**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

***Priming* de sementes de espécies brasileiras visando ao uso potencial para
programas de reflorestamento**

Francisco Ortolan Santos

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2015

Francisco Ortolan Santos
Engenheiro Agrônomo

***Priming* de sementes de espécies brasileiras visando o uso potencial para o
reflorestamento**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **ANA DIONISIA DA LUZ COELHO NOVEMBRE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Santos, Francisco Ortolan

Priming de sementes de espécies brasileiras visando ao uso potencial para programas de reflorestamento / Francisco Ortolan Santos. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.
98 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Espécies pioneiras 2. Semeadura direta 3. Priming 4. Profundidade de semeadura
I. Título

CDD 634.9562
S237p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família. Aos meus pais, Clézio de Moraes Santos e Maria Aparecida de Souza Ortolan Santos que sempre foram carinhosos e me colocaram como prioridade em suas vidas. Aos meus avós, José de Souza Santos e em especial Maria Luiza de Moraes Santos, que descanse em paz, José Luiz Ortolan e Maria de Lourdes de Souza Ortolan, que são figuras de amor para mim. Ao meu irmão Pedro Henrique Ortolan Santos pela amizade e parceria. À minha namorada Eliane Barbacena Amorim pelo amor que tem por mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me abençoar durante toda a minha vida.

Agradeço à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ, por toda a estrutura fornecida e oportunidade para a realização da minha pós-graduação.

Agradeço a minha orientadora Ana Dionísia da Luz Coelho Novembre, pelos ensinamentos e amizade.

Agradeço à Helena M. C. P. Chamma pela amizade e pela grande ajuda que forneceu durante a condução da pesquisa no Laboratório de Sementes.

Agradeço aos professores Ana Dionisia da Luz Coelho Novembre, Carlos Tadeu dos Santos Dias, Francisco Guilhien Gomes Junior, José Antonio Frizzzone, José Otávio Machado Menten, Júlio Marcos Filho e Silvio Moure Cícero, pelos ensinamentos passados durante disciplinas cursadas.

Ao professor Ricardo Ribeiro Rodrigues pela orientação durante a condução dos experimentos em campo.

Ao Viveiro Bioflora pela cessão das áreas para a condução dos experimentos desta pesquisa e pelo apoio técnico.

À CAPES pela bolsa concedida de maio de 2013 a fevereiro de 2015.

Aos funcionários Adilson (Mussum) e João pela amizade e momentos de descontração, e aos secretários Luciane e Kaká pela atenção concedida.

A toda minha família pelo apoio e companhia.

À minha namorada Eliane Barbacena Amorim pelo amor, carinho e cuidado.

Aos meus amigos Adriana Bellemo, Cibele Zacaroni, Clíssia Barboza, Danielle Castan, Denis Costa, Greice Leal, Haynna Abud, Henrique Brant, Iuri Dario, José Luis Marchi, Larissa Chamma, Lenise Villela, Maicon Javorski, Marcella Freitas, Márcio Blanco, Marcos Altomani, Natalia Arruda, Natanael Vilanova, Nayara Gonçalves, Roberta Ferreira, Sibelle Santanna, Simone Silva, Victor Forti e Walquiria Fernanda.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Espécies escolhidas e pesquisas relacionadas às sementes	17
2.2 <i>Priming</i>	20
2.3 Profundidade de semeadura	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Sementes	25
3.2 Teor de água.....	26
3.3 Massa de 1000 sementes	27
3.4 Análise de pureza	27
3.5 Teste de germinação.....	27
3.5.1 Pré-teste de germinação	32
3.6 Cinética de absorção de água pelas sementes	32
3.7 <i>Priming</i>	33
3.8 Semeadura direta em campo das sementes de <i>A. tibourbou</i> , <i>H. popayanensis</i> , <i>S. alata</i> e <i>S. multijuga</i>	34
3.8.1 Emergência da plântula	34
3.9 Profundidade de colocação das sementes no substrato	38
3.10 Análise estatística.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Pureza das sementes do lote 1	41
4.2 <i>Apeiba tibourbou</i>	41
4.2.1 Cinética da absorção de água pelas sementes	41
4.2.2 <i>Priming</i>	43
4.2.3 Caracterização da qualidade inicial das sementes de <i>A. tibourbou</i> , lotes 1 e 2.....	48
4.2.4 Avaliação da semeadura direta em campo das sementes de <i>A. tibourbou</i> , lotes 1 e 2, referente aos tratamentos controle e <i>priming</i>	49
4.2.5 Semeadura em diferentes profundidades.....	52
4.3 <i>Heliocarpus popayanensis</i>	54
4.3.1 Cinética da absorção de água pelas sementes	54
4.3.2 <i>Priming</i>	55
4.3.3 Caracterização da qualidade inicial das sementes de <i>H. popayanensis</i> , lotes 1 e 2	60

