



GIRLÂNIO HOLANDA DA SILVA

**COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE
Peltophorum dubium Sprengel (Taubert) EM
BANCO DE SEMENTES AÉREO E DO SOLO**

LAVRAS - MG

2016

GIRLÂNIO HOLANDA DA SILVA

**COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE *Peltophorum dubium* Sprengel
(Taubert) EM BANCO DE SEMENTES AÉREO E DO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Anderson Cleiton José

Co-orientador

Dr. José Marcio Rocha Faria

LAVRAS - MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo próprio autor.**

Silva, Gírlânio Holanda.

Comportamento de sementes de *Peltophorum dubium*
Sprengel (Taubert) em banco de sementes aéreo e do solo /
Gírlânio Holanda Silva. – Lavras: UFLA, 2016.

75 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientador: Anderson Cleiton José.

Bibliografia.

1. Longevidade de sementes. 2. Regeneração. 3. Banco de
sementes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

GIRLÂNIO HOLANDA DA SILVA

**COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE *Peltophorum dubium* Sprengel
(Taubert) EM BANCO DE SEMENTES AÉREO E DO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração Ciências Florestais, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 04 de fevereiro de 2016

Prof. Dr. Anderson Cleiton José UFLA

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria UFLA

Profa. Dra. Fernanda Carlota Nery UFSJ

Orientador

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

LAVRAS - MG

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a esse Deus grandioso, bondoso, misericordioso, amoroso, eterno, compassivo e de paz, em quem sempre busquei força pra continuar lutando e insistindo pelo que sonho ter um dia ...; a este Deus seja dada toda honra, glória e louvor pelo séculos dos séculos, amém. Maranata!

A meu pai, Givaldo, sempre presente em minhas lutas, e a Minha mãe, Lucineide, com seus cuidados comigo.

Aos meus colegas de laboratório, por sempre me ajudarem quando precisava e pela grande amizade que sempre tivemos: Gislean, Fabieli, Rayana (Coruja), Thalita, Wilson, e Tatiana.

Aos professores Anderson Cleiton José, José Marcio Rocha Faria e Olívia Alvina Oliveira Tonetti pela orientação deste trabalho. A professora Fernanda Carlota Nery pela participação na banca.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e a CAPES pela bolsa concedida.

RESUMO

Os bancos de sementes do solo ou aéreo são importantes meios de regeneração natural que auxiliam a capacidade de recuperação ambiental, pois os bancos de sementes são uma fonte genética para a entrada de novos indivíduos no ecossistema. O banco de sementes no solo é formado por todas as sementes que permanecem viáveis em determinada área do solo por períodos variáveis. Por outro lado, o banco de sementes aéreo é outro tipo de estratégia, um pouco mais rara, de regeneração natural caracterizado pela retenção prolongada dos frutos a planta-mãe, mesmo após terem alcançado a maturidade fisiológica. Portanto, tendo conhecimento da importância de tais estratégias de regeneração, objetivou-se com este trabalho estudar os aspectos do comportamento dos bancos de sementes aéreo e induzido no solo da espécie *P. dubium*. Para a avaliação da caracterização do banco de sementes aéreo, foram feitas coletas mensais de dados de germinação. Os resultados indicaram que a espécie *P. dubium*, forma banco de sementes aéreo de curta serotinosidade. Para a avaliação do banco de sementes induzido, bimestralmente, dados de germinação, números de plântulas, taxa de predação e conteúdo de água de sementes. Sementes de *P. dubium* pode permanecer por até 16 meses viáveis no solo, o que permite a classificação da espécie como sendo formadora de banco de sementes persistente.

Palavras-chave: Banco de sementes. Serotinosidade. Longevidade.

ABSTRACT

The soil seed bank or aerial seed bank are important to the natural regeneration, assisting the ability of environmental recovery, because the seed banks are genetic source for the entry of new individuals in the ecosystem. The soil seed bank is composed by all seeds that remain viable in a given area of soil for variable periods. On the other hand, the aerial seed bank is another type of rarer natural regeneration strategy, characterized by prolonged retention of the mother plant fruits even after they have reached physiological maturity. Therefore, being aware of the importance of such regeneration strategies, this work aimed to study aspects of the behavior of aerial seed bank and burial seed bank of the species *P. dubium*. For the characterization of aerial seed bank, were collected, monthly, germination data of the *P. dubium*. The results indicated that the species *P. dubium*, forms aerial seed bank with short serotiny. For the evaluation of burial seed bank, bimonthly, germination data, seedling numbers, predation rate and seed water content were collected. *P. dubium* seeds remain viable for up to 16 months in the soil, which allows the classification of the species as persistent seed bank forming.

Keywords: Seed bank. Serotiny. Longevity.

Lista de figuras (Artigo 1)

- Figura 1: % Germinação, conteúdo de água, matéria seca (g) durante a formação de sementes de *P. dubium* entre abril de 2014 e julho de 2014.....41
- Figura 2: Aquisição da tolerância à dessecação durante o desenvolvimento de sementes de *P. dubium*. Sementes coletadas em abril e maio de 2014 submetidas ou não à secagem antes da germinação.....42
- Figura 3: % Germinação, % sementes dormentes, conteúdo de água e matéria seca (MS) de sementes de *P. dubium* no banco de sementes aéreo entre os meses de junho de 2014 e fevereiro de 2015.....43
- Figura 4: Tempo médio de germinação de sementes de *P. dubium* no banco de sementes aéreo entre os meses de junho de 2014 e fevereiro de 2015.....44
- Figura 5: Padrão eletroforético de proteínas totais extraídas de *P. dubium* entre abril de 2014 e fevereiro de 2015.....45
- Figura 6: Padrão eletroforético de proteínas resistentes ao calor de *P. dubium* entre abril de 2014 e fevereiro de 2015.....45
- Figura 7: Variações climatológicas (temperatura máxima, mínima e precipitação) no período de abril de 2014 e fevereiro de 2015.....46

Lista de figuras (Artigo 2)

Figura 1: Precipitação média mensal, umidade do solo e conteúdo de água das sementes de *P. dubium* no período de julho de 2014 a novembro de 2015.....66

Figura 2: Modelos ajustados para estimativa da viabilidade e predação em sementes de *P. dubium* em banco de sementes induzido.....67

Figura 3: Porcentagem de sementes viáveis, inviáveis (sementes mortas), emergência de plântulas e sementes predadas no banco de sementes induzido no solo no período de julho de 2014 a novembro de 2015.....68

SUMÁRIO

1. Introdução geral.....	111
2. Referencial teórico	13
2.1. Banco de sementes	13
2.2. Classificação de bancos de sementes	13
2.3. Bancos de sementes aéreos	14
2.4. Caracterização da espécie em estudo	17
2.5. Fatores que afetam a longevidade das sementes	19
2.6. Fatores que afetam a longevidade de sementes no banco de sementes do solo	20
2.7 Proteínas.....	22
REFERÊNCIAS.....	2323
SEGUNDA PARTE	32
ARTIGO 1 COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE <i>Peltophorum dubium</i> Sprengel (Taubert) EM BANCO DE SEMENTES AÉREO	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	32
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1 Local de coleta e beneficiamento das sementes	34
2.2 Local do estudo.....	35
2.3 Avaliações fisiológicas.....	35
2.4 Tolerância a dessecação.....	37
2.5 Superação natural da dormência	37
2.6 Determinação do conteúdo de água.....	37
2.7 Extração e quantificação de proteínas totais e resistentes ao calor.....	38
2.8 Dados climatológicos.....	39
2.9 Delineamento experimental.....	39
3. RESULTADOS	40
4. DISCUSSÃO.....	47
5. CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	52
ARTIGO 2 COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE <i>Peltophorum dubium</i> EM BANCO DE SEMENTES INDUZIDO	58
RESUMO.....	58
ABSTRACT.....	58
1. INTRODUÇÃO.....	59
2. MATERIAL E MÉTODOS	61
2.1 Área de estudo.....	61
2.2 Seleção das matrizes e obtenção das sementes	61
2.3 Instalação do banco de sementes induzido	62

2.4	Análise da emergência de plântulas	62
2.5	Sementes predadas.....	63
2.6	Viabilidade.....	63
2.7	Conteúdo de água.....	64
2.8	Determinação da umidade de solo.....	64
2.9	Dados climatológicos.....	64
2.10	Delineamento experimental e análises estatísticas	65
3.	RESULTADOS	65
4.	DISCUSSÃO.....	69
5.	CONCLUSÕES.....	70
	REFERÊNCIAS.....	71

PRIMEIRA PARTE

1. Introdução geral

Existem diversas formas de regeneração florestal, como: reprodução vegetativa, chuva de sementes, banco de plântulas, banco de sementes no solo e banco de sementes aéreo, as quais são as principais estratégias de regeneração em áreas onde ocorreu algum tipo de distúrbio (CAMPOS et al., 2009; DURIGAN et al., 2011; FELFILI; SAMPAIO; CORREIA, 2008; MIRANDA NETO et al., 2010; PÉREZ; SANTIAGO, 2001).

Assim, a presença de um banco de sementes no solo ou aéreo são cruciais na modulação da capacidade de resiliência que determinado ecossistema possui após sofrer distúrbios, tais como movimentos de solo, queimadas, secas severas, geadas, inundações, atividades antrópicas, etc. (GUIMARÃES et al., 2014; TONELLO; TEIXEIRA FILHO, 2012).

Os bancos de sementes proporcionam a substituição de indivíduos adultos que desapareceram por causas naturais ou antrópicas, e, dessa forma, apresentam um papel ecológico importante com a entrada de novos indivíduos para as comunidades vegetais (MIRANDA NETO et al., 2010).

O banco de sementes no solo é formado por todas as sementes que permanecem viáveis e que não germinam em determinado período de tempo, podendo ser classificados em vários tipos. De forma simplificada e sem considerar os hábitos de dispersão, a literatura mais comumente refere-se a dois tipos: transitórios e persistentes. Os bancos de sementes transitórios são compostos por sementes que permanecem viáveis por até um ano; e o banco de sementes persistente, aquele em que as sementes permanecem por mais de um ano após serem dispersas (BASKIN; BASKIN, 2014).

O banco de sementes aéreo, por outro lado, é caracterizado pelo atraso da dispersão dos frutos após sua maturidade. Assim, as sementes viáveis que compõem os bancos de sementes aéreos ficam presas na árvore por no mínimo três meses após atingirem sua maturidade, o que caracteriza essa estratégia de regeneração. Portanto, independentemente do tipo de banco de sementes, a longevidade de sementes é um fator importante na dinâmica da regeneração florestal, assim, quanto maior o tempo em que as sementes permanecem viáveis no banco de sementes, maiores serão as chances de sobrevivência da espécie (BASKIN; BASKIN, 2014; GÜNSTER, 1992; TESTE; LIEFFERS; LANDHAUSSER, 2011).

Por outro lado, ao longo da permanência do banco de sementes, seja aéreo ou no solo, existe perda de sementes por predação, ataque de microrganismos e pela deterioração devido a condições adversas do meio, o que torna o banco de sementes altamente variável em sua composição e tempo de duração (LONG et al., 2015).

O banco de sementes tem grande importância sobre a entrada de novos indivíduos no ecossistema. Contudo, existem poucos estudos sobre o tema especialmente em ecossistemas tropicais. Motta, Davide e Ferreira (2006) mostram o único estudo com espécie nativa, onde observaram que o aumento da profundidade na indução do banco de semente causa diminuição na taxa de germinação. Por outro lado, existem vários trabalhos que utilizam a indução de banco de sementes para a recuperação de áreas degradadas (JENSEN; WALKER; PATON, 2008; SCHORN et al., 2010).

Assim, sabendo-se da importância do conhecimento das estratégias de colonização que as espécies possuem este trabalho teve como objetivo estudar os aspectos do comportamento dos bancos de sementes aéreo e induzido no solo de *Peltophorum dubium*.

2. Referencial teórico

2.1. Banco de sementes

Os bancos de sementes podem ser de dois tipos: banco de sementes aéreo, quando as sementes permanecem dentro do fruto presas a planta mãe após atingirem a maturidade; e banco de sementes no solo, quando as sementes são dispersas e não germinam, sendo incorporadas ao solo ou misturada a serapilheira (THOMPSON; GRIME, 1979).

O banco de sementes no solo pode ser definido como um conjunto de todas as sementes viáveis que são capazes de gerar indivíduos adultos em uma área (BRAGA et al., 2008; BUTLER; CHADZON, 1998; THOMPSON; GRIME, 1979). Os bancos de sementes no solo podem fornecer sementes para a recolonização de comunidades vegetais, sendo um importante componente ecológico para a regeneração após estresses em ecossistemas degradados, especialmente, se as sementes das espécies permanecem viáveis no solo por longos períodos de tempo (FENNER, 1995; SAATKAMP et al., 2009; SCHORN et al., 2010; WANG et al., 2015).

O banco de sementes é caracterizado por ser um sistema altamente dinâmico, havendo entrada de sementes oriundas da chuva de sementes e dispersão por agentes bióticos e abióticos (LECK; PARKER; SIMPSON, 1989; THOMPSON; GRIME, 1979), e corresponde a reserva da diversidade genética (LIU et al., 2014; MESQUITA; ANDRADE; PEREIRA, 2014; WANG et al., 2015).

2.2. Classificação de bancos de sementes

Existem diversas classificações de bancos de sementes, principalmente quando se trata de diferentes ambientes (temperado e tropical). Todavia, quando se fala de bancos de sementes de clima tropical, a classificação mais utilizada é aquela proposta por Garwood (1989), na qual é baseada no padrão de dispersão e germinação das sementes, onde são propostos cinco tipos de bancos de sementes: transitório, sementes de curta longevidade (≤ 1 ano); banco de sementes persistentes, com sementes cuja viabilidade ultrapassa um ano; pseudo-persistentes, com sementes de curta longevidade, mas dispersam durante o ano todo; transitório estacional, que possui sementes de longevidade curta e que apresenta dormência em certo período do ano; e transitório atrasado, composto por sementes cuja germinação é bem distribuída no tempo, podendo permanecer no solo por até dois anos.

