicando que sementes com teor de água entre 10 e 5% retiveram a maior velocidade de germinação ao longo do armazenamento, com exceção ao quantificado nos 270 dias, cuja velocidade de germinação diferiu entre os níveis de umidade testados (TA 5% = $0,45 \pm 0,04$; TA 10% = $0,34 \pm 0,12$ e TA 30% = $0,14 \pm 0,03$) (Fig. 5a).

Os modelos exponenciais ajustados no tempo evidenciam que houve uma notória diferença na perda da velocidade entre sementes submetidas ou não à secagem, na qual as sementes armazenadas sem secagem (TA 30%) tiveram a redução mais expressiva (expoente de 0,005 por dia), enquanto que entre os dois níveis de umidade obtidos através da secagem (TA 10% e 5%), a menor perda ocorreu para as sementes com teor de água de 5% (expoente de 0,002 por dia) (Fig. 5b).

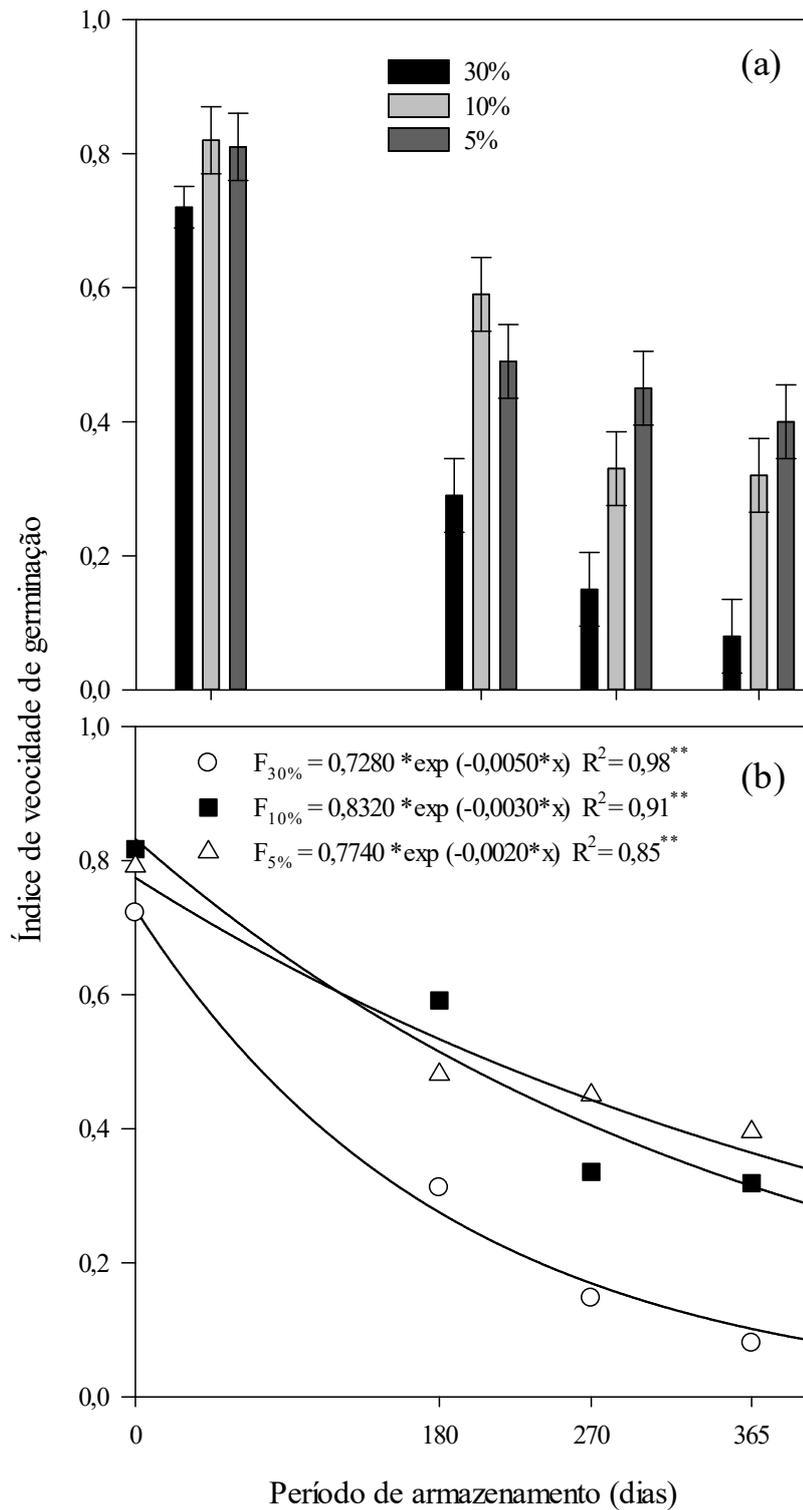


Fig. 5. Efeito dos níveis de umidade das sementes sobre o índice de velocidade de germinação (a) nos diferentes períodos de armazenamento. As barras representam o valor médio ($n = 200$) e a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Curvas de regressão e equações estimadas para o índice de velocidade de germinação (b) em função dos níveis de umidade das sementes e dos períodos de armazenamento ($P < 0,05$).