4.3.4 Avaliação da semeadura direta em campo das sementes de <i>H. popayanensis</i> , lotes 1 e 2, referente aos tratamentos controle e <i>priming</i>	62
4.3.5 Semeadura em diferentes profundidades.....	64
4.4 <i>Senna alata</i>	66
4.4.1 Cinética da absorção de água pelas sementes.....	66
4.4.2 <i>Priming</i>	68
4.4.3 Caracterização da qualidade das sementes de <i>Senna alata</i> , lotes 1 e 2	72
4.4.4 Avaliação da semeadura direta em campo das sementes de <i>S. alata</i> , lotes 1 e 2, referente aos tratamentos controle e <i>priming</i>	73
4.4.5 Semeadura em diferentes profundidades.....	76
4.5 <i>Senna multijuga</i>	78
4.5.1 Cinética da absorção de água pelas sementes.....	78
4.5.2 <i>Priming</i>	80
4.5.3 Caracterização da qualidade inicial das sementes <i>S. multijuga</i> , lotes 1 e 2.....	84
4.5.4 Avaliação da semeadura direta em campo das sementes de <i>S. multijuga</i> , lotes 1 e 2, referente aos tratamentos controle e <i>priming</i>	86
4.5.5 Semeadura em diferentes profundidades.....	88
5 CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS	93

RESUMO

***Priming* de sementes de espécies brasileiras visando ao uso potencial para programas de reflorestamento**

Mudas ou sementes podem ser utilizadas em projetos de restauração, sendo que, o uso da semente por meio da semeadura direta tem vantagem em função da redução do custo, pois não há gastos para a formação inicial da muda, por proporcionar a reconstituição do banco de sementes do solo e possibilitar a formação de uma comunidade heterogênea. Portanto, nessa pesquisa foram avaliadas as sementes de quatro espécies de recobrimento, *Apeiba tibourbou*, *Heliocarpus popayanensis*, *Senna alata* e *Senna multijuga*, para a utilização na semeadura direta, associada aos estudos da aplicação das técnicas do *priming* e da interferência da profundidade de semeadura na emergência da plântula. O estudo dos métodos de *priming* incluiu a hidratação das sementes em água (imersão e entre papel) e em soluções -0,1 MPa e -0,6MPa de PEG 6000 (entre papel), sendo que parte das sementes foi avaliada ainda úmida quanto à germinação, parte foi seca até graus de umidade semelhantes aos obtidos antes da realização do *priming* e parte foi seca e armazenada para ser semeada após 45 dias. A determinação da qualidade das sementes foi baseada nos resultados dos testes de germinação e de emergência da plântula e foram calculados os totais, em porcentagem, o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG). Para o estudo da profundidade de semeadura foi avaliada a distribuição superficial das sementes 0 (superficial) e 0,5 cm, 1,0 cm e 2,0 cm e determinados a emergência da plântula, o IVEP e o TMEP. O estudo da absorção de água das sementes indicou que os teores de água, na fase II da germinação, são 48 a 55% para as sementes de *A. tibourbou* e 55 a 60% para as de *S. alata* e de *S. multijuga*. Em função dos resultados dessa pesquisa, o *priming* não beneficia a germinação das sementes de *A. tibourbou* e de *H. popayanensis*. A utilização da solução -0,1 MPa de PEG 6000 reduz o tempo de germinação das sementes de *S. alata*, quando avaliadas úmidas. Esse mesmo método é eficiente para o *priming* das sementes de *S. multijuga*, avaliadas após a secagem. As sementes de *S. alata* e *S. multijuga* são recomendadas para semeadura direta em projetos de restauração ecológica, desde que, seja superada a dormência dessas sementes. A profundidade ideal de semeadura é 1 a 2 cm para as sementes de *A. tibourbou*, de 0,5 cm para as de *H. popayanensis*, de 1 cm para as de *S. alata* e de 1 a 2 cm para as sementes de *S. multijuga*.