2.3. Bancos de sementes aéreos

2.3.1. Definição de banco de sementes aéreo

A definição de banco de sementes aéreo está ligada a palavra “serotinoso” que segundo alguns autores refere-se a plantas “com florescimento tardio” (FRIEND; GURALNIK, 1957). Contudo, o termo é usado para se referir ao atraso da dispersão de sementes.

Para Lamont (1991) o termo “serotinoso” diz respeito a parte das sementes que ficam retidas na planta mãe mesmo após atingirem a maturidade, e, portanto, formando um banco de sementes aéreo. Dessa forma, as espécies chamadas de não serotinosas são caracterizadas pela dispersão das sementes após atingirem a maturidade fisiológica.

Baskin e Baskin (2014) conceituam banco de sementes aéreo como a formação de um banco de sementes devido ao atraso da dispersão das sementes da planta mãe, mesmo após atingirem a maturidade, de forma que os frutos devem permanecer por no mínimo três meses aderidas à árvore, formando um banco de sementes aéreo, e, dessa forma, podendo ser considerada como uma espécie serotínosa.

Outra característica dos bancos de sementes aéreos é que espécies que formam este tipo de banco, de forma geral, não apresentam dormência, germinando logo após sua dispersão, de forma a não formar bancos de sementes no solo (BASKIN; BASKIN, 2014). Contudo, há relatos de espécies serotínosas que após a dispersão suas sementes apresentam dormência, as quais poderão compor o banco de sementes no solo (OLIVEIRA; FERRAZ, 2006).

2.3.2. Ambientes onde são formados bancos de sementes aéreos

Existem algumas hipóteses que tentam explicar o desenvolvimento da serotinosidade em plantas, as quais indicam que esta característica está correlacionada a fatores ambientais como: habitats com alta incidência de queimadas, solos pobres em nutrientes e baixa precipitação (BASKIN; BASKIN, 2014; GUNSTER, 1992; KEELEY et al., 2011; LAMONT, 1991).

De acordo com uma das hipóteses mais aceitas que tentam explicar o aparecimento de banco de sementes aéreos, as espécies que desenvolvem essa estratégia asseguram que a germinação não ocorra logo após a incidência de uma queimada em determinado local, e com isso diminui o nível de predação, aumentando as chances de germinação e estabelecimento de plântulas (BASKIN; BASKIN, 2014; GOUBITZ et al., 2003; NE'EMAN; GOUBITZ; NATHAN, 2004). Por outro lado, de acordo com estudo feito por Gunster (1992), afirma-se

que o aparecimento de espécies serotinosas está ligado a habitats onde existe alta variabilidade de chuvas, como no deserto da Namíbia.

2.3.3. Espécies que formam banco de sementes aéreo

Existem diversas espécies que formam banco de sementes aéreo de curta serotinosidade, em que o banco de sementes perdura por até um ano; ou longa serotinosidade, em que a viabilidade das sementes no banco perdura por mais de um ano. Porém a maioria das informações relativas a serotinosidade são observadas em espécies exóticas, sendo raros os estudos de espécies nativas que formam banco de sementes aéreo e por quanto tempo as sementes ficam nesse banco (LAMONT, 1991).

No Brasil, o único estudo comprovado que faz menção sobre a formação de banco de sementes aéreo em espécie nativa é o realizado por Oliveira e Ferraz (2006), no qual os autores observaram uma permanência de 6 meses de sementes de *Parkia pendula* no banco de sementes aéreo.

Além desse estudo, Lorenzi (2002) cita algumas espécies nativas, tais como *Caesalpineia ferrea*, *Auxemma oncocalyx*, *Terminalia argentea*, *Micandra elata*, *Apuleia leiocarpa*, *Cassia grandes*, *Parkia oculeata*, *Dalbergia miscolobium*, *Erythrina falcata*, *Erythrina speciosa*, *Ormosia arborea*, *Platypodium elegans*, *Pterocarpus violaceus*, *Pterodon emarginatus*, *Eterpe edulis*, *Aegiphila sellowiana*, *Patagonola bahiensis*, *Dialium guianense*, *Goldmania paraguensis*, *Mimosa glutinosa*, *Ruprechtia exploraticis*, *Pterogyne nitens*, *Sclerolobium denudatum*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* que, possivelmente, mantêm os frutos presos às plantas após atingirem sua maturidade, porém não informa quanto tempo as sementes permanecem viáveis.

2.4. Caracterização da espécie em estudo

2.4.1. Características botânicas

P. dubium é uma Fabaceae arbórea conhecida como canafístula, ibirá e angico-amarelo. A espécie é descrita como decídua, visto que perde todas as suas folhas na estação seca (LORENZI, 1992).

Essa espécie é considerada como sendo uma das leguminosas pioneiras de mais rápido crescimento, de forma que pode chegar a atingir 40 m de altura quando adulta. Possui copa ampla, umbeliforme, larga e achatada, as folhas são caracterizadas como sendo compostas bipinadas, com média de 25 cm de largura por 50 cm de comprimento e apresentam flores com coloração amarelo-vivas ou alaranjadas (BERTOLINI; BRUN; DEBASTIANI, 2015; CARVALHO, 2003).

2.4.2. Local de ocorrência da espécie

A distribuição natural de *P. dubium* é bastante ampla, ocorrendo desde o Nordeste, mais precisamente na região agreste Paraibana, região de transição de clima tropical úmido e semiárido, com estrutura de vegetação do tipo Savana estépica (arbustivo-arbórea); até a noroeste do Rio Grande do Sul, de clima subtropical, cuja vegetação do tipo Estacional decidual ou Semidecidual (JURINITZ; JARENKOW, 2001; MARCHORI; ALVES, 2012; PEREIRA et al., 2001). Contudo, é encontrada com mais frequência em florestas Estacionais Semidecíduais (CARVALHO, 2003).

2.4.3. Principais usos de *Peltophorum dubium*

Dentre os diversos usos que *P. dubium* possui, destaca-se o alto potencial para reflorestamento. Essa árvore apresenta madeira de boa qualidade, com tronco cilíndrico, chegando a obter fustes retos de até 15 m de comprimento. A madeira é utilizada na carpintaria, marcenaria e construção civil, e por isso possui alto valor econômico para a indústria moveleira (MODES et al., 2012).

Além disso, a espécie é bastante utilizada como tutora para espécies secundárias-clímax e quebra-vento em pastagens. Segundo Carvalho (2003), a espécie *P. dubium* é usada em projetos de paisagismo e de arborização urbana.

A espécie *P. dubium* é classificada como uma das 15 árvores de maior valor madeirável, e também como uma das 16 espécies florestais que apresenta madeira com maior utilidade, e por fim, é classificada como uma espécie de alto valor econômico para madeira serrada (RUCHEL, 2003). Também é indicada para projetos de recuperação de áreas degradadas (MENEGHELLO; MATTEI, 2004; SAMPAIO; POLO; BARBOSA, 2012; SILVA et al., 2014; TOSCAN et al., 2014).

2.4.4. Informações ecológicas

P. dubium é uma espécie pioneira de ocorrência em florestas nativas. Onde há sua ocorrência é observada a existência de poucos indivíduos de grande porte, ocupando com frequência o dossel dominante em florestas primárias. Em relação ao crescimento e à produção, essa espécie apresenta rápido crescimento, com produtividade volumétrica máxima registrada de 19,6 m³. ha⁻¹. ano⁻¹ (BERTOLINI; BRUN; DEBASTIANI, 2015). Entretanto, seu crescimento pode ser limitado pela ocorrência de fortes geadas (ESPÉCIES..., 2007).

2.5. Fatores que afetam a longevidade das sementes

Vários são os fatores que podem afetar a longevidade das sementes, os quais vão desde as características genéticas da espécie a fatores ambientais que afetam a longevidade das sementes (SURIYONG et al., 2015).

O armazenamento de sementes é um importante processo na produção vegetal, pois minimiza as condições ambientais desfavoráveis que aceleram a deterioração das sementes, diminuindo seu potencial de utilização.

As condições de armazenamento desempenham um papel importante na manutenção da qualidade de sementes até o seu uso final. Portanto, as condições ambientais relacionadas a altas temperaturas, umidade relativa e conteúdo de água das sementes, devem ser observadas com mais cuidado na hora do armazenamento, visto que o armazenamento inadequado irá reduzir de forma mais rápida a longevidade de sementes (SURIYONG et al., 2015).

Dentre os fatores citados anteriormente, o conteúdo de água das sementes é considerado um dos principais fatores que afetam a longevidade das sementes, pois pode induzir a uma alta taxa respiratória e consumo energético das reservas que a semente possui, sendo este uma das principais características a serem observadas (MARTINS; CAMARGO, 2014).

Estima-se que a longevidade das sementes possa reduzir pela metade a cada 1% de aumento no conteúdo de água das sementes dentro do intervalo de 5 a 14% (HARRINGTON, 1960). Além do mais, a alta umidade é mais propícia à multiplicação de patógenos e insetos, e, portanto, aumenta a taxa de deterioração nas sementes (DOIJODE, 2001).

Da mesma forma, a temperatura de armazenamento possui um papel fundamental na longevidade das sementes (SURIYONG et al., 2015). De modo semelhante à umidade, de acordo com a “regra do polegar”, a longevidade de sementes é reduzida pela metade a cada 5 °C de acréscimo na temperatura de

armazenamento (em intervalo de 0 a 50 °C) (HARRINGTON, 1960). Além disso, flutuações na temperatura e umidade durante o armazenamento também podem afetar a longevidade das sementes (MARAGHNI; GORAI; NEFFATI, 2010).

A maturação de sementes e viabilidade inicial em que são armazenadas são características que influenciam a longevidade das sementes, tanto durante o armazenamento quanto no estabelecimento de novas plântulas após a dispersão das sementes, visto que a coleta de sementes no momento ideal, observado através de indicadores de maturidade tais como umidade, massa seca, coloração dos frutos, entre outros, pode conferir maior longevidade às sementes durante o armazenamento (AZEVEDO; FIGUEIRÊDO NETO, 2014; MATA et al., 2013; MATHEUS; LOPES; CORRÊA, 2011).

Além desses fatores, a longevidade das sementes também está associada ao genótipo, tipo de beneficiamento e composição química que as sementes possuem (COPELAND; MCDONALD, 2001).

2.6. Fatores que afetam a longevidade de sementes no banco de sementes do solo

Diversos são os fatores que afetam a longevidade de sementes no banco de sementes do solo ao longo do tempo, podendo ser a influência de um único fator, como a característica genética da espécie, ou a combinação de vários fatores, como a dormência morfológica, física, fisiológica, conteúdo de água, amplitudes térmicas, predação de sementes, profundidade do banco de sementes, patógenos, etc. (CARMONA, 1992; JURAND; ABELLA; SUAZO, 2013).

A dormência física é um importante fator que afeta a longevidade de sementes no banco. Visto que a presença do tegumento é uma barreira natural à penetração de água, oxigênio, predação (patógenos e insetos) e, dessa forma, impedindo que a germinação ocorra mesmo em condições favoráveis, e, com isso,

prolongando o tempo de permanência das sementes no solo (CHRISTOFFOLETI; CAETANO, 1998).

Além disso, a longevidade da semente no solo pode ser afetada por um complexo de fatores, como tamanho e a forma da semente (THOMPSON et al., 1987); e por causas naturais bióticas e abióticas que atuam sobre o solo, tais como temperatura, umidade, pH, além de outros atributos físicos e químicos do solo (FENNER, 1995).

A variação da temperatura é uma condição que as sementes estão sujeitas no campo, sendo importante em alguns casos, para a superação da dormência (JHA et al., 2014). Por outro lado, temperaturas negativas ou muito elevadas podem ser prejudiciais às sementes. Temperaturas altas podem acelerar a deterioração das sementes devido ao aumento da atividade metabólica causada (BASKIN; BASKIN, 2014).

Ao longo do desenvolvimento, e após a dispersão as sementes ficam expostas e susceptíveis a incidência de patógenos e insetos, o que pode diminuir a longevidade das mesmas (MARTINI; ETHUR; DORNELES, 2014; PINTO et al., 2013; SOUZA et al., 2012).

Assim, após a dispersão das sementes e sua incorporação no solo, as sementes poderão ser predadas por diversos organismos, como: insetos, pássaros, minhocas, mamíferos, etc. A taxa de predação pode variar dependendo dos ambientes (LONG et al., 2015). Dessa forma, a predação de sementes no ambiente é um importante fator a ser estudado, pois pode indicar a taxa de sobrevivência de determinada espécie em relação a predação contínua no banco de sementes, e, portanto, influenciando sua longevidade (BAGCHI et al., 2011; LUCAS-BORJA et al., 2012).

2.7. Proteínas

Os perfis eletroforéticos de proteínas mostram grande número de polipeptídeos possíveis de serem analisados, possibilitando a identificação de grupos de proteínas a eventos fisiológicos importantes durante a maturidade fisiológica (RIGHETTI et al., 2015).

Os processos que ocorrem durante maturidade fisiológica conferem a capacidade às sementes de permanecerem vivas por longos períodos de tempo (CHATELAIN et al., 2012). Dessa forma, vários trabalhos têm relatado que moléculas protetoras como, LEA, e proteínas de choque térmico estão associadas com a longevidade de sementes (VERDIER et al., 2013).

De forma geral, uma das características principais das proteínas resistentes ao calor é que as mesmas possuem baixo peso molecular, entre 15 e 30 KDa, desempenhando papel importante na defesa contra microrganismos, estresses ambientais e na maturação de sementes (KALEMBA; PUKAKA, 2008; NARBERHAUS, 2002; OMAR et al., 2011; SANTINE; MARTOREL, 2013; VIERLING, 1997; WEHMEYER, 1996).