Diante desses resultados, acredita-se que o maior declínio no potencial fisiológico das sementes armazenadas com teores de água de 30% e 10%, seja devido a maior atividade

metabólica destas sementes no início do armazenamento (em função do maior nível de umidade), bem como, da elevada temperatura de armazenagem, que pode ter acelerado a deterioração das mesmas, corroborando com o comportamento reportado por Medeiros e Zanon (1998a, b, 2000) em sementes de *Rhamnus sphaerosperma* Swartz, *Sebastiania commersoniana* [(Baillon) L.B. Smith & R.J. Down], *Podocarpus lambertii* Klotzch ex e NDL. e *Machaerium stipitatum* (DC.) Vogel.

Segundo Rajjou e Debeaujon (2008), temperaturas elevadas provocam o aumento na respiração das sementes, que, por sua vez, desencadeia uma série de reações oxidativas, como a formação de radicais livres e o consumo de reservas. Essas reações conduzem as sementes à deterioração, que manifesta seus efeitos inicialmente pela perda do vigor e, finalmente, pela incapacidade de germinar, conforme observado nesse estudo (Figs. 4b e 5b).

Não houve interação significativa entre os fatores avaliados para o TMG ($F = 0,816$, $P = 0,5659$), comprimento ($F = 0,98$, $P = 0,4510$) e massa seca de plântulas ($F = 0,38$, $P = 0,8834$). Para o TMG e comprimento de plântulas verificou-se apenas o efeito simples dos níveis de umidade ($F_{TMG} = 10,58$, $P = 0,0108$; $F_{CP} = 7,83$, $P = 0,0212$) e dos períodos de armazenagem ($F_{TMG} = 9,25$, $P = 0,0002$; $F_{CP} = 5,66$, $P = 0,0034$) e, para massa seca de plântulas somente o efeito simples dos períodos de armazenagem ($F = 3,32$, $P = 0,0330$).

Independentemente do período de armazenagem, o tempo médio para a conclusão do processo germinativo foi menor em sementes armazenadas com teores de água de 10% ($25,95 \pm 1,72$ dias) e 5% ($25,75 \pm 1,17$ dias) quando comparado às sementes que não foram secas ($27,15 \pm 3,13$ dias) (Fig. 6a). O comprimento de plântulas também foi influenciado pelos níveis de umidade, verificando-se diferenças significativas para as plântulas cujas sementes foram armazenadas com teor de água de 5% ($11,06 \pm 0,57$ cm), que possuíram o maior tamanho quando comparadas as plântulas cujas sementes foram armazenadas sem secagem e com teor de água de 30% ($10,18 \pm 1,59$ cm) (Fig. 6c).

Esses resultados demonstram que, de modo geral, as sementes armazenadas com teor de água de 5% possuíram uma capacidade mais efetiva de lidar com o envelhecimento, o que também ficou demonstrado pela perda na velocidade de germinação durante o armazenagem, que foi em média 11% menor para as sementes com teor de água de 5% quando comparada as sementes com teor de água de 10% (Fig. 5b). Tal resposta não foi observada sobre a capacidade de germinação (Fig. 4b).

Segundo Delouche (2002), a perda da capacidade de germinação é a consequência ou o efeito final da deterioração, o que implica que uma série de outros eventos deletérios já ocorreram antes que houvesse uma redução no percentual germinativo. Magistrali et al.

(2013) reportaram uma tendência semelhante em sementes de *Genipa americana* L. No entanto, ao contrário do que foi observado no presente estudo, os autores evidenciaram que após 90 dias já havia um acometimento diferenciado da capacidade germinativa entre as sementes submetidas à secagem, sendo esta reduzida em menor grau nas sementes secas a 5% de umidade, em comparação com as sementes secas a 10%.

O tempo médio de germinação, o comprimento e a massa seca de plântulas também foram impactados negativamente pelo armazenamento, independentemente do nível de umidade das sementes. A equação ajustada no tempo apontou aumento linear de 0,01 por dia no TMG (Fig. 6b), enquanto que para o comprimento e a massa seca foi observada tendência de redução linear (0,004 cm e 0,002 mg por dia, respectivamente) (Fig. 6d).