Palavras-Chave: Espécies de recobrimento; Semeadura direta; *Priming*; Profundidade de semeadura

ABSTRACT

Brazilian species of seed priming aimed at potential use for reforestation programs

Seedlings or seeds can be used in reforestation projects and the use of seed through direct sowing has the advantage because there is no cost for the initial formation of the seedlings and additionally it provides enriching soil seed bank and the possibility of a heterogeneous community formation. Then, in this research were evaluated the seeds of four pioneer species, *Apeiba tibourbou*, *Heliocarpus popayanensis*, *Senna alata* and *Senna multijuga*, for direct sowing associated with the priming techniques and the study of the interference of sowing depth in the emergence of seedling. The study of priming methods included seed hydration (water immersion and between paper water moistened) and the use of PEG 6000 solutions (-0,6MPa and -0.1MPa between paper). For evaluations, these seeds were sown still wet and after dry; furthermore, the dry seeds were stored for evaluation after 45 days. The determination of the seed quality was based on the results of seed germination and seedling emergence. In the study of seed sowing the seeds were sowing on surface and in 0.5 cm, 1.0 cm and 2.0 cm depth, and these results were based on seedling emergence. This research results indicated the possibility of using *S. alata* and *S. multijuga* seeds for direct sowing. There are benefits of using seed priming for *S. alata* and *S. multijuga* seeds. Appropriate sowing depth for these seeds are 0.5 cm, 1.0 cm or 2.0 cm; seed surface sowing is not recommended.

keywords: Pionner species; Direct sowing; Priming; Depth sowing

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros que ao longo do tempo foi devastado, devido à exploração desordenada dos recursos naturais, principalmente por madeireiros, resultando na conversão de milhões de hectares de mata nativa em pastagens, lavouras e centros urbanos, sem o devido planejamento para manutenção do bioma, que atualmente está fragmentado, Pinto et al. (2009). A área original da Mata Atlântica abrange desde o Nordeste até o Rio Grande do Sul e tem 1.300.000 Km², atualmente apenas 22% dessa área tem a vegetação natural, devido, principalmente, à concentração populacional dessas áreas, em que residem 120 milhões de brasileiros, Ministério do Meio Ambiente (2015).

A manutenção das áreas degradadas, sem interações antrópicas de cunho explorativo, possibilitaria a recuperação natural, em função do processo de sucessão ecológica, mas existem alguns fatores limitantes a este processo como a quantidade e a variabilidade das espécies de sementes no solo (banco de sementes) ou o aporte de sementes por meio de dispersão, pode ainda haver falhas na germinação das sementes do banco de sementes e no estabelecimento das mudas, predação de sementes e mudas, adversidade de clima e solo e ainda a presença de espécies invasoras (CURY e CARVALHO Jr., 2011). Porém como apenas 7% desse bioma está conservado, em fragmentos com mais de 100 hectares (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015), o processo de regeneração é limitado e, portanto, é necessária a intervenção do homem para acelerá-lo, Sampaio, Polo e Barbosa (2012).

A restauração ecológica é definida segundo a Sociedade Internacional para Restauração Ecológica (SER, em inglês) “como uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema no que diz respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade” citado por Cury e Carvalho Jr. (2011), e pode ser feita por meio da utilização das mudas, produzidas em viveiros, ou das sementes e há vantagens e desvantagens associadas a essas duas formas de multiplicação das plantas.

A técnica que predomina ainda é a utilização das mudas produzidas em viveiro, pois possibilita a adequação da densidade inicial das plantas, a seleção das mudas que têm desenvolvimento adequado, o descarte das mal formadas, minimizando as falhas decorrentes da morte das plântulas em campo e outros tipos de controle, conforme afirmaram Lacerda e Figueiredo (2009). Por outro lado, esse tipo de implantação vegetal tem desvantagens também, como, por exemplo, a limitação das espécies vegetais, em comparação à heterogeneidade que é originada da formação natural das matas, por não contribuir em um

primeiro momento com o enriquecimento do banco de sementes, Lacerda e Figueiredo (2009). Além das questões técnicas há, ainda, os custos relacionados à produção das mudas como destacaram Soares (2007) e Bittencourt (2013), à manutenção dos viveiros, ao transporte e ao transplante das mudas.