Assim, embora existam na literatura trabalhos que estudem as alterações do perfil proteico durante a maturidade fisiológica de espécies não serotinosas (CHATELAIN et al., 2012), nenhum trabalho em espécies nativas relata as possíveis alterações proteicas no banco de sementes aéreo.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, T. P. D.; FIGUEIRÊDO NETO, A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Carica papaya* L. em função do estágio de maturação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 9, n. 2, p. 52-58, 2014.

BAGCHI, R. et al. Impacts of logging on density-dependent predation of dipterocarp seeds in a south east Asian rainforest. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences**, London, v. 366, p. 3246-3255, 2011.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2nd ed. San Diego: Academic; Elsevier, 2014. 1601 p.

BERTOLINI, I. C.; BRUN, E. J.; DEBASTIANI, A. B. Caracterização silvicultural da canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 14, n. 2, p. 67-76, 2015.

BRAGA, A. J. T. et al. Composição do banco de sementes de uma floresta Semidecidual secundária considerando o seu potencial de uso para recuperação ambiental. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1089-1098, 2008.

BUTLER, B. J.; CHAZDON, R. L. Species richness, spatial variation, and abundance of soil seed bank of a secondary tropical rain forest. **Biotropica**, Washington, v. 30, p. 214-222, 1998.

CAMPOS, E. P. et al. Chuva de sementes em Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 451-458, 2009.

CARMONA, R. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 10, n. 1/2, p. 5-16, 1992.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: EMBRAPA, 2003. 1038 p.

CHATELAIN, E. et al. Temporal profiling of the heat-stable proteome during late maturation of *Medicago truncatula* seeds identifies a restricted subset of late embryogenesis abundant proteins associated with longevity. **Plant, Cell & Environment**, Oxford, v. 35, n. 8, p. 1440-1455, 2012.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; CAETANO, R. S. X. Soil seed banks. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 74-78, 1998. Número especial.

COPELAND, L. O.; MCDONALD, M. B. (Ed.). **Principles of seed science and technology**. 4th ed. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. 466 p.

DOIJODE, S. D. **Seed storage of horticultural crops**. New York: Food Products Press, 2001. 340 p.

DURIGAN, G. et al. **Manual para recuperação da vegetação de Cerrado**. 3. ed. São Paulo: 6 Letras, 2011. 19 p.

ESPÉCIES tropicais promissoras. **Revista da Madeira**, São Paulo, v. 18, n. 108, p. 98-106, 2007.

FELFILI, M. J.; SAMPAIO, J. C.; CORREIA, C. R. M. A. **Bases para a recuperação de áreas degradadas da bacia do São Francisco**. Brasília: CRAD, 2008. 216 p.

FENNER, M. Ecology of seed banks. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: M. Dekker, 1995. p. 507-528.

FRIEND, J. H.; GURALNIK, D. B. **Webster's new world dictionary of the American Language**. Cleveland: The World Publishing, 1957. 1192 p.

GARWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: a review. **Ecology of Soil Seed Banks**, Washington, v. 149, p. 210, 1989.

GOUBITZ, S. et al. Canopy seed bank structure in relation to: fire, tree size and density. **Plant Ecology**, Oxford, n. 173, p. 191-201, 2003.

GUIMARÃES, S. et al. Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 357-368, 2014.

GUNSTER, A. Aerial seed banks in the central namib: distribution of serotinous plants in relation to climate and habitat. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 19, n. 5, p. 563-572, 1992.

HARRINGTON, J. F. Thumb rubs of drying seed. **Crops & Soils**, Madison, v. 13, p. 16-17, 1960.

JENSEN, A. E.; WALKER, K. F.; PATON, D. C. The role of seedbanks in restoration of floodplain woodlands. **River Research and Applications**, Chichester, v. 24, n. 5, p. 632-649, June 2008.

JHA, P. et al. Annual changes in temperature and light requirements for *Ipomoea purpurea* seed germination with after-ripening in the field following dispersal. **Crop Protection**, Guildford, v. 67, n. 4, p. 84-90, Oct. 2015.

JURAND, B. S.; ABELLA, S. R.; SUAZO, A. A. Soil seed bank longevity of the exotic annual grass *Bromus rubens* in the Mojave Desert, USA. **Journal of Arid Environments**, London, v. 94, p. 68-75, Apr. 2013.

JURINITZ, C. F.; JARENKOW, J. A. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 475-487, 2003.

KALEMBA, E. M.; PUKACKA, S. Changes in late embryogenesis abundant proteins and a small heat shock protein during storage of beech (*Fagus sylvatica*

L.) seeds. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 63, n. 1, p. 274-280, Dec. 2008.

KEELEY, J. E. et al. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 16, n. 8, p. 406-411, 2011.

LAMONT, B. B. Canopy seed storage and release: what's in a name? **Oikos**, Buenos Aires, v. 60, p. 266-268, 1991.

LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. **Ecology of soil seed banks**. New York: Academic, 1989. 462 p.

LIU, F. et al. Comparison of genetic variation between the seed bank and above ground vegetation of a wetland species. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 56, p. 144-150, June 2014.

LONG, R. L. et al. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 90, n. 1, p. 31-59, 2015.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 384 p.

LUCAS-BORJA, M. et al. Natural regeneration of Spanish black pine [*Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco] at contrasting altitudes in a Mediterranean mountain area. **Ecological Research**, London, v. 27, n. 5, p. 913-921, July 2012.

MARAGHNI, M.; GORAI, M.; NEFFATI, M. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 76, n. 3, p. 453-459, 2010.

MARCHIORI, J. N. C.; ALVES, F. da S. Nota sobre a distribuição geográfica de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. no Rio Grande do Sul. **Balduínia**, Santa Maria, n. 33, p. 27-31, 2014.

MARTINI, L. B.; ETHUR, L. Z.; DORNELES, K. da R. Influência de metabólitos secundários de *Trichoderma spp.* no desenvolvimento de fungos veiculados pelas sementes e na germinação de sementes de arroz. **Ciência e Natura**, Cascavel, v. 36, n. 2, p. 86-91, 2014.

MARTINS, C. C.; CAMARGO, M. A. D. S. Armazenamento de sementes de ipê-amarelo-do-brejo (*Handroanthus umbellatus* (Sond.) Mattos. Bignoniaceae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 533-539, 2014.

MATA, M. F. et al. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata*) Benth. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 549-566, 2013.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C.; CORRÊA, N. B. Maturação fisiológica de sementes de *Erythrina variegata* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 619-627, 2011.

MENEGHELLO, G. E.; MATTEI, V. L. Semeadura direta de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), canafístula (*Peltophorum dubium*) e cedro (*Cedrela fissilis*) em campos abandonados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 21-27, 2004.

MESQUITA, M. L. R.; ANDRADE, L. A.; PEREIRA, W. E. Banco de sementes do solo em áreas de cultivo de subsistência na floresta ombrófila aberta com babaçu (*Orbygnia phalerata* Mart.) no maranhão. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 4, p. 677-688, 2014.

MIRANDA NETO, A. et al. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1035-1043, dez. 2010.

MODES, K. S. et al. Utilização da madeira de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) na confecção de chapas de madeira aglomeradas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 147-159, 2012.

MOTTA, M. S.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A. Longevidade de sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.-Sterculiaceae) no solo em condições naturais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 7-14, 2006.

NARBERHAUS, F. Alpha-crystallin-type heat shock proteins: socializing mini chaperones in the context of a multi chaperone network. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, New York, v. 66, p. 64-93, 2002.

NE'EMAN, G.; GOUBITZ, S.; NATHAN, R. Reproductive traits of *Pinus halepensis* in the light of fire-a critical review. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 171, n. 1, p. 69-79, Mar. 2004.

OLIVEIRA, M. C. P.; FERRAZ, I. D. K. Dispersão e superação da dormência de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Walp. (visgueiro) na Amazônia Central, AM, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 485-493, ago. 2006.

OMAR, S. A. et al. Identification and expression analysis of two small heat shock protein cDNAs from developing seeds of biodiesel feedstock plant *Jatropha curcas*. **Plant Science**, Shannon, v. 181, n. 6, p. 632-637, 2011.

PEREIRA, I. M. et al. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 413-426, 2001.

PÉREZ, E. M.; SANTIAGO, E. T. Dinámica estacional del banco de semillas en una sabana en los Llanos Centro-Orientales de Venezuela. **Biotropica**, Washington, v. 33, n. 3, p. 435-446, 2001.

PINTO, A. A. et al. Predação de sementes de andiroba [*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* DC. (Meliaceae)] por insetos na amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 6, p. 1116-1123, 2013.

RIGHETTI, K. et al. Inference of longevity-related genes from a robust coexpression network of seed maturation identifies regulators linking seed storability to biotic defense-related pathways. **The Plant Cell**, Rockville, v. 27, n. 10, p. 2692-2708, 2015.

RUCHEL, A. R. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da floresta estacional decidual do alto Uruguai. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 153-166, 2003.

SAATKAMP, A. et al. The seed bank longevity index revisited: limited reliability evident from a burial experiment and database analyses. **Annals of Botany**, London, v. 104, n. 4, p. 715-724, 2009.

SAMPAIO, M. T. F.; POLO, M.; BARBOSA, W. Estudo do crescimento de espécies de árvores semidecíduas em uma área ciliar revegetada. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 879-885, 2012.

SANTINI, B. A.; MARTORELL, C. Does retained-seed priming drive the evolution of serotiny in drylands?: an assessment using the cactus *Mammillaria hernandezii*. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 100, n. 2, p. 365-373, 2013.

SCHORN, L. A. et al. Avaliação de técnicas para indução da regeneração natural em área de preservação permanente sob uso anterior do solo com *Pinus elliottii*. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 281-294, 2010.

SILVA, F. T. A. et al. Utilização de métodos biológicos para restauração de áreas degradadas no município de Ivinhema-MS. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 1-12, 2014.

SOUSA, A. A. et al. Incidência de fungos associados a sementes de ipê-rosa (*Tabebuia impetiginosa*) e ipê-amarelo (*Tabebuia ochracea*) em Roraima. **Revista AgroAmbiente On-Line**, Boa Vista, v. 6, n. 1, p. 34-39, 2012.

SURIYONG, S. et al. Influence of storage conditions on change of hemp seed quality. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, New York, v. 5, p. 170-176, Jan. 2015.

TESTE, F. P.; LIEFFERS, V. J.; LANDHAUSSER, S. M. Viability of florest floor and canopy seed banks in *Pinus contorta* var. latifolia (Pinaceae) forests after a mountain pine beetle outbreak. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 98, n. 4, p. 630-637, Jan. 2011.

THOMPSON, K. Seeds and seed banks. **New Phytologist**, Cambridge, v. 106, n. 1, p. 23-34, May 1987.

THOMPSON, K.; GRIME, J. P. Seasonal variation in the seed bank of herbaceous species in ten contrasting habitats. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 67, p. 893-921, 1979.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 85-101, 2012.

TOSCAN, M. A. G. et al. Análise da chuva de sementes de uma área reflorestada do corredor de biodiversidade Santa Maria, Paraná Seed rain analysis of a reforested area in Santa Maria biodiversity corridor, Paraná. **Ambiência**, Guarapuava, v. 10, p. 217-230, ago. 2014.

VERDIER, J. et al. A regulatory network-based approach dissects late maturation processes related to the acquisition of desiccation tolerance and longevity of *Medicago truncatula* seeds. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 163, n. 2, p. 757-774, 2013.

VIERLING, E. The small heat shock proteins in plants are members of in ancient family of heat induced proteins. **Acta Physiologiae Plantarum**, Copenhagen, v. 19, p. 539-547, 1997.

WANG, G. D. et al. Effects of farming on the soil seed banks and wetland restoration potential in Sanjiang Plain, Northeastern China. **Ecological Engineering**, New York, v. 77, p. 265-274, Feb. 2015.

WEHMEYER, N. et al. Synthesis of small heat-shock proteins is part of the developmental program of late seed maturation. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 112, p. 747-757, 1996.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE *Peltophorum dubium* Sprengel (Taubert) EM BANCO DE SEMENTES AÉREO

RESUMO: O conhecimento sobre estratégias de regeneração natural é importante devido a sua influência no ecossistema local. Objetivou-se estudar o comportamento do banco de sementes aéreo de *P. dubium*. Os frutos foram colhidos mensalmente antes e após a maturação das sementes em matrizes localizadas no município de Lavras – MG. Mensalmente, foram determinados o conteúdo de água, aquisição da tolerância a dessecação, viabilidade das sementes, manutenção da dormência e tempo médio de germinação. Verificou-se que a maturidade fisiológica da espécie ocorreu no mês de junho, quando foi observado baixo conteúdo de água, máxima matéria seca, e alta porcentagem de germinação. Verificou-se que não houve alteração na dormência, porcentagem de germinação e no perfil proteico de sementes durante o período em que permanecem no banco de sementes aéreo. A espécie *P. dubium* forma banco de sementes aéreo de curta serotinosidade, com frutos permanecendo presos à planta por 9 meses.

Palavras-chave: serotinosidade, longevidade, vigor, angico-amarelo.

BEHAVIOR OF *Peltophorum dubium* Sprengel (Taubert) SEEDS IN AERIAL SEED BANK

ABSTRACT: Knowledge concerning natural regeneration strategies is important given its influence over local ecosystem. The objective of this work was to study

the ecophysiological aspects of *P. dubium* aerial seed bank. The fruits were monthly harvested, before and after seed maturation, from selected trees in Lavras, Minas Gerais, Brazil. Water content, acquirement of tolerance to desiccation, seed viability, dormancy maintenance, and mean time of germination were assessed every month. We observed that the physiological maturity of the seeds was attained in June, when low water content and high germination percentage occurred. There was no change in dormancy and germination percentage, as well as in the protein profile of the seeds during the period that seeds remained in the aerial seed bank. The *P. dubium* species forms aerial seed bank with short serotiny, with fruits remaining attached to the tree for nine months.