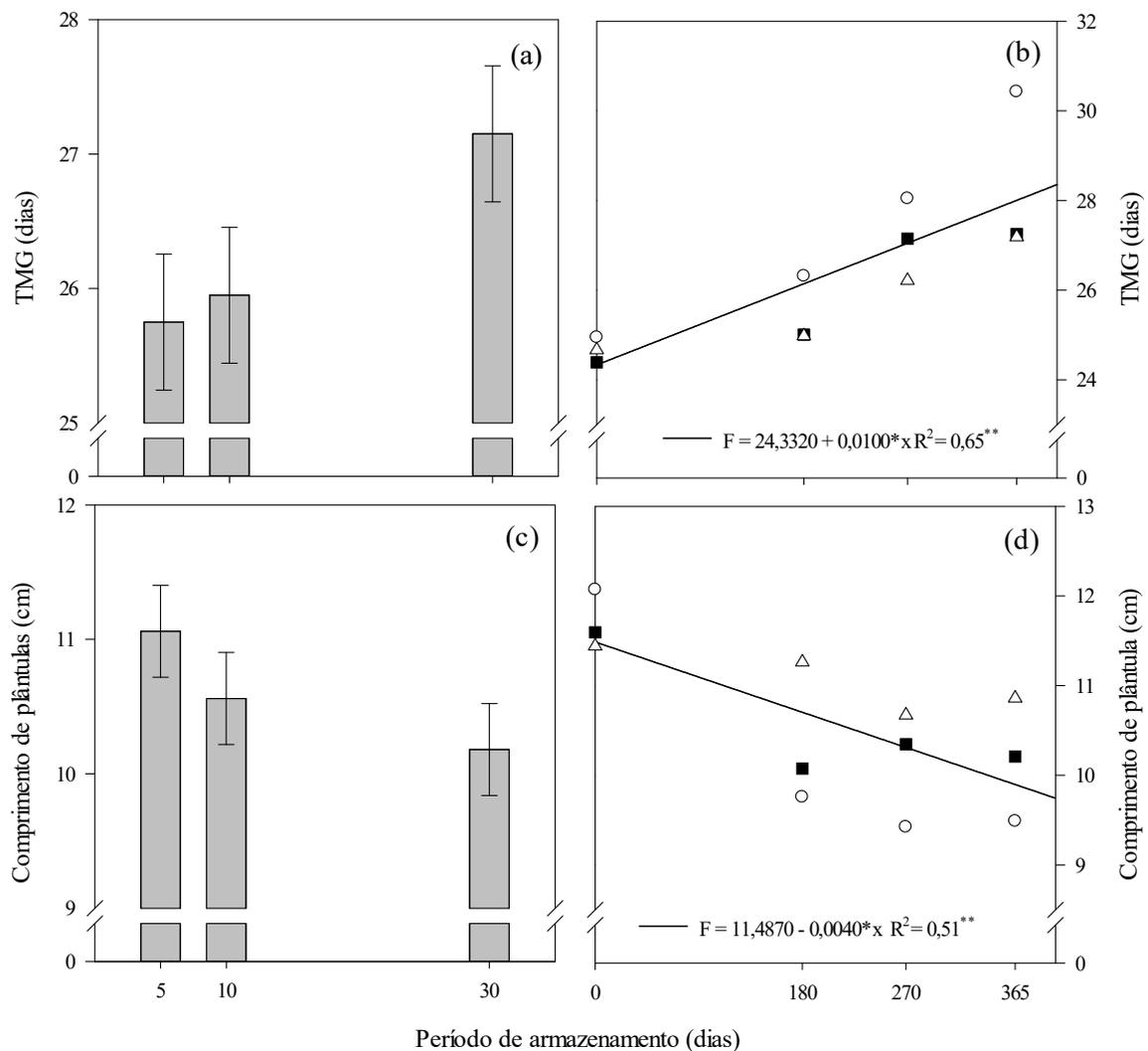


Fig. 6. Efeito dos níveis de umidade das sementes sobre o tempo médio de germinação (a) e comprimento de plântulas (c) nos diferentes períodos de armazenamento. As barras representam o valor médio ($n = 200$) e a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Curvas de regressão e equações estimadas para o tempo médio de germinação (b) e comprimento de plântulas (d) em função dos períodos de armazenamento ($P < 0,05$).

O aumento de 15% em relação ao tempo necessário para o encerramento da germinação (Fig. 6b), seguido pela redução de 13% na massa seca ($F = 8,1200 - 0,0020 \cdot x$) e, 9% no comprimento de plântulas (Fig. 6d), demonstram que o envelhecimento das sementes de *A. edulis* acometeu com intensidades diferentes cada um dos parâmetros fisiológicos avaliados ao longo do armazenamento, à semelhança do que ocorreu em sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich. (Souza et al., 2005) e *Erythrina velutina* Willd. (Silva et al., 2011).

Segundo Delouche (2002) e Rajjou e Debeaujon (2008), as consequências e os efeitos da deterioração são múltiplos e sequenciais, podendo apresentar padrões de resposta diferenciados sobre o desempenho das sementes. Os autores citaram que primeiro evento decorrente da deterioração das sementes é perda da integridade e permeabilidade seletiva do sistema de membranas, seguido pelo acometimento dos mecanismos energéticos e de síntese. Tais eventos culminam na redução da taxa respiratória e na atividade de várias enzimas, que, por sua vez, manifestam seus efeitos sobre a velocidade das respostas germinativas, diminuindo a velocidade de germinação, de crescimento e de desenvolvimento das plântulas, assim como verificado nesse estudo. Portanto, os três parâmetros de vigor avaliados foram eficientes no sentido de monitorar os efeitos deteriorativos decorrentes do envelhecimento natural das sementes *A. edulis* durante o armazenamento.

Levando em conta a redução da germinabilidade após um ano, que foi de 89% (TA 30%) e 67% (TA 10% e 5%) (Fig. 4b), pode-se inferir que as sementes de *A. edulis* colhidas em Guaira-PR, em 2014, possuem vida curta (Bonner, 1990; Probert et al., 2009) nas condições *ex situ* testadas nesse estudo, corroborando com o comportamento fisiológico exposto por Wielewicz et al. (2006) para a mesma espécie.

Segundo Verdier et al. (2013) e Silva e Ferraz (2015), o estado anidrobiótico permite que as sementes permaneçam viáveis por longos períodos, mas não necessariamente exige que sementes tolerantes à dessecação possuam vida longa, uma vez que a longevidade pode ser modulada por fatores genéticos, fisiológicos e do ambiente ao final da maturação, bem como pelas etapas de colheita, secagem, extração e beneficiamento. Desse modo, é possível encontrar sementes de *A. edulis* mais longevas ou não, dependendo do ano, da população, do método de secagem e conservação utilizado (Probert et al., 2007, 2009).