Keywords: serotiny, seed longevity, seed vigour, angico-amarelo.

1. INTRODUÇÃO

Diversas são as estratégias de regeneração que as florestas nativas possuem, as quais visam manter a sua capacidade de resiliência após uma perturbação, garantindo a continuidade de processos ecofisiológicos (TONELLO; TEIXEIRA FILHO, 2012). Dessa forma, torna-se importante o conhecimento de estratégias em espécies florestais, para entendimento de processos como a colonização, o que é de fundamental importância para o planejamento e recuperação de ecossistemas florestais (ALBUQUERQUE, 2010; GUIMARÃES et al., 2014).

Dentre as estratégias de estabelecimento, as mais conhecidas são: reprodução vegetativa, chuva de sementes, banco de plântulas e banco de sementes do solo (CAMPOS et al., 2009; DURIGAN et al., 2011; FELFILI; SAMPAIO; CORREIA, 2008; MIRANDA NETO et al., 2010).

Por outro lado, existem outras espécies que possuem estratégias de regeneração pouco conhecidas, como o atraso da dispersão de suas sementes. Essas espécies mantêm sementes viáveis presas à planta mãe por no mínimo três meses após atingirem a maturidade fisiológica, formando o banco de sementes aéreo (BASKIN; BASKIN, 2014). O período que as sementes permanecem no banco de sementes aéreo pode se estender por décadas dependendo da espécie (BASTIDA et al., 2010; KIM et al., 2009; TESTE; LIEFFERS; LANDHAUSSER, 2011; TORRES; CALVO; VALBUENA, 2006).

Espécies que formam bancos de sementes aéreos são denominadas de “serotinosas”, as quais classificadas em dois tipos: espécies com serotinosidade curta, quando retardam a dispersão das sementes por até um ano; e com serotinosidade longa, aquelas que mantêm as sementes no banco aéreo por períodos de tempo superiores a um ano (BASKIN; BASKIN, 2014; LAMONT, 1991).

A espécie *P. dubium* é uma Fabaceae arbórea conhecida popularmente como canafistula e angico-amarelo. Além disso, é considerada uma espécie pioneira de rápido crescimento, apresentando grande potencial para reflorestamento. Há relatos na literatura de que as sementes dessa espécie podem permanecer presas à planta, entretanto, sem nenhum estudo da qualidade das mesmas durante esse período (LORENZI, 2002).

Dessa forma, objetivou-se estudar a qualidade fisiológica das sementes do banco de sementes aéreo da espécie *P. dubium*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de coleta e beneficiamento das sementes

Quatro matrizes de *P. dubium* foram escolhidas para as coletas mensais entre os períodos de abril de 2014 a fevereiro de 2015, em uma propriedade particular na zona rural do município de Lavras, MG, nas coordenadas S -21° 15' 54'' e W -45° 01' 30''.

Os critérios de seleção das matrizes foram: uniformidade de maturação dos frutos, ausência de frutos da safra anterior e abundância de frutos para coletas mensais realizadas até o final do período de dispersão.

Após cada coleta, as sementes foram beneficiadas manualmente, retirando-se as sementes dos frutos, as quais foram imediatamente utilizadas nas avaliações fisiológicas.

2.2 Local do estudo

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes Florestais e Laboratório de Biotecnologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras.

2.3 Avaliações fisiológicas

2.3.1 Caracterização da maturidade fisiológica das sementes

A caracterização do ponto de maturidade fisiológica das sementes foi iniciada após a análise visual da formação e desenvolvimento do embrião e tegumento, o que ocorreu no mês de abril, quando os frutos ainda estavam verdes (AQUINO et al., 2006). A partir deste ponto, os frutos foram beneficiados manualmente, e as sementes obtidas submetidas mensalmente às seguintes análises: viabilidade; conteúdo de água e tolerância à dessecação.

Logo após a determinação do ponto de maturidade fisiológica, foi feito também a caracterização e acompanhamento do comportamento do banco de sementes aéreo através das seguintes análises: viabilidade; estudo da dormência física; e tempo médio de germinação (TMG), conforme Labouriau (1983), o qual é expresso pela seguinte fórmula:

$$\text{TMG} = \frac{\sum_{i=1}^k ni \cdot ti}{\sum_{i=1}^k ni} \quad (1)$$

em que:

ti: tempo entre o início do experimento e a *i-ésima* observação (dia ou hora);

ni: número de sementes que germinam no tempo *ti*;

k: último tempo de germinação das sementes.

2.3.2 Viabilidade das sementes

A viabilidade das sementes de *P. dubium* foi avaliada através da germinação, realizada em rolo de papel com 4 repetições de 25 sementes. A partir de maio, com o aparecimento do tegumento rígido, antes de cada teste, foi realizada a superação da dormência física nas sementes, que consistiu no corte do tegumento (aproximadamente 1 mm) no lado oposto à micrópila com uma lâmina.

Após a superação da dormência as sementes foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 1% durante três minutos, e logo em seguida lavadas em água corrente por um minuto. O experimento foi conduzido em câmara de germinação do tipo B.O.D. reguladas a 25 °C e com fotoperíodo de 12 horas. As avaliações foram realizadas diariamente até o 7 ° dia. Como critério de germinação foi considerada a protrusão da radícula ($\geq 1,0$ mm).

2.4 Tolerância a dessecação

Sementes coletadas durante o desenvolvimento nos meses de abril e maio, foram utilizadas para estudo da aquisição da tolerância a dessecação. Para isso, as sementes logo após a coleta foram submetidas a secagem em ambiente controlado (UR40%/20 °C) por um período de 72 horas. Após esse período, realizou-se a determinação da viabilidade pelo teste de germinação, utilizando-se 4 repetições de 25 sementes (SILVA et al., 2012). Sementes que não passaram por secagem foram utilizadas como controle.

2.5 Superação natural da dormência

Na análise da possível alteração da dormência física das sementes no banco de sementes aéreo, as sementes coletadas foram colocadas para germinar após tratamento com hipoclorito de sódio, nas mesmas condições descritas anteriormente (em rolo de papel, 25 °C e com fotoperíodo de 12 h), porém, sem realizar nenhum tratamento para superação da dormência.

Como testemunha para essa análise foram utilizadas sementes que passaram pelo tratamento de superação da dormência (corte do tegumento no lado oposto à micrópila com uma lâmina).

2.6 Determinação do conteúdo de água

Para determinação do conteúdo de água, logo após a coleta e beneficiamento dos frutos, as sementes foram pesadas em balança analítica (0,0001 g) com a finalidade da obtenção do peso fresco das sementes. Em seguida, as sementes foram colocadas em estufa a 105 °C por 24 horas e novamente

pesadas para a obtenção da matéria seca e determinação do conteúdo de água (BRASIL, 2009), conforme fórmula a seguir:

$$\text{Conteúdo de água} = \frac{\text{peso úmido} - \text{peso seco}}{\text{peso úmido}} \times 100 \quad (2)$$

Foram utilizadas 4 repetições de 5 sementes de acordo com metodologia adaptada de Aquino et al. (2006). A partir de abril, quando as sementes apresentaram tegumento rígido, antes da determinação do conteúdo de água, as sementes foram cortadas ao meio antes de serem colocadas em estufa.

2.7 Extração e quantificação de proteínas totais e resistentes ao calor

Após cada coleta e beneficiamento, uma amostra de 50 sementes foi congelada em nitrogênio líquido e armazenadas em ultrafreezer a -80 °C. Para a extração de proteínas foram maceradas sete sementes em nitrogênio líquido utilizando cadinho e pistilo. Do macerado obtido utilizou-se 100 mg, o qual foi misturado a 1 mL do tampão de extração contendo 500 mM Tris HCl pH 7,5, 5 mM NaCl, 5 mM MgCl₂, 0,001M de inibidor de protease (SIGMA FAST™ Protease) e 1μl β-mercaptoetanol. As amostras foram centrifugadas por 30 minutos (13.200 g) à temperatura de 4 °C. Após centrifugação, o sobrenadante coletado foi dividido em alíquotas e metade foi armazenado em Freezer a -20 °C.

A determinação da concentração de proteínas totais foi realizada pelo método de Bradford (1976), utilizando albumina de soro bovino como padrão.

Para a extração das proteínas resistentes ao calor as amostras contendo o extrato de proteínas totais foi aquecido à temperatura de 85 °C por 15 minutos em banho-maria. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 30 minutos (13.200 g) a 4 °C. O sobrenadante resultante foi coletado, dividido em alíquotas e armazenado à -20 °C.

Após a quantificação das proteínas, um volume de 40 µg de proteína foi aplicada em canaletas de gel descontínuo de poliacrilamida (1 mm) contendo gel separador (12,5%) e gel concentrador (6%). Antes de aplicar as amostras no gel e efetuar a corrida eletroforética, foi adicionado às amostras 25 µL de tampão da amostra. As amostras foram aquecidas à 95 °C por 5 minutos em banho-maria e aplicadas no gel.

A eletroforese foi realizada em cuba SE600 (Hoefler) a 160 V por 7 horas a 15 °C. Após a corrida o gel foi fixado em uma solução contendo 40% metanol e 7% ácido acético por 30 minutos e corado por 72 horas em solução com 0,08% (p/v) de Azul de Coomassie G-250 contendo 1,6% (v/v) de ácido ortofosfórico e 12% (p/v) de sulfato de amônia. Em seguida, foi realizada a descoloração dos géis em solução 0,26% (p/v) de trizma base pH 6,5 e lavagem final em solução de metanol 40% (v/v) por um minuto. Após a coloração, as imagens foram digitalizadas em escâner de alta resolução.

2.8 Dados climatológicos

Os dados de precipitação e temperaturas médias mensais de todos os períodos de coleta foram obtidos na estação climatológica da UFLA situada a 1 km do local do experimento. Os dados climatológicos foram utilizados para análise dos resultados fisiológicos.

2.9 Delineamento experimental

Para estudo da germinação de sementes durante o desenvolvimento (maturidade fisiológica), foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro estádios de maturação como tratamentos e quatro repetições de 25 sementes, correspondentes as coletas nos meses de abril, maio, junho e julho de

2014. Os dados de porcentagem de germinação foram submetidos à análise de regressão.

Para a análise da tolerância a dessecação, os resultados das médias dos tratamentos nos meses de abril e maio foram submetidos ao teste t-student a 5% de significância.

Para a análise da dormência das sementes no banco de sementes aéreo, o experimento foi montado em esquema fatorial (2 x 9) com 4 repetições de 25 sementes, em que 2 refere-se aos tratamentos (com e sem superação da dormência) e 9 aos períodos de coleta.

Adicionalmente, os dados de porcentagem de germinação, TMG e porcentagem de sementes dormentes do banco de sementes aéreo foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os dados de germinação, TMG e sementes dormentes não normalizados foram transformados para $\log(x)$, após normalização dos dados, realizou-se a análise de variância, e as médias foram submetidas à análise de regressão.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos foram submetidas a análise de regressão a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

Observou-se redução no conteúdo de água das sementes entre a primeira e a segunda coleta (abril e maio). O conteúdo de água reduziu nesse período de 66 para 13% e manteve-se estável a partir desse ponto (Figura 1).

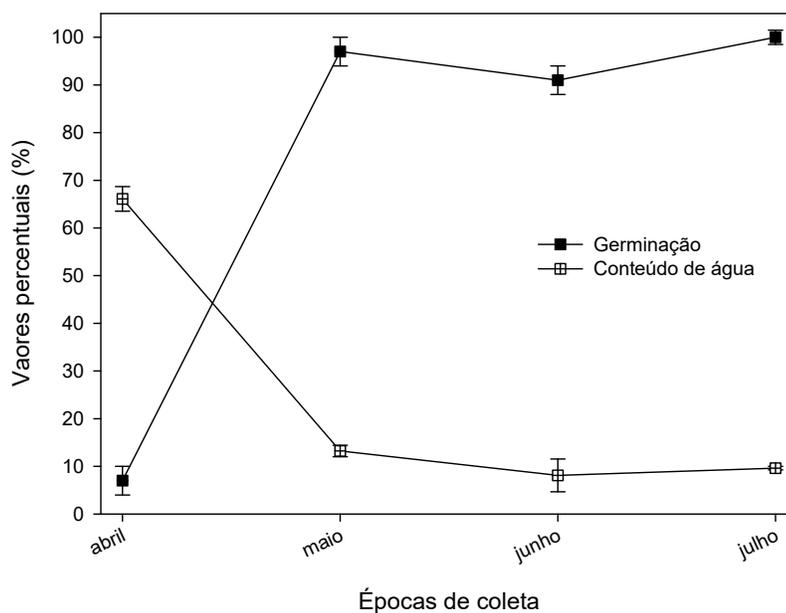


Figura 1: % Germinação e conteúdo de água durante a formação de sementes de *P. dubium* entre abril de 2014 e julho de 2014. As barras representam o desvio padrão da média

Os resultados da análise de variância indicaram que houve efeito das épocas de coleta dos frutos sobre a viabilidade das sementes de *P. dubium* durante sua formação, fato constatado quando compara-se a germinação em abril de 2014 (7%) com a coleta de maio, quando a germinação média foi superior a 90% (Figura 1).

Com relação a tolerância a dessecação, foi observado que após a secagem das sementes a germinação foi de 10% (abril), entretanto, na segunda coleta, a germinação após a secagem foi de 99%, indicando que a partir da segunda coleta (maio) as sementes já haviam adquirido a tolerância à dessecação (Figura 2).

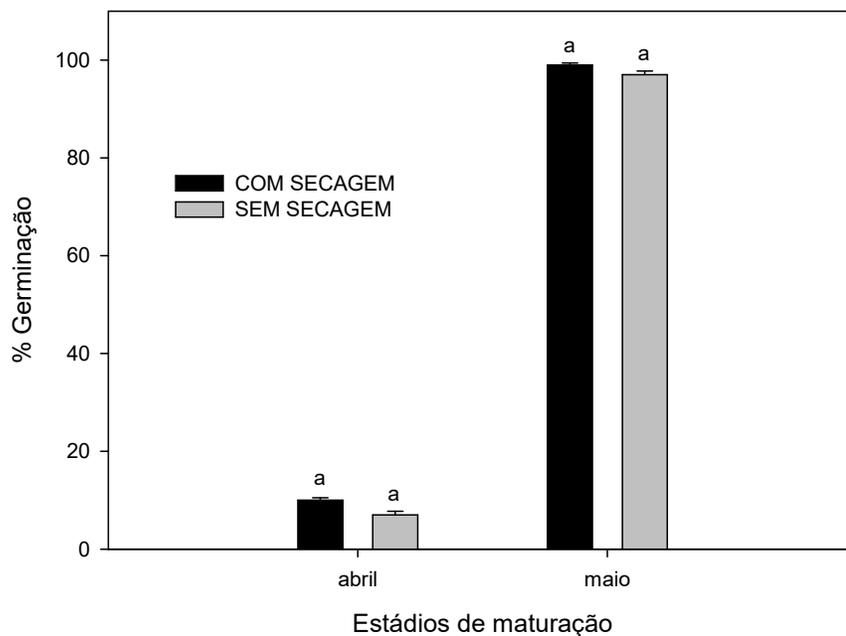


Figura 2: Aquisição da tolerância à dessecação durante o desenvolvimento de sementes de *P. dubium*. Sementes coletadas em abril e maio de 2014 submetidas ou não à secagem antes da germinação. As barras representam o desvio padrão da média

*Médias seguidas pela mesma letra em cada estágio de maturação não diferem entre si pelo teste t-student a 5% de probabilidade

Dessa forma, associando os dados fisiológicos de germinação e aquisição da tolerância à dessecação, assumiu-se nesse estudo que as sementes atingiram a maturidade fisiológica em junho, quando os frutos apresentaram coloração marrom escuro, e, a partir daí, iniciaram-se os estudos do banco de sementes aéreo.

Analisando os resultados de viabilidade de sementes de *P. dubium* no banco de sementes aéreo (junho de 2014 a fevereiro de 2015), verificou-se que não houve efeito significativo ($P \leq 0,05$) das épocas de coleta dos frutos sobre a viabilidade das sementes de *P. dubium*. As sementes coletadas durante o período

de estudo apresentaram viabilidade acima de 90% durante todo período experimental (Figura 3).

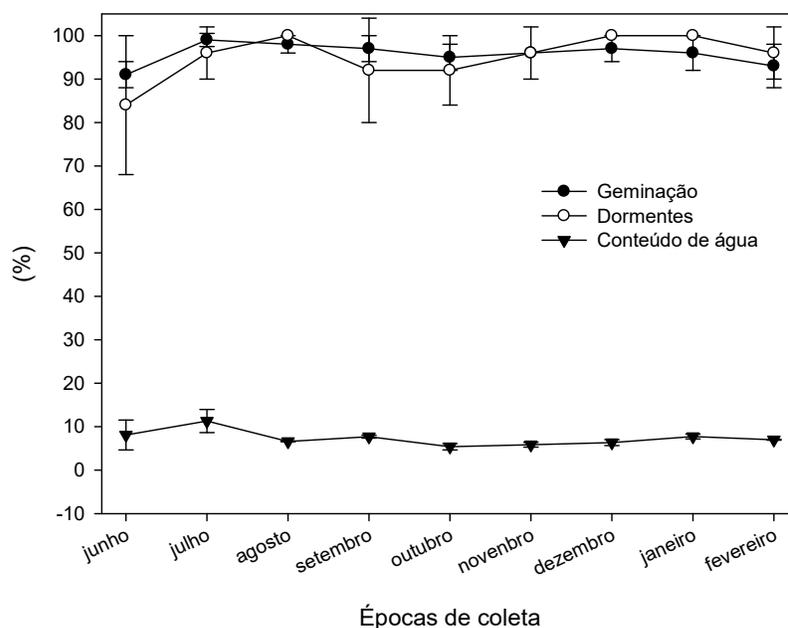


Figura 3: % Germinação, % sementes dormentes, conteúdo de água de sementes de *P. dubium* no banco de sementes aéreo entre os meses de junho de 2014 a fevereiro de 2015. As barras representam o desvio padrão da média

Não se observou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos períodos de coletas sobre a dormência de sementes de *P. dubium*, ou seja, não houve superação natural da dormência das sementes durante o período de permanência no banco de sementes aéreo. A porcentagem média de sementes dormentes durante o período do estudo foi superior a 84% (Figura 3).

Com relação ao conteúdo de água das sementes ao longo da permanência do banco de sementes aéreo, houve pequenas variações entre junho/2014 e fevereiro/2015, com 7,7 e 8,1%, respectivamente (Figura 3), se mantendo os valores praticamente estáveis em todo período experimental.

Houve efeito significativo para o tempo médio de germinação (TMG) do banco de sementes aéreo ($P \leq 0,05$) da espécie *P. dubium* (Figura 4). O maior TMG observado ocorreu em julho de 2014, com 4,0 dias, por outro lado, o menor TMG observado foi em dezembro de 2014, com 3,5 dias (Figura 4).

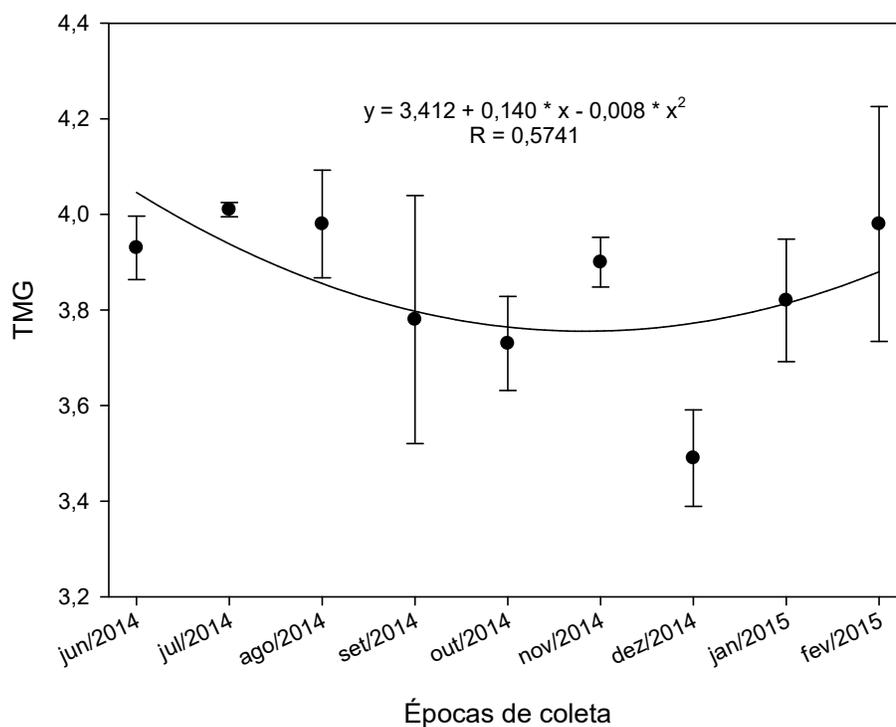


Figura 4: Tempo médio de germinação de sementes de *P. dubium* no banco de sementes aéreo entre os meses de junho de 2014 a fevereiro de 2015. As barras representam o desvio padrão da média

Foram observadas bandas com alta intensidade em todo o gel (10-100 kDa) quando analisadas as proteínas totais (Figura 5), entretanto, para as proteínas resistentes ao calor, foram observadas maiores concentrações entre 40 e 80 kDa (Figura 6).

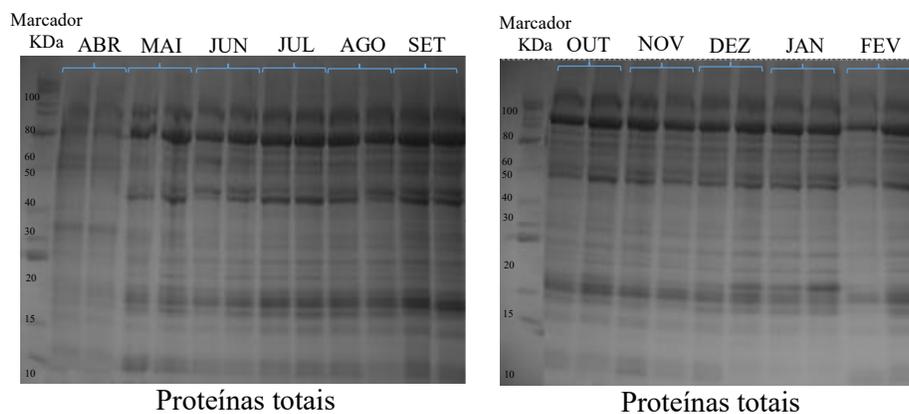


Figura 5: Padrão eletroforético de proteínas totais extraídas de *P. dubium* entre abril de 2014 e fevereiro de 2015. Intensidade das bandas representam concentração de proteínas totais em seu respectivo peso molecular (KDa)

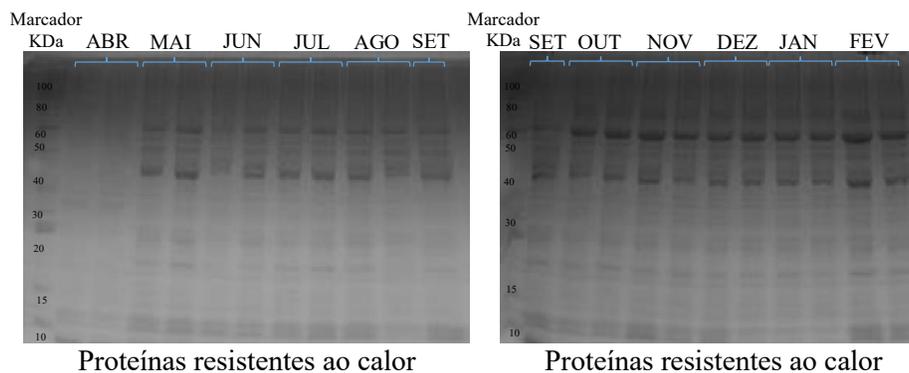


Figura 6: Padrão eletroforético de proteínas resistentes ao calor extraídas de *P. dubium* entre abril de 2014 e fevereiro de 2015. Intensidade das bandas representam concentração de proteínas resistentes ao calor em seu respectivo peso molecular (KDa)

Ao longo da formação de sementes e permanência do banco de sementes aéreo (março de 2014 a fevereiro de 2015), o perfil proteico apresentou pequenas alterações relacionadas ao acúmulo de proteínas totais e resistentes ao calor. Observa-se, porém, durante o período de maturação das sementes (entre as coletas

de abril e maio de 2014), um acúmulo de proteínas totais e proteínas resistentes ao calor, evidenciando que nesse período, como já observado pelos dados fisiológicos, as sementes ainda estavam em formação, atingindo a maturidade fisiológica no mês de junho de 2014.

Verificou-se que a menor precipitação entre abril de 2014 e fevereiro de 2015 ocorreu em junho/2014 (3,7 mm), por outro lado, a precipitação ocorrida no mês de novembro/2014 foi a maior (249,4 mm) (Figura 7).

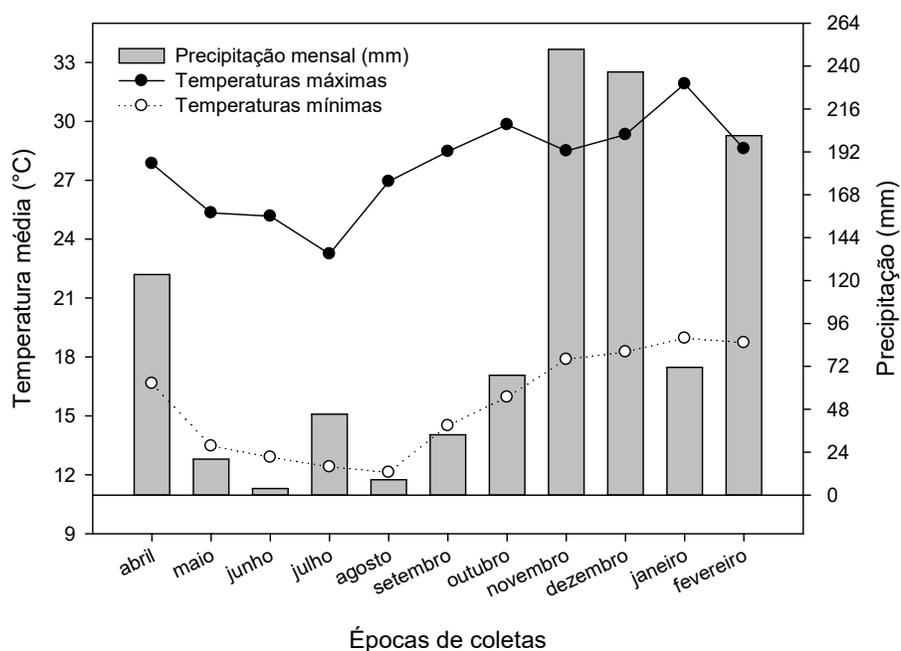


Figura 7: Variações climatológicas (temperatura máxima, mínima e precipitação) no período de abril de 2014 a fevereiro de 2015

Fonte. Dados obtidos na estação climatológica da UFLA

4. DISCUSSÃO

Durante a formação de sementes de *P. dubium*, possivelmente, a diferença de conteúdo de água observada entre os dois primeiros estágios de maturação (Figura 1) deve-se a imaturidade das sementes, visto que a variação observada, com redução ao longo do tempo, é típica em sementes ortodoxas antes da maturidade fisiológica (NAKADA et al., 2011; RICCI et al., 2013).