É possível sugerir que a curta longevidade das sementes de *A. edulis* demonstrada pela alta mortalidade das mesmas após um ano (89%) (Fig. 4), reflita em um comportamento similar *in situ*, visto que a temperatura de armazenamento ($20,1 \pm 1,1$ °C) foi próxima à encontrada no local de colheita ($24,2 \pm 2,0$ °C) e, ainda pelo fato das sementes terem sido

armazenadas com a mesma umidade que apresentaram após a queda espontânea (30%). Dito isso, por serem dispersas com elevado conteúdo de água (30%) e por não possuírem nenhum tipo de bloqueio à germinação, seria esperado que se a umidade no solo (*in situ*) fosse propícia para desencadear o metabolismo catabólico, as sementes tenderiam a prontamente germinar. Na ausência das condições favoráveis para germinação das sementes desta espécie, estas possivelmente não permaneceriam viáveis por longos períodos no banco de sementes (Csontos e Tamás, 2003; Garwood, 1989), hipótese que poderia ser suportada levando em consideração os estudos de Scherer e Jarenkow (2006), que avaliando o banco de sementes ao longo tempo (setembro/2002 a março/2003), constataram a presença de sementes de *A. edulis* viáveis apenas no primeiro período de amostragem.

Sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. são classificadas como tolerantes à dessecação, mas possuem vida curta sob condições naturais (Barbedo et al., 2002) assim como é sugerido para *A. edulis*. Contudo, tem a longevidade das sementes ampliada através do armazenamento em nitrogênio líquido (-196 °C) por dois anos (Zanotti et al., 2012) e, por meio do congelamento (-18 °C) por, pelo menos, cinco anos (Mello et al., 2013).

Desse modo, novos estudos são requeridos para *A. edulis*, tanto no sentido de avaliar se há um prolongamento na longevidade das sementes em outras condições de armazenagem *ex situ* (embalagens, umidade relativa, temperatura, congelamento e nitrogênio líquido), quanto para confirmar a hipótese levantada sobre a vida curta das sementes em condições naturais.

4 CONCLUSÕES

Sementes de *A. edulis* são tolerantes à dessecação até a remoção de 82% do conteúdo de água celular, equivalente ao teor de água de 5%.

Sementes desta espécie possuem vida curta no armazenamento em sacos de papel *kraft* trifoliados e ambiente controlado a $20,1 \pm 1,1$ °C e $39,1 \pm 5,6\%$ UR, com perda de 50% da capacidade germinativa após 232 dias se a umidade for reduzida para 10% ou 5% após a maturidade fisiológica.

5 AGRADecIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, a Fundação Araucária - Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudos.

6 REFERÊNCIAS

- Abburra, R.E., Zygadlo, J.A., Guzman, C.A., 1992. Fatty acids variation in Sapindaceae. *Biochemical Systematics and Ecology* 20, 469-471.
- Abreu, D.C.A. de, Kuniyoshi, Y.S., Nogueira, A.C., Medeiros, A.C. de S., 2005. Caracterização morfológica de frutos, sementes e germinação de *Allophylus edulis* (St.-Hil.) Radlk. (Sapindaceae). *Revista Brasileira de Sementes* 27, 59-66.
- Alpert, P., 2005. The limits and frontiers of desiccation-tolerant life. *Integrative and Comparative Biology* 45, 685-695.
- Aronson, J., Alexander S., 2013. Ecological restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. *Restoration Ecology* 21, 293-296.
- Badek, B., Romanowska-Duda, Z., Grzesik, M., Duijn, B-V., 2014. Rapid evaluation of germinability of primed china aster (*Callistephus chinensis* Ness.) seeds with physiological and biochemical markers. *Journal of Horticultural Research* 22, 5-18.
- Barbedo, C.J., Bilia, D.A.C., Figueiredo-Ribeiro, R.C.L., 2002. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil). *Revista Brasileira de Botânica* 25, 431-439.
- Barddal, M.L., Roderjan, C.V., Galvão, F., Curcio, G.R., 2004. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. *Revista Ciência Florestal* 14, 35-45.
- Berjak, P., Pammenter, N., 2000. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12, p.22-55.
- Bonner, F.T., 1990. Storage of seeds: potential and limitations for germplasm conservation. *Forest Ecology and Management* 35, 35-43.
- Brançalion, P.H.S., Rodrigues, R.R., Gandolfi, S., Kageyama, P.Y., Nave, A.G., Gandara, F.B., Barbosa, L.M., Tabarelli, M., 2010. Legal instruments can enhance high-diversity tropical forest restoration. *Revista Árvore* 34, 455-470.
- BRASIL (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Regras para análise de sementes, 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.
- Carvalho, P.E.R., 2006. Espécies Arbóreas Brasileiras. Vol. 2, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná.
- CBD (Convention on Biological Diversity), 2012. Information documents (INF/17, INF/18, and INF/19). Disponível em: <<https://www.cbd.int/doc/?meeting=cop-11>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