A tolerância à dessecação é adquirida durante o desenvolvimento e permite que ocorra a redução do conteúdo de água sem que ocorra danos as sementes (BEWLEY et al., 2013; GARNCZARSKA; BEDNARSKI; JANCELEWICZ, 2009). Nas sementes de *P. dubium* verificou-se que a aquisição de tolerância a dessecação ocorreu entre abril e maio, o que coincidiu com o aumento da máxima germinabilidade (Figura 2). Além disso, é comum observar que a aquisição da tolerância a dessecação ocorra antes que as sementes alcancem sua máxima germinabilidade, como uma forma de preparo para a dispersão (ANGELOVICI et al., 2010; GOJŁO et al., 2015).

Analisando os dados de conteúdo de água, viabilidade das sementes, tolerância à dessecação, conclui-se que a maturidade fisiológica ocorreu no mês de junho. Além disso, outros autores como Aquino et al. (2006) ao estudarem a maturidade fisiológica de *P. dubium*, também observaram que a maturidade fisiológica da espécie em estudo ocorre no período de junho.

A partir da maturação iniciou-se a análise do banco de sementes aéreo. Verificou-se que as sementes mantiveram a viabilidade durante todo o período que permaneceram no banco de sementes aéreo. A maioria das sementes quando atingem sua maturidade dispersam prontamente todos os seus frutos, para que as sementes encontrem condições favoráveis para a germinação ou então para que sejam incorporadas no banco de sementes do solo (LONG et al., 2015). Geralmente as sementes após atingirem a maturidade fisiológica, por estarem

sujeitas às variações ambientais (umidade e temperatura) iniciam o processo de deterioração natural, culminando com a perda da viabilidade e vigor (BASKIN; BASKIN, 2014).

Segundo a literatura, espécies que mantêm por pelo menos 3 meses seus frutos presos a planta-mãe com sementes viáveis, são caracterizadas como formadoras de banco de sementes aéreo (BASKIN; BASKIN, 2014), assim, de acordo com as observações feitas neste estudo e a espécie *P. dubium* forma um banco de sementes aéreo, com frutos permanecendo presos a planta por um período de até nove meses, podendo ser classificado como de curta serotinosidade de acordo com Lamont (1991).

No Brasil, a única espécie descrita como formadora de bancos de sementes aéreo foi a *Parkia pendula*, que segundo a qual mantêm os frutos presos às plantas por até 6 meses (OLIVEIRA; FERRAZ, 2006). Sabe-se que são poucos os estudos relacionados a bancos de sementes aéreos no Brasil, entretanto, a *P. dubium* é a primeira espécie nativa da Floresta Estacional Semidecidual a ser descrita com este tipo de comportamento.

Uma característica relatada na literatura sobre espécies que formam banco de sementes aéreo, é a ausência de dormência ao longo do período de dispersão (BASKIN; BASKIN, 2014), o que não foi observado em *P. dubium*, visto que as sementes não apresentaram alteração na dormência física durante todo o período de permanência no banco de sementes aéreo (Figura 3).

Sementes dormentes quando expostas à variações ambientais como oscilações de temperatura e umidade podem ter a dormência superada (JHA et al., 2014; NEWTON; HAY; ELLIS, 2014; VIEIRA et al., 2008). O fato de não ter ocorrido variações na dormência física durante o período no banco de sementes de *P. dubium* garante que a germinação seja atrasada até que haja condições favoráveis para a germinação e estabelecimento de plântulas (DALLING et al., 2011), contribuindo para a formação de um banco de sementes do solo com

entradas contínuas de sementes durante o período que houver sementes sendo dispersas no banco de sementes aéreo.

As variações climáticas observadas durante o período de estudo indicam o grau de impacto das variações de temperatura e precipitação sobre a viabilidade das sementes ao longo da permanência destas presas a planta-mãe (WALCK et al., 2011). E dessa forma caracterizam uma ampla capacidade adaptativa que a espécie *P. dubium* possui de se estabelecer em diferentes ambientes, e manter o alto vigor de suas sementes em diferentes condições ambientais (DURR et al., 2014). Além disso, o longo período de permanência no banco de sementes aéreo pode indicar que a espécie possa diminuir a predação de suas sementes após a dispersão (SANTINI; MARTOREL, 2013).

Além do mais, o TMG indicou que independentemente das variações climáticas sobre o banco de sementes aéreo, houve diminuição do TMG até o sétimo mês (dezembro de 2014) após a caracterização do bando de sementes aéreo. Para alguns autores (DEMIR et al., 2008; KHAJEH-HOSSEINI; LOMHOLT; MATTHEWS, 2009; MAVI; DEMIR; MATTHEWS, 2010; SOLTANI et al., 2016), o TMG é um indicador que pode estar correlacionado a emergência em campo, em que quanto menor o TMG, maiores são as chances de estabelecimento da plântula. Assim, a diminuição do TMG da espécie *P. dubium* indica que apesar da maturação ocorrer no mês de junho, a qualidade das sementes avaliada por essa variável aumenta enquanto as sementes estão presas a planta. Ressalta-se que o menor valor do TMG ocorreu após o período mais chuvoso (Figura 4).

Eventos metabólicos que ocorrem durante a maturação possuem a finalidade de preparar a semente para sua germinação e consequente desenvolvimento da plântula (KALEMBA; PUKACKA, 2008; THOMANN; SOLLINGER; WHITE, 1992; THOMAS, 1993). Dessa forma, o aumento da concentração de proteínas e outros compostos durante o desenvolvimento e sua

manutenção após a maturidade fisiológica é importante, principalmente quando se trata de sementes que permanecem por longo período retidas a planta-mãe, como em espécies serotinosas (SANTINE; MARTOREL, 2013) A manutenção do conteúdo de proteínas está associado a baixa atividade metabólica, como resultado da redução do conteúdo de água durante o desenvolvimento e pela baixa atividade de proteases, e pela manutenção de aparato que impede a danos causados por espécies reativas de oxigênio e radicais livres (MURTHY; KUMAR; SUN, 2003).

As proteínas são os principais componentes de reservas das sementes de várias leguminosas, de forma que, durante o armazenamento, existe a tendência de que essas reservas sejam utilizadas para a manutenção do vigor das sementes (WANG, G. et al., 2015; WANG, W. et al., 2015; WU et al., 2011) até a dispersão das mesmas, podendo ocorrer a partir desse ponto diminuição do teor proteico (KALEMBA; PUKACKA, 2008).

Todavia, tal comportamento não pode ser observado neste estudo, o que indicaria uma baixa atividade metabólica, e, por conseguinte, manutenção da concentração proteica ao longo do tempo, durante o período em que os frutos ficam retidos à planta-mãe. Outro indicativo da baixa atividade metabólica e baixo consumo de reservas seria a manutenção do vigor das sementes após a formação do banco de sementes aéreo até o último período de avaliação em fevereiro/2015.

5. CONCLUSÕES

P. dubium é uma espécie que forma banco de sementes aéreo de curta serotinosidade.

Durante o período de permanência do banco de sementes aéreo não ocorrem alterações na viabilidade das sementes.

Não há alteração da dormência das sementes de *P. dubium* no banco de sementes aéreo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L. B. **Restauração ecológica de matas ripárias: uma questão de sustentabilidade**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. 75 p.
- ANGELOVICI, R. et al. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 15, n. 4, p. 211-218, 2010.
- AQUINO, N. F. et al. Dormência de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel.) Taubert colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 5, n. 2, p. 31-37, 2006.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2nd ed. San Diego: Academic; Elsevier, 2014. 1601 p.
- BASTIDA, F. et al. Aerial seed bank dynamics and seedling emergence patterns in two annual Mediterranean Asteraceae. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 21, n. 3, p. 541-550, 2010.
- BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2012. 395 p.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Madison, v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.
- CAMPOS, E. P. et al. Chuva de sementes em Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 451-458, 2009.

DALLING, J. W. et al. Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 99, n. 1, p. 89-95, Oct. 2011.

DEMIR, I. et al. Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, v. 36, n. 6, p. 21-30, Oct. 2008.

DURIGAN, G. et al. **Manual para recuperação da vegetação de Cerrado**. 3. ed. São Paulo: Páginas e Letras, 2011. 19 p.

DÜRR, C. et al. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: contribution to a seed trait database. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 200, p. 222-232, Jan. 2015.

FELFILI, M. J.; SAMPAIO, J. C.; CORREIA, C. R. M. A. **Bases para a recuperação de áreas degradadas da bacia do São Francisco**. Brasília: CRAD, 2008. 216 p.

GARNCZARSKA, M.; BEDNARSKI, W.; JANCALEWICZ, M. Ability of lupine seeds to germinate and to tolerate desiccation as related to changes in free radical level and antioxidants in freshly harvested seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 47, n. 1, p. 56-62, 2009.

GOJŁO, E. et al. The acquisition of desiccation tolerance in developing *Vicia hirsuta* seeds coincides with an increase in galactinol synthase expression and soluble α -d-galactosides accumulation. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 184, p. 37-48, July 2015.

GUIMARÃES, S. et al. Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 357-368, 2014.

JHA, P. et al. Annual changes in temperature and light requirements for *Ipomoea purpurea* seed germination with after-ripening in the field following dispersal. **Crop Protection**, Guildford, v. 67, n. 4, p. 84-90, Oct. 2015.

KALEMBA, E. M.; PUKACKA, S. Changes in late embryogenesis abundant proteins and a small heat shock protein during storage of beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 63, n. 1, p. 274-280, May 2008.

KHAJEH-HOSSEINI, M.; LOMHOLT, A.; MATTHEWS, S. Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigour and field performance of commercial seed lots of maize (*Zea mays* L.). **Seed Science & Technology**, Bassersdorf, v. 37, n. 2, p. 446-456, July 2009.

KIM, J. H. et al. Germinability of seeds stored in capsules on plants of two myrtaceous shrubs: differences among age cohorts and between species. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 57, n. 6, p. 495-501, Oct. 2009.

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

LAMONT, B. B. Canopy seed storage and release: what's in a name? **Oikos**, Buenos Aires, v. 60, p. 266-268, 1991.

LONG, R. L. et al. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 90, n. 1, p. 31-59, 2015.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 384 p.

MAVI, K.; DEMIR, I.; MATTHEWS, S. Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. **Seed Science & Technology**, Bassersdorf, v. 38, n. 1, p. 14-25, Apr. 2010.

MIRANDA NETO, A. M. et al. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1035-1043, 2010.

MURTHY, U. M.; KUMAR, P. P.; SUN, W. Q. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationships to glass state transition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, p. 1057-1067, 2003.

NAKADA, P. G. et al. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 113-122, 2011.

NEWTON, R. J.; HAY, F. R.; ELLIS, R. H. Ecophysiology of seed dormancy and the control of germination in early spring-flowering *Galanthus nivalis* and *Narcissus pseudonarcissus* (Amaryllidaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 177, n. 2, p. 246-262, 2015.

OLIVEIRA, M. C. P.; FERRAZ, I. D. K. Dispersão e superação da dormência de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Walp. (visgueiro) na Amazônia Central, AM, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 485-493, ago. 2006.

RICCI, N. et al. Qualidade de sementes de pimenta jalapenho em função da maturação e tempo de permanência nos frutos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 123-129, 2013.

SANTINI, B. A.; MARTORELL, C. Does retained-seed priming drive the evolution of serotiny in drylands?: an assessment using the cactus *Mammillaria hernandezii*. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 100, n. 2, p. 365-373, 2013.

SILVA, K. B. et al. Tolerância à dessecação de sementes de *Cinnamomum zeylanicum* Ness. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 587-594, 2012.

SOLTANI, E. et al. Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 63, n. 8, p. 631-635, 2016.

TESTE, F. P.; LIEFFERS, V. J.; LANDHAUSSER, S. M. Viability of forest floor and canopy seed banks in *Pinus contorta* var. *latifolia* (Pinaceae) forests after a mountain pine beetle outbreak. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 98, n. 4, p. 630-637, Jan. 2011.

THOMANN, E. B.; SOLLINGER, J.; WHITE, C. RMN: accumulation of group 3 late embryogenesis abundant proteins in *Zea mays* embryos. Roles of abscisic acid and the Viviparous-1 gene product. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 99, p. 607-614, 1992.

THOMAS, T. L. Gene expression during plant embryogenesis and germination: an overview. **The Plant Cell**, Rockville, v. 5, n. 10, p. 1401-1410, 1993.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 85-101, 2012.

TORRES, O.; CALVO, L.; VALBUENA, L. Influence of high temperatures on seed germination of a special *Pinus pinaster* stand adapted to frequent fires. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 186, n. 1, p. 129-133, Feb. 2006.

VIEIRA, A. R. et al. Marcador isoenzimático de dormência em sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 81-89, jan. 2008.

WALCK, J. L. et al. Climate change and plant regeneration from seed. **Global Change Biology**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 2145-2161, Oct. 2011.

WANG, G. D. et al. Effects of farming on the soil seed banks and wetland restoration potential in Sanjiang Plain, Northeastern China. **Ecological Engineering**, New York, v. 77, p. 265-274, Feb. 2015.

WANG, W. Q. et al. Proteomics of seed development, desiccation tolerance, germination and vigor. **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 86, p. 1-15, Nov. 2015.

WU, X. et al. Proteomic analysis of seed viability in maize. **Acta Physiologiae Plantarum**, Copenhagen, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2011.