- Coelho, R.L.G., 2014. Estudos sistemáticos das espécies neotropicais de *Allophylus* L. (Sapindaceae). Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas.
- Coelho, S.V.B., Figueiredo, M.A. de, Clemente, A. da C. S., Coelho, L.F.S., Rosa, S.D.V.F. da., 2015. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de café secas em sílica gel e soluções salinas saturadas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50, 483-491.
- Copeland, L.O., McDonald, M.B., 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. Fourth edition. Springer, New York.
- Cordeiro, J., Roderjan, C.V., Curcio, G.R., 2013. Espécies lenhosas de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista na região Centro-Sul e análise florística entre áreas florestais no Paraná. *Ambiência* 9, 563-588.
- Csontos, P., Tamás, J., 2003. Comparisons of soil seed bank classification systems. *Seed Science Research* 13, 101-111.
- Curran, L.M., 2000. Experimental tests of the spatio-temporal scale of seed predation in mast-fruited Dipterocarpaceae. *Ecological Monographs* 70, 129-148.
- Daws, M.I., Cleland, H., Chmielarz, P., Gorian, F., Leprince, O., Mullins, C.E., Thanos, C.A., Vandvik, V., Pritchard, H.W., 2006a. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? *Functional Plant Biology* 33, 59-66.
- Daws, M.I., Gaméné, C.S., Glidewell, S.M., Pritchard, H.W., Daws, M.I., Gaméné, C.S., Glidewell, S.M., Pritchard, H.W., 2004a. Seed mass variation potentially masks a single critical water content in recalcitrant seeds. *Seed Science Research* 14, 185-195.
- Daws, M.I., Garwood, N.C., Pritchard, H.W., 2005. Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panamá: some ecological implications. *Functional Ecology* 19, 874-885.
- Daws, M.I., Garwood, N.C.W., Pritchard, H., 2006b. Prediction of desiccation sensitivity in seeds of woody species: a probabilistic model based on two seed traits and 104 species. *Annals of Botany* 97, 667-674.
- Daws, M.I., Lydall, E., Chmielarz, Leprince, O., Matthews, S., Thanos, C.A., Pritchard, H.W., 2004b. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist* 162, 157-166.
- Dekkers, B.J. W., Costa, M.C.D., Maia, J., Bentsink, L., Ligterink, W., Hilhorst, H.W.M., 2015. Acquisition and loss of desiccation tolerance in seeds: from experimental model to biological relevance. *Planta* 241, 563-577.
- Delgado, L.F., Barbedo, C.J., 2012. Water potential and viability of seeds of *Eugenia* (Myrtaceae), a tropical tree species, based upon different levels of drying. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 55, 583-590.

Delouche, J.C., 2002. Germinação, deterioração e vigor da semente. *Revista Seed News* 6, 1-7.

Dussert, S., Chabrillange, N., Engelmann, F., Anthony, F., Louarn, J., Hamon, S., 2000. Relationship between seed desiccation sensitivity, seed water content at maturity and climatic characteristics of native environments of nine *Coffea* L. species. *Seed Science and Technology* 10, 293-300.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2015. Global Forest Resources Assessment 2015 - How are the world's forests changing? Disponível em: <<http://www.fao.org/forest-resources-assessment/en/>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2016. Desmatamento mundial diminui, mas segue alarmante em muitos países. Disponível em: <<https://www.fao.org/br/ddmcramp.asp>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

Flores, A.V., Ataíde, G.M., Borges, E.E.L., Silveira, B.D., Pereira, M.D., 2011. Tecnologia e comercialização de sementes florestais: aspectos gerais. *Informativo Abrates*, 21, 22-29.

Foster, S.A., 1986. On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis. *The Botanical Review* 52, 260-299.

Fowler, J.A.P., Carpanezzi, A.A., Zuffellato-Ribas, K.C., 2006. Tecnologia para o manejo adequado de sementes de farinha seca. *Boletim de Pesquisa Florestal* 53, 195-208.

Garwood, N. C., 1989. Tropical soil seed banks: a review. In: Leck, M. A., Parker, V. T., Simpson, R. L. (Eds.), *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego, 149-209.

Gomes, J.P., Oliveira, L.M., Saldanha, A.P., Manfredi, S., Ferreira, P.I., 2013. Secagem e classificação de sementes de *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret - Myrtaceae quanto à tolerância à dessecação e ao armazenamento. *Floresta e Ambiente* 20, 207-215.

Gris, D., Temponi, L.G., Marcon, T.R., 2012. Native species indicated for degraded area recovery in western Paraná, Brazil. *Revista Árvore* 36, 113-125.

Grubb, P.J., Metcalfe, D.J., Grubb, E.A.A., Jones, G.D., 1998. Nitrogen-richness and protection of seeds in Australian Tropical Rainforest: a test of plant defence theory. *Oikos* 82, 467-482.

Hamilton, K.I.M.N., Offord, C.A., Cuneo, P., Deseo, M.A., 2013. A comparative study of seed morphology in relation to desiccation tolerance and other physiological responses in 71 Eastern Australian rainforest species. *Plant Species Biology* 28, 51-62.

Hay, F.R., Probert, R.J., 1995. The effect of different drying conditions and maturity on desiccation tolerance and seed longevity in *Digitalis purpurea* L. *Annals of Botany* 76, 639-647.

Heydecker, W., Higgins, J., Gulliver, R.L., 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature* 246, 42-44.

Hong, T., Linington, S., Ellis, R.H., 1996. Seed storage behaviour: a compendium. Handbooks for Genebanks, N° 4. IPGRI, Rome, Italy.

Isernhagen, I., 2001. A fitossociologia florestal no Paraná e os programas de recuperação de áreas degradadas: uma avaliação. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/isernhagen,i.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

ISTA (International Seed Testing Association), 1995. Handbook of vigor tests methods. Third Edition. International Seed Testing Association, Zürich.

ITCG (Instituto de Terras Cartografia e Geociências), 2016. Formações Fitogeográficas - Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Fitogeografico_A3.pdf>. Acesso em 08 abr. 2016.

Jardim, A.V.F., Scaramuzza, C.A. de M., Oliveira, D.A.S. de., Rocha, L.R. Senta, M.M.D., Hanson, C., Siqueira, L. P. de., Biderman, R., Calmon, M., Strassburg, B.B.N., Holvercem, C., Boelsums, J., 2014. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - PLANAVEG, Versão preliminar. Ministério do Meio Ambiente, Brasil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/Planaveg/PLANAVEG_20-11-14.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2016.

Jayasuriya, K.M.G.G., Wijetunga, A.S.T.B., Baskin, J.M., Baskin, C.C., 2013. Seed dormancy and storage behaviour in tropical Fabaceae: a study of 100 species from Sri Lanka. *Seed Science Research* 23, 257-269.

José, A.C., Silva, E.A. da, Davide, A.C., 2007. Classificação fisiológica de sementes de cinco espécies arbóreas de mata ciliar quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes* 29, 171-178.

Kaiser, D.K., Malavasi, M.M., Malavasi, U.C., Dranski, J.A.L., Freitas, L.C.N., Kosmann, C.R., Kabroski, K.A., 2016. Physiological maturity of seeds and colorimetry of the fruits of *Allophylus edulis* [(A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.]. *Journal Seed Science* 38, 092-100.

Laboriau, L.G. 1983. A germinação das sementes. Organização dos Estados Americanos, Washington.

Lamarca, E.V., Bento, M., Camargo, P. de, Teixeira, S.D.P., Aparecido, E., 2016. Variations in desiccation tolerance in seeds of *Eugenia pyriformis*: dispersal at different stages of maturation. *Revista Ciência Agronômica* 47, 118-126.

Lan, Q., Xia, K., Wang, X., Liu, J., Zhao, J., Tan, Y., 2014. Seed storage behaviour of 101 woody species from the tropical rainforest of southern China: a test of the seed-coat ratio - seed mass (SCR-SM) model for determination of desiccation sensitivity. *Australian Journal of Botany* 62, 305-311.

Landsberg, J.J.; Sands, P. 2011. Physiological ecology of forest production: principles, processes and models. Academic Press, New York.

- Leprince, O., Buitink, J., 2010. Plant science desiccation tolerance: From genomics to the field. *Plant Science* 179, 554-564.
- Lima, M. de J.R., Hong, T.D., Arruda, Y.M.B.C., Mendes, A.M.S., Ellis, R.H., 2014. Classification of seed storage behaviour of 67 Amazonian tree species. *Seed Science Technology* 42, 363-392.
- Lorenzi, H., 1992. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Vol.1, Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo.
- Magistrali, P.R., José, A.C., Faria, J.M.R., Gasparin, E., 2013. Physiological behavior of *Genipa Americana* L. seeds regarding the capacity for desiccation and storage tolerance. *Journal of Seed Science* 35, 495-500.
- Maguire, J.D., 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2, 176-177.
- Matilla, A., Gallardo, M., Puga-hermida, M.I., 2005. Structural, physiological and molecular aspects of heterogeneity in seeds: a review. *Seed Science Research* 15, 63-76.
- Medeiros, A.C. de S., Zanon, A., 1998a. Conservação de sementes de fruto-de-pombo (*Rhamnus sphaerosperma* Swartz). *Boletim de Pesquisa Florestal* 36, 29-39.
- Medeiros, A.C. de S., Zanon, A., 1998b. Conservação de sementes de branquilha (*Sebastiania commersoniana* (Baillon) L.B. Smith & R.J. Down) e de pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii* Klotzch ex e Ndl.), armazenadas em diferentes ambientes. *Boletim de Pesquisa Florestal* 36, 57-69.
- Medeiros, A.C. de S., Zanon, A., 2000. Armazenamento de sementes de sapuva (*Machaerium stipitatum*). *Boletim de Pesquisa Florestal* 40, 57-66.
- Mello, J.I.O., Figueiredo-Ribeiro, R.C.L., Barbedo, C.J., 2013. Sub-zero temperature enables storage of seeds of *Caesalpinia echinata* Lam. *Journal of Seed Science* 35, 519-523.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.B.A., Kent, J.N., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-858.
- Pammenter, N.W., Berjak, P., 2000a. Aspects of recalcitrant seed physiology. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12, 56-69.
- Pammenter, N.W., Berjak, P., 2000b. Evolutionary and ecological aspects of recalcitrant seed biology. *Seed Science Research* 10, 301-306.
- Pereira, W.V.S., Faria, J.M.R., Tonetti, O.A.O., Silva, E.A.A., 2012. Desiccation tolerance of *Tapirira obtusa* seeds collected from different environments. *Revista Brasileira de Sementes* 34, 388-396.
- Pérez, H.E., Hill, L.M., Walters, C., 2012. An analysis of embryo development in palm: interactions between dry matter accumulation and water relations in *Pritchardia remota* (Arecaceae). *Seed Science Research* 22, 97-111.