ARTIGO 2

COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE *Peltophorum dubium* EM BANCO DE SEMENTES INDUZIDO

RESUMO: A capacidade que determinadas espécies possuem de manter as sementes viáveis por longos períodos no banco de sementes é um componente essencial para a resiliência ambiental, podendo ser utilizado nos projetos de restauração florestal. Este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento de banco de sementes induzido de *P. dubium*. A indução do banco de sementes foi feita no solo, em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. Foram utilizados copos de polietileno como protetores físicos para reduzir a predação das sementes; 100 amostras, compostas por 25 sementes cada foram colocadas em área de vegetação de ocorrência da espécie. A cada dois meses 5 amostras foram retiradas para determinações de: conteúdo de água, viabilidade, porcentagem de emergência de plântulas e porcentagem de predação. A espécie *P. dubium* pode permanecer por até 16 meses viáveis enterradas no solo. Este resultado permite a classificação da espécie como sendo formadora de banco de sementes persistente.

Palavras-chave: dormência, viabilidade, longevidade, ecologia de regeneração

BEHAVIOR OF *Peltophorum dubium* SEEDS IN A BURIAL SEED BANK

ABSTRACT: The ability of certain species in keeping the seeds viable for long periods in the soil seed bank is an essential component for environmental resilience and has the potential for use in projects of forest restoration. The aim of this work was to study the behavior of an induced soil seed bank of *P. dubium*. Burial seed bank was performed in a fragment of Seasonal Semideciduous Forest.

Polyethylene cups were used as physical guards to reduce predation of seeds; 100 samples consisting of 25 seeds each were placed under the canopy. Every two months, five samples were taken for determination of water content, viability, emergency (root protrusion and seedling formation) and predation. Seeds of *P. dubium* may remain buried in the ground for up to 16 months keeping their viability. This result indicates that the species is able to form persistent soil seed bank.

Key-words: seed dormancy, seed viability, seed longevity, regeneration.

1. INTRODUÇÃO

A dispersão de sementes e processos associados à germinação, recrutamento e estabelecimento de plântulas, bem como a sobrevivência após o estabelecimento são fatores importantes que modulam a dinâmica de regeneração florestal (ALMEIDA; GALETTI, 2007; CHEN et al., 2014; DALLING et al., 2002; WANG; SMITH, 2002).

Para alguns autores, a estratégia de regeneração mais importante é a formação do banco de sementes do solo, o qual é definido como o conjunto de sementes viáveis em determinada área do solo ou misturada a serapilheira em certo período de tempo (DAINOUE et al., 2011; LI et al., 2012).

Apesar da importância ecológica do banco de sementes, pouca atenção tem sido dada a esse tema em ecossistemas tropicais. Dessa forma, estudos voltados ao tema podem ser justificados, visto que o banco de sementes é uma fonte significativa para a regeneração florestal, e devido a essa importância, o mesmo tem sido utilizado como alternativa para se diminuir o tempo de recuperação de áreas que sofreram algum tipo de distúrbio (HOSOGI;

KAMEYAMA, 2006; LEMAUVIEL; ROZÉ; CLÉMENT, 2005; O'DONNELL; FRYIRS; LEISHMAN, 2016; WILLIAMS et al., 2008).

De acordo com o período de permanência do banco de sementes no solo, o mesmo pode ser classificado em cinco tipos: aqueles chamados de transitórios, quando suas sementes ficam viáveis no solo por até um ano (germinam rápido quando em condições adequadas); persistentes, quando a viabilidade das sementes no solo ultrapassa um ano; pseudo-persistentes, com sementes de curta longevidade, quando a dispersão ocorre mais de uma vez ao ano; transitório-estacional, quando apresentam sementes de curta longevidade e com dormência em certo período do ano; transitório-atrasado, composto por sementes cuja germinação é amplamente distribuída no tempo (GARWOOD, 1989).

A formação do banco de sementes do solo é uma estratégia de regeneração característica de várias espécies possuem, a qual permite a essas plantas passar por adversidades ambientais ao longo do tempo, de forma a diminuir o risco de extinção. Segundo Baskin e Baskin (2014) existem mais de 1.300 espécies distribuídas em cerca de 160 famílias que podem formar o banco de sementes do solo, algumas das quais, podem manter sua viabilidade por décadas (MURDOCH; ELLIS, 2000; THOMPSON, 2000). Além do mais, alguns estudos sugerem que o mesmo mecanismo pode ajudar na manutenção da diversidade genética da população e na ocupação de habitats que sofreram algum tipo de distúrbio (FENNER; THOMPSON, 2005; LI et al., 2012; MANDÁK; PLACKOVÁ, 2009).

Sabendo da importância ecológica do banco de sementes, alguns estudos têm focado em compreender a ecofisiologia de bancos de sementes, tendo em vista que tais conhecimentos podem auxiliar no desenvolvimento de programas de recuperação de áreas degradadas (COFFEY; KIRKMAN, 2006; KAESER; KIRKMAN, 2012).

Dessa forma, diante da importância do banco de sementes, objetivou-se avaliar o comportamento das sementes de *P. dubium* em banco de sementes induzido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As análises do banco de sementes induzido foram conduzidas no município de Lavras – MG em área experimental localizada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), nas coordenadas S -21° 248' 487'' e W -45° 001' 375'', e no Laboratório de Sementes Florestais (LSF) do Departamento de Ciências Florestais da UFLA entre abril de 2014 e novembro de 2015.

2.2 Seleção das matrizes e obtenção das sementes

Para o estudo do banco de sementes induzido, as sementes foram obtidas de quatro matrizes no município de Lavras.

Após a coleta dos frutos, foi realizado o beneficiamento das sementes para a instalação do banco de sementes induzido, que se deu no mês de julho de 2014, após observação da maturidade fisiológica das sementes, verificada pela alteração de coloração dos frutos e início da dispersão natural dos mesmos.

Depois da coleta, os frutos foram transportados para o laboratório de sementes florestais da UFLA para a realização do beneficiamento manual das sementes a serem utilizadas na simulação do banco de sementes.

2.3 Instalação do banco de sementes induzido

Foi instalado um experimento para simular um banco de sementes de *P. dubium* no solo em um fragmento florestal no campus da UFLA, caracterizado como Floresta Estacional Semidecidual, de forma que a quantidade de amostras instaladas fosse suficiente para 10 coletas com periodicidade bimestral.

Para indução do banco de sementes do solo as sementes foram colocadas em copos de polietileno branco (4,6 cm diâmetro inferior, 7 cm diâmetro superior e 8,3 cm de altura) com capacidade de 200 ml. Os copos foram perfurados no fundo e laterais com agulha de \square 0,25 mm de espessura e preenchidos até dois terços com solo do local. Logo após, foram enterrados até o nível interno do substrato. Os copos foram distribuídos aleatoriamente em grupos de 20 amostras em uma área de 100 m², em local próximo do centro do fragmento florestal. Em cada copo foram colocadas 25 sementes cobertas com aproximadamente 1 cm com uma mistura de solo e serrapilheira, seguindo metodologia adaptada proposta por Motta, Davide e Ferreira (2006).

A periodicidade das coletas se deu a cada 60 dias, quando cinco amostras (copos contendo 25 sementes) do banco de sementes induzido foram retiradas aleatoriamente e levados para o LSF/UFLA para as seguintes análises: conteúdo de água, viabilidade, predação de sementes e emergência de plântulas no banco de sementes (protrusão de radícula e formação de plântulas).

2.4 Análise da emergência de plântulas

Para determinação da emergência foi avaliado bimestralmente através da contagem do número de sementes com protrusão radicular e plântulas em cada amostra coletada em campo.

2.5 Sementes predadas

A determinação do número de sementes predadas foi realizada, de acordo com metodologia adaptada de Motta, Davide e Ferreira (2006), fazendo-se a contagem das sementes intactas (SI), sementes germinadas e emergência de plântulas (NP), e fazendo-se a subtração das sementes desaparecidas durante o período para obter o número de sementes predadas (SP); o que está representada pela seguinte fórmula:

$$SP = 25 - (SI - NP) \quad (1)$$

em que:

SP = Número de sementes predadas na amostra;

SI = Número de sementes intactas

NP = Número de plântulas

2.6 Viabilidade

Para este teste, a cada dois meses, as sementes intactas restantes nas amostras foram colocadas para germinar em laboratório.

A viabilidade das sementes de *P. dubium* foi determinada pela germinação, utilizando como substrato rolo de papel com 4 repetições com as sementes restantes das amostras, que inicialmente continham 25 sementes. Antes do teste de germinação, foi realizada superação da dormência física nas sementes, realizando-se um corte de aproximadamente 1mm no tegumento no lado oposto da micropila utilizando uma lâmina. Após a superação da dormência, foi realizada a desinfestação das sementes em solução de hipoclorito de sódio 1% durante três minutos, seguido de lavagem em água destilada por um minuto. O experimento

foi conduzido em câmara de germinação a 25 °C com fotoperíodo de 12 horas e avaliado diariamente até o 7 ° dia. Como critério de germinação foi considerada a protrusão da radícula ($\geq 1,0$ mm).

2.7 Conteúdo de água

O conteúdo de água das sementes foi determinado pelo método da estufa como recomendado por Brasil (2009). Em cada período de análise, foi retirada uma amostra contendo inicialmente 25 sementes. Após limpeza superficial das foi realizada a preparação das amostras, dividindo em 4 repetições de pelo menos 0,3 g de sementes e pesagem em balança analítica (0,0001 g) com a finalidade da obtenção da matéria fresca, em seguida, as sementes foram incubadas em estufa a 105 °C por 24 horas, e logo após foram novamente pesadas para a obtenção da matéria seca. Como as sementes apresentavam tegumento rígido, antes da determinação do conteúdo de água as sementes foram cortadas ao meio.

2.8 Determinação da umidade de solo

Amostras de solo foram analisadas bimestralmente, fazendo-se a amostragem no momento da retirada das sementes para as análises fisiológicas. Foram coletadas aleatoriamente quatro amostras do solo localizado no entorno do banco de sementes induzido. A determinação da umidade do solo foi realizada seguindo a metodologia proposta por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997).

2.9 Dados climatológicos

Os dados de precipitação foram obtidos na estação climatológica da UFLA, situada a cerca de 1 km do local do experimento.

2.10 Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento do banco de sementes induzido foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com nove épocas de coletas e quatro repetições. Após tabulação, os dados de porcentagem de germinação, emergência, predação e número de sementes mortas foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk; os dados de viabilidade de sementes foram transformados para $\log(x)$. Após verificação da normalidade dos dados, realizou-se a análise de variância e as médias foram submetidas à análise de regressão. O modelo de regressão foi determinado baseando-se na significância dos coeficientes da equação de regressão e de determinação a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

Após a indução do banco de sementes em julho, pode-se observar variações no conteúdo de água das sementes durante todo o período do estudo. As maiores variações observadas ocorreram entre os meses de julho e setembro de 2015, quando o conteúdo de água variou de 11,6 para 7,7%. (Figura 1). Observa-se que apesar das pequenas variações no conteúdo de água terem ocorrido durante o período de estudo, essa variação não está associada com a precipitação mensal observada, visto que em meses de alta precipitação o conteúdo de água das sementes foi próximo aos meses de baixa precipitação. Para a umidade do solo os

valores registrados variaram de 28% em novembro de 2014 a 22% em novembro de 2015.

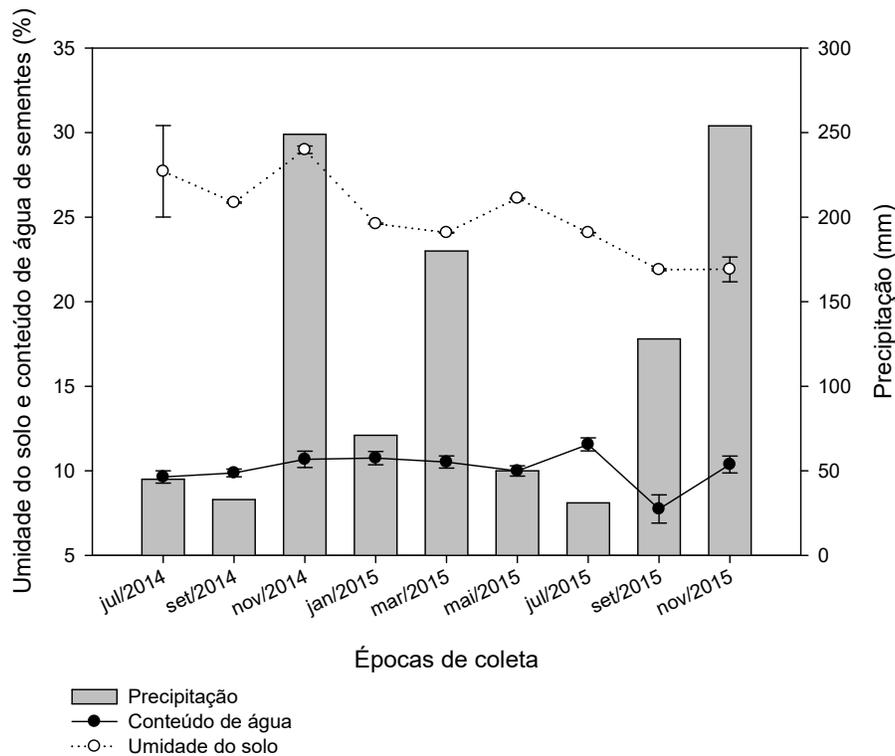


Figura 1: Precipitação mensal, umidade do solo e conteúdo de água das sementes de *P. dubium* no período de julho de 2014 a novembro de 2015. As barras no conteúdo de água e umidade do solo representam o desvio padrão da média

De acordo com a análise de variância ($p \leq 0,05$), o período de permanência das sementes no banco induzido influenciou de forma significativa a emergência de plântulas de *P. dubium*, entretanto o coeficiente de determinação (R^2) foi de 11,02 %. De maneira geral, a emergência foi alta nos meses de maior precipitação e reduzida no período de seca.