- Pritchard, H.W., Daws, M.I., Fletcher, B.J., Gaméné, C.S., Msanga, H.P., Omondi, W., 2004. Ecological correlates of seed desiccation tolerance in tropical African dryland trees. *American Journal of Botany* 91, 863-870.
- Probert, R.J., Adams, J., Coneybeer, J., Crawford, A., Hay, F.R., 2007. Seed quality for conservation is critically affected by pre-storage factors. *Australian Journal of Botany* 55, 326-335.
- Probert, R.J., Daws, M.I., Hay, F.R., 2009. Ecological correlates of ex situ seed longevity: a comparative study on 195 species. *Annals of Botany* 104, 57-69.
- Rajjou L, Debeaujon I., 2008. Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. *Comptes Rendes Biologies* 331, 796–805.
- Ramos, V.S., Durigan, G., Franco, G.A.D.C., Siqueira, M.F., Rodrigues, R.R., 2015. Árvores da floresta estacional semidecidual: guia de identificação de espécies. Segunda edição. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Reis, R. de G.E., Guimarães, R.M., Pereira, D. de S., Castro, M.B. de, Vieira, A. R., Carvalho, M.L. M. de, 2013. Qualidade fisiológica de sementes de berinjela osmocondicionadas submetidas à secagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48, 1507-1516.
- Ribeiro, M.C., Martensen, A.C., Metzger, J.P., Tabarelli, M., Scarano, F., Fortin, M.J., 2011. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: Zachos, F.E., Habel, J.C. (Eds.), *Biodiversity Hotspots - Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*. London, New York, 405-434.
- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J., Hirota, M.M., 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142, 1141-1153.
- Ribeiro-Oliveira, J.P., Ranal, M.A., 2014. Sementes florestais brasileiras: início precário, presente inebriante e o futuro, promissor? *Ciência Florestal* 24, 771-784.
- Roberts, E.H., 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* 1, 499-514.
- Rodríguez, M.D.C., Orozco-segovia, A., Sánchez-Coronado, M.E., Vázquez-Yanes, C., 2000. Seed germination of six mature neotropical rain forest species in response to dehydration. *Tree Physiology* 20, 693-699.
- Roeder, M., Ferraz, I.D.K., Hölscher, D., 2013. Seed and germination characteristics of 20 Amazonian Liana Species. *Plants* 2, 1-15.
- Rondon Neto, S.M., Kozera, C., Andrade, R.R., Cecy, A.T., Hummes, A.P., Fritzsos, E., Caldeira, M.V.W., Maciel, M.N.M., Souza, M.K.F., 2002. Caracterização florística e estrutural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em Curitiba, PR-Brasil. *Floresta* 32, n. 1, 3-16.

Royal Botanic Gardens Kew, 2016. Seed Information Database (SID), Version 7.1. Disponível em: <<http://data.kew.org/sid/>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

Salomão, A.N., 2004. Desiccation, storage and germination of *Genipa americana* seeds. In: Sacandé, M., Joker, D., Dulloo, M.E., Thomsen, K.A. (Eds.). Comparative storage: biology of tropical tree seeds. IPGRI, 263-269.

São Paulo, 2007. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resolução nº 08/2007, de 7 de março de 2007. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 08/03/2007. Seção Meio Ambiente.

Sarmiento, M.B., Villela, F.A., 2010. Sementes de espécies florestais nativas do sul do Brasil, Informativo Abrates 20, 39-44.

Scherer, C., Jarenkow, A., 2006. Banco de sementes de espécies arbóreas em floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 29, 67-77.

Silva, A., Ferraz, I.D.K., 2015. Armazenamento de sementes. In: Piña-Rodrigues, F.C.M., Figliolia, M.B., Silva, A. (Eds.), Sementes Florestais Tropicais: da ecologia à produção. Abrates, Brasília, 219-243.

Silva, A.P.M., Marques, H.R., Luciano, M.S.F., Santos, T.V.M.N., Teixeira, A.M.C., Sambuichi, R.H.R., 2015. Gargalos da regulamentação da produção e comercialização de sementes e mudas florestais nativas no Brasil: contribuições para revisão da normativa. Boletim Regional, Urbano e Ambiental 12, 71-80.

Silva, K.B., Alves, E.U., Gonçalves, E.P., Bruno, R.L.A., França, P.R.C., 2011. Armazenamento de sementes de *Erythrina velutina* Willd. Revista Árvore 35, 809-816.

Silva-Weber, A.J.C., Nogueira, A.C., Carpanezzi, A.A., Galvão, F., Weber, S.H., 2012. Composição florística e distribuição sazonal do banco de sementes em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Araucária, PR. Pesquisa Florestal Brasileira 32, 193-207.

SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), 2015. Dados meteorológicos de Guaira - ano 2014. Curitiba: Simepar

Somner, G.V., Ferrucci, M.S., Acevedo-Rodríguez, P., Coelho, R.L.G., 2016. *Allophylus* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20873>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

Souza, V.C.; Bruno, R.L.A.; Andrade, L.A., 2005. Vigor de sementes armazenadas de ipê amarelo *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich. Revista Árvore, 29 833-841.

Stehmann, J.R., Forzza, R.C., Salino, A., Sobral, M., Costa, D.P., Kamino, L.H.Y., 2009. Plantas da Floresta Atlântica. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Suding, K., Higgs, E., Palmer, M., Callicott, J.B., Anderson, C.B., Baker, M., Gutrich, J.J., Hondula, K.L., La Fevor, M.C., Larson, B.M.H., Randall, A., Ruhl, J.B., Schwartz K.Z.S., 2015. Committing to ecological restoration. Science 348, 638-640.

Tompsett, P.B., Pritchard, H.W., 1998. The effect of chilling and moisture status on the germination, desiccation tolerance and longevity of *Aesculus hippocastanum* L. seed. *Annals of Botany* 82, 249-261.

Tompsett, P.B., Pritchard, H.W., 1993. Water status changes during development in relation to the germination and desiccation tolerance of *Aesculus hippocastanum* L. seeds. *Annals of Botany* 71, 107-116.

Tweddle, J.C., Dickie, J.B., Baskin, C.C., Baskin, J.M., 2003. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology* 91, 294-304.

Vaz, T.A.A., Davide, A.C., Rodrigues-junior, A.G., Nakamura, A.T., 2016. *Swartzia langsdorffii* Raddi: morphophysiological traits of a recalcitrant seed dispersed during the dry season. *Seed Science Research* 26, 47-56.

Vázquez-Yanes, C., Orozco-Segovia, A., 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24, 69-87.

Verdier, J., Lalanne, D., Pelletier, S., Torres-Jerez, I., Righetti, K., Bandyopadhyay, K., Leprince, O., Chatelain, E., Vu. B.L., Gouzy, J., Gamas, P., Udvardi, M.K., Buitink, J., 2013. A regulatory network-based approach dissects late maturation processes related to the acquisition of desiccation tolerance and longevity of *Medicago truncatula* seeds. *Plant Physiology* 163, 757-774.

Vertucci, C.W., Farrant, J.M., 1995. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: Kigel, J., Galilli, G. (Eds.). *Seed development and germination*. M. Dekker, New York, 237-271.

Walters, C., 2000. Levels of recalcitrance in seeds. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12, 7-21.

Walters, C., Berjak, P., Pammenter, N., Kennedy, K., Raven, P., 2013. Preservation of recalcitrant seeds. *Plant Science* 339, 915-917.

Waterworth, W.M., Bray, C.M., West, C.E., 2015. The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. *Journal of Experimental Botany* 66, 3549-3558.

Wielewicki, A.P., Leonhardt, C., Schlindwein, G., Medeiros, A.C.S., 2006. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Sementes* 28, 191-197.

Zanotti, R.F., Motta, L.B., Bragatto, J., Labate, C.A., Salomão, A.N., Vendrame, W.A., Cuzzuol, G.R.F., 2012. Germination, carbohydrate composition and vigor of cryopreserved *Caesalpinia echinata* seeds. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 55, 661-669.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As sementes de *A. edulis* atingiram a maturidade fisiológica no último estágio de maturação dos frutos e antes da abscisão natural, quando a coloração do epicarpo era predominantemente vermelha, independentemente da localização das árvores matrizes na região oeste do Paraná.

Além do parâmetro visual, os valores de reflectância entre 28,0 - 49,2 nm do espectro de cores verde de um colorímetro digital de 10 bits podem ser utilizados com mais segurança para a colheita de sementes na maturidade fisiológica em matrizes localizadas na região oeste do Paraná. No entanto, seria apropriado que o método de colheita de sementes de *A. edulis* com maturidade fisiológica apoiada na colorimetria digital do fruto, fosse testada em outros anos e, em outras populações a fim de aumentar a confiabilidade do método. Além disso, a aplicabilidade do método para a colheita de frutos em larga escala, como por exemplo, em um pomar de sementes, também requer novos estudos.

As sementes de *A. edulis* colhidas em Guaíra-PR, são tolerantes à dessecação até a remoção de 82% do conteúdo de água celular, equivalente ao teor de água de 5%. Embora as sementes suportem a redução do conteúdo de água até 5%, estas possuíram curta longevidade no armazenamento em sacos de papel *kraft* trifoliados e ambiente controlado a $20,1 \pm 1,1$ °C e $39,1 \pm 5,6$ % UR, com perda de 50% da capacidade germinativa após 232 dias.

Frente a premissa de que o habitat e/ou as condições climáticas podem selecionar comportamentos distintos para tolerância à dessecação, torna-se oportuno estudos com sementes de *A. edulis* colhidas em diferentes anos e regiões bioclimáticas. Acrescenta-se a isso, uma caracterização minuciosa do habitat, a fim de tentar evidenciar relações entre características fenotípicas e ecofisiológicas. Além disso, novos estudos são requeridos para avaliar o potencial de conservação *ex situ* em longo prazo (embalagens, umidade relativa, temperatura, congelamento e nitrogênio líquido). A análise de sistemas enzimáticos e a composição química das sementes também poderiam contribuir para uma compreensão profunda dos mecanismos que levam a perda da viabilidade durante o armazenamento de sementes de *A. edulis*.

Apesar das sementes de *A. edulis* apresentarem vida curta nas condições de armazenamento utilizadas, é oportuno enfatizar que a secagem das sementes promoveu maior sincronismo na germinação e estendeu duas vezes a longevidade das mesmas, o que comprova o quão indispensável e benéfica é a prática desta operação no manejo pós-colheita e para conservação das sementes desta espécie.

Portanto, recomenda-se que os frutos sejam colhidos com coloração vermelha e se houver a necessidade de armazenamento, que as sementes sejam secas até atingir um teor de água de 5%.