Foi verificado efeito do tempo sobre a viabilidade e predação das sementes no banco de sementes induzido pela análise de variância. Os valores

máximos e mínimos da viabilidade de sementes foram observados na primeira e última análises feitas, respectivamente; contrariamente, para o número de sementes predadas no banco, os menores valores foram obtidos no início de experimento, e máximos ao final (Figura 2).

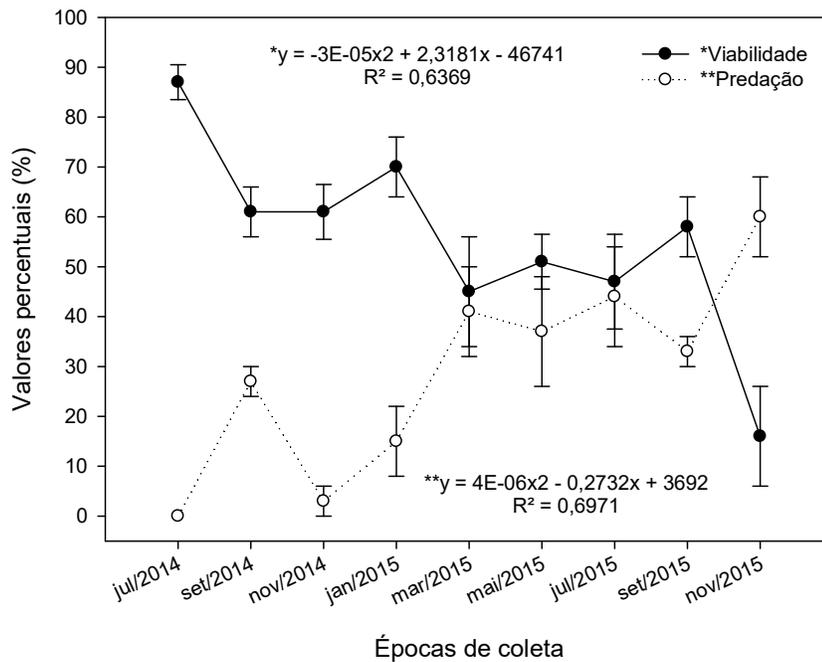


Figura 2: Valores observados e modelos ajustados para estimativa da viabilidade e predação em sementes de *P. dubium* em banco de sementes induzido. As barras no conteúdo de água e umidade do solo representam o desvio padrão da média

Durante o período de estudo do banco de sementes do solo verificou-se que a viabilidade decresceu de forma lenta, permanecendo acima de 50% na maioria dos meses no período de julho de 2014 a setembro de 2015, entretanto, houve uma queda abrupta na viabilidade em novembro de 2015 (Figura 3).

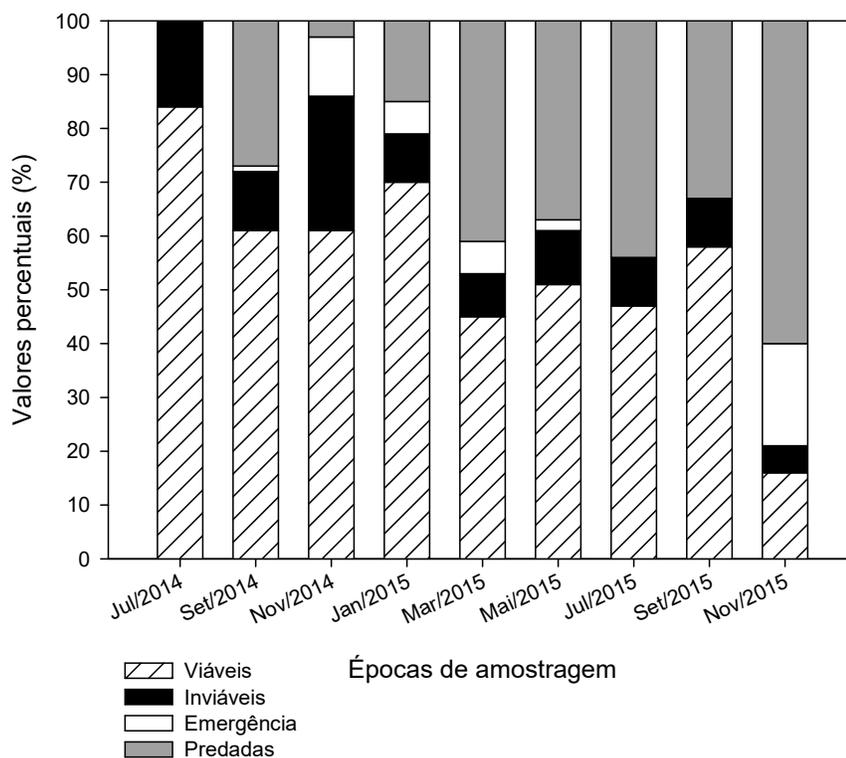


Figura 3: Porcentagem de sementes viáveis, inviáveis (sementes mortas), emergência de plântulas e sementes predadas em banco de sementes de *P. dubium* induzido no solo, no período de julho de 2014 a novembro de 2015

A emergência de plântulas ao longo dos períodos analisados foi altamente variável, onde pode ser observado que os meses que proporcionaram melhores condições para emergência de plântulas foram os meses de novembro a março, com destaque para o mês de novembro com taxas de 11 e 19% de plântulas formadas para os anos de 2014 e 2015, respectivamente (Figura 3). Por outro lado, de forma geral, os meses de julho e setembro foram os meses em que a taxa de emergência de plântulas foram as menores.

A taxa de predação ao longo dos períodos analisados foi crescente, de forma que os valores de predação de sementes variaram de 3 a 60 %, correspondendo ao meses de novembro de 2014 e 2015, respectivamente (Figura 3). Observa-se uma tendência de aumento da predação em relação ao período que as sementes permanecem no banco de sementes do solo.

4. DISCUSSÃO

O percentual de água do solo variou de forma significativa entre as coletas feitas entre os anos de 2014 e 2015. Contudo essas diferenças parecem não ter afetado o conteúdo de água das sementes de forma imediata. Isso denota a presença de dormência física devido a existência de barreiras para a entrada de água na semente (AQUINO et al., 2006; BASKIN; BASKIN, 2014).

Banco de sementes do solo é definido como a reserva viável de um conjunto de sementes que se encontra no solo ou misturado a serapilheira em determinada área. O banco de sementes pode ser classificado em várias categorias (BASKIN; BASKIN, 2014; GARWOOD, 1989). Dentro do sistema de classificação utilizado para espécies tropicais proposta por Garwood (1989), a espécie *P. dubium* é enquadrada no tipo de banco chamado de persistente, visto que foi verificada a presença de sementes viáveis por até 16 meses, com viabilidade superior a 50% nos primeiros 14 meses de estudo.

Uma das possíveis causas que promoveram a longevidade da espécie em estudo foi a presença de tegumento espesso, como evidenciado pela sua dormência tegumentar, o que pode limitar a ação de agentes associados à deterioração, especialmente microorganismos. De acordo com alguns autores a dormência tegumentar é um dos fatores que contribuem para o aumento da longevidade das sementes (HANIN et al., 2013; LONG et al., 2012, 2015).

Um dos fatores que contribui com a manutenção da viabilidade das sementes ortodoxas é a manutenção do baixo conteúdo de água e armazenamento em ambientes com baixa temperatura (KANAZAWA et al., 2015; SURİYONG et al., 2015). Neste estudo, apesar da grande variação da temperatura durante o ano, o conteúdo de água das sementes se manteve em torno de 10% durante todo o experimento, o que pode ter propiciado condições adequadas para a manutenção da viabilidade nas condições de campo (MOTTA; DAVIDE; FERREIRA, 2006; SHEN; ZHAO; LIU, 2011).

Também pode ser observado no presente trabalho aumento na predação das sementes durante o período do estudo. Nos primeiros seis meses após a indução do banco de sementes observou-se uma predação de aproximadamente 11% das sementes. Após esse período, a predação aumentou até atingir 60% na última análise. Segundo Klinken e White (2014), oscilações de baixa e alta predação de sementes no solo, no início do banco de sementes é bastante comum em florestas tropicais.

O padrão intermitente da emergência de plântulas de *P. dubium* somente em alguns períodos anos, sugere que a espécie possui estratégia de distribuição temporal da germinação, o que é comum em espécies formadoras de banco de sementes do solo (BASKIN; BASKIN, 2014; HONG et al., 2012). Essa estratégia reduz o risco de extinção, seja por predação, condições climáticas, ou mesmo em condições adversas (BRITS et al., 2015).

5. CONCLUSÕES

Sementes de *P. dubium* formam banco de sementes persistente, mantendo viabilidade acima de 50% por 14 meses.

A predação foi o principal fator que contribuiu para a redução do banco de sementes do solo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. B.; GALETTI, M. Seed dispersal and spatial distribution of *Attalea geraensis* (Arecaceae) in two remnants of Cerrado in Southeastern Brazil. **Acta Oecology**, Mar del Plata, v. 32, p. 180-187, Apr. 2007.
- AQUINO, N. F. et al. Dormência de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel.) Taubert colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 5, n. 2, p. 31-37, 2006.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2nd ed. San Diego: Academic; Elsevier, 2014. 1601 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.
- BRITS, G. J. et al. Effects of storage under low temperature, room temperature and in the soil on viability and vigour of *Leucospermum cordifolium* (Proteaceae) seeds. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 97, p. 1-8, Dec. 2015.
- CHEN, L. et al. Seed dispersal and seedling recruitment of trees at different successional stages in a temperate forest in northeastern China. **Journal of Plant Ecology**, Oxford, v. 24, n. 7, p. 337-346, July 2014.
- COFFEY, K. L.; KIRKMAN, L. K. Seed germination strategies of species with restoration potential in a fire-maintained pine savanna. **Natural Areas Journal**, Newton, v. 26, n. 3, p. 289-299, July 2006.
- DAÏNOU, K. et al. Soil seed bank characteristics in Cameroonian rainforests and implications for post-logging forest recovery. **Ecological Engineering**, New York, v. 37, n. 10, p. 1499-1506, 2011.

DALLING, J. W. et al. Role of dispersal in the recruitment limitation of neotropical pioneer species. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 90, p. 714-727, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

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

GARWOOD, N. C. Tropical soil seed banks: a review. **Ecology of Soil Seed Banks**, Washington, v. 149, p. 210, 1989.

HANIN, N. et al. Soil seed bank and among-years genetic diversity in arid populations of *Eruca sativa* Miller (Brassicaceae). **Journal of Arid Environments**, London, v. 91, p. 151-154, Feb. 2013.

HONG, J. et al. Soil seed bank techniques for restoring wetland vegetation diversity in Yeyahu Wetland, Beijing. **Ecological Engineering**, New York, v. 42, p. 192-202, May 2012.

HOSOGI, D.; KAMEYAMA, A. Timing for the planting method using deciduous forest topsoil in suburban Tokyo. **Japanese Ecological Engineering**, Tokyo, v. 26, n. 2, p. 123-131, Feb. 2006.

KAESER, M. J.; KIRKMAN, L. K. Seed longevity of 12 native herbaceous species in a fire-maintained pine savanna after 8 years of burial. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 281, p. 68-74, Oct. 2012.

KANAZAWA, Y. et al. Seed storage longevity of *Hosta sieboldiana* (Asparagaceae). **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 98, p. 6-9, May 2015.

KLINKEN, R. D. van; WHITE, A. J. The role of pre-and post-dispersal seed predation in determining total seed loss. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 15, n. 7, p. 581-589, 2014.

LEMAUVIEL, S.; ROZÉ, F.; CLÉMENT, B. A study of the dynamics of the seed banks in a complex dune system, with aim to restoration. **Journal of Coastal Research**, Sydney, v. 21, n. 5, p. 991-999, Apr. 2005.

LI, Y. Y. et al. Soil seed banks in degraded and revegetated grasslands in the alpine region of the Qinghai-Tibetan Plateau. **Ecological Engineering**, New York, v. 49, p. 77-83, Dec. 2012.

LONG, R. L. et al. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 90, n. 1, p. 31-59, 2015.

LONG, Y. et al. Seed dormancy and germination characteristics of *Astragalus arpilobus* (Fabaceae, subfamily Papilionoideae), a central Asian desert annual ephemeral. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 83, p. 68-77, Nov. 2012.

MANDÁK, B.; PLACKOVÁ, I. How does population genetic diversity change over time?: an experimental seed bank study of *Atriplex tatarica* (Chenopodiaceae). **Flora**, London, v. 204, n. 6, p. 423-433, May 2009.

MOTTA, M. S.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A. Longevidade de sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.-Sterculiaceae) no solo em condições naturais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 7-14, 2006.

MURDOCH, A. J.; ELLIS, R. H. Dormancy, viability and longevity. In: FENNER, M. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2000. p. 183-215.

O'DONNELL, J.; FRYIRS, K. A.; LEISHMAN, M. R. Seed banks as a source of vegetation regeneration to support the recovery of degraded rivers: a

comparison of river reaches of varying condition. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 542, p. 591-602, 2016.

SHEN, Y.; ZHAO, C.; LIU, W. Seed vigor and plant competitiveness resulting from seeds of *Eupatorium adenophorum* in a persistent soil seed bank. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, New York, v. 206, n. 11, p. 935-942, 2011.

SURIYONG, S. et al. Influence of storage conditions on change of hemp seed quality. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, New York, v. 5, p. 170-176, Jan. 2015.

THOMPSON, K. The functional ecology of soil seed banks. In: FENNER, M. (Ed.). **The ecology of regeneration in plant communities**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 2000. p. 215-235.

WANG, B. C.; SMITH, T. B. Closing the seed dispersal loop. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 17, n. 8, p. 379-386, Aug. 2002.

WILLIAMS, L. et al. Soil seed banks of degraded riparian zones in southeastern Australia and their potential contribution to the understorey vegetation. **River Research and Applications**, Cambridge, v. 24, n. 7, p. 1002-1017, Mar. 2008.