Pesquisas recentes, como a de Isernhagen (2010), indicaram que há viabilidade da utilização da semeadura direta das sementes ao invés da muda para a restauração e a recomendação inclui, predominantemente, a utilização das espécies brasileiras. Segundo Engel e Parrota (2001) a seleção de espécies de acordo com suas características, fisiológicas, grupo funcional e ecológico é a chave para tornar a semeadura direta uma técnica vantajosa para o rápido preenchimento de áreas degradadas com custo de implantação reduzido em relação à utilização da muda. A principal dificuldade desse tipo de implantação vegetal em uma área, seja para a manutenção das plantas ou para a regeneração das plantas, é a semente, pois, há ainda limitação do conhecimento sobre a formação dessas sementes e, conseqüentemente, não há a caracterização do momento ideal da colheita, não é também usual beneficiar essas sementes, visando retirar sementes não formadas e, ou, predadas, e nem mesmo há, rotineiramente, a determinação da qualidade das sementes que são utilizadas.

Nesse sentido, as sementes de *Senna alata* (Fabaceae Caesalpinoidae), *Senna multijuga* (Fabaceae Caesalpinaceae), *Heliocarpus popayanensis* (Malvaceae) e *Apeiba tibourbou* (Tiliaceae) são classificadas como espécies de recobrimento e são indicadas para programas de restauração, visando à recuperação de áreas degradadas e, ou, a manutenção da vegetação em determinadas áreas. Considerando a possibilidade de utilizar as sementes das espécies brasileiras, uma das principais dificuldades está relacionada às falhas da germinação, que dificultam ou impedem o estabelecimento das plântulas e, conseqüentemente, a recuperação da vegetação (CURY e CARVALHO Jr., 2011).

Provavelmente um desses fatores está relacionado à restrição de métodos para a determinação da qualidade dessas sementes, especialmente avaliações relacionadas à germinação. Aliás, são evidentes as restrições de informações quanto aos aspectos técnicos da produção e da determinação da qualidade das sementes das espécies brasileiras. Apenas para destacar a limitação do conhecimento das sementes dessas espécies, as sementes estudadas nessa pesquisa das espécies *Senna alata*, *Heliocarpus popayanensis* e *Apeiba tibourbou* não têm método estabelecido para o teste de germinação das sementes, mesmo considerando que, em 2013, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento publicou um documento, complementar às Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), que contém métodos para a análise das sementes brasileiras.

Adicionalmente, o estudo dos parâmetros físico, fisiológico e sanitário das sementes das diferentes espécies vegetais possibilita a avaliação da viabilidade das sementes, da presença ou não de patógenos e do nível de dormência e outras informações relacionadas, como a interferência da profundidade de semeadura e da efetividade de métodos como o *priming*, que visam uniformizar a germinação da semente e a emergência da plântula (HEYDECKER et al. 1975; KHAN, 1977).

Assim, nessa pesquisa foram estudados alguns aspectos relacionados à germinação da semente e à emergência da plântula visando à utilização das sementes de *Senna alata* (mata-pasto), *Senna multijuga* (pau-cigarra), *Heliocarpus popayanensis* (jangada algodão) e *Apeiba tibourbou* (pente de macaco) para a semeadura direta, seja para a recuperação de áreas degradadas ou para a manutenção da vegetação em determinadas áreas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Espécies escolhidas e pesquisas relacionadas às sementes

As sementes de algumas espécies vegetais, como as de *Senna alata* (Fabaceae Caesalpinoidae), *Senna multijuga* (Fabaceae Caesalpiniaceae), *Heliocarpus popayanensis* (Malvaceae) e *Apeiba tibourbou* (Tiliaceae) são classificadas como de recobrimento e têm valor para programas de restauração, pois segundo Gandolfi; Bellotto e Rodrigues (2009) há a necessidade de utilizar um grupo de espécies que promova a rápida cobertura do solo, independentemente de serem pioneiras ou não, para que crie condições para o desenvolvimento local de uma sucessão secundária. As espécies citadas têm estas características, mas para tanto é essencial conhecer o ciclo de vida dessas plantas e um aspecto importante é o estudo relacionado à formação e à avaliação das sementes, pois, por meio do estudo das condições da germinação é possível verificar se é viável a utilização da semente, para introdução da espécie em áreas de restauração.

No entanto, os resultados das pesquisas disponíveis indicam que os estudos sobre essas sementes incluem, predominantemente, métodos para a superação da dormência e alguns relacionados ao teste de germinação.

A *Senna alata*: da família Fabaceae Caesalpinoidae, conhecida como fedegoso gigante, é uma árvore de pequeno médio porte (3 a 6 metros de altura), a floração tem coloração amarela e ocorre em cachos, o fruto é uma vagem achatada e com muitas sementes duras de 0,5 cm, a planta é uma ornamental e melífera, floresce em maio e a coleta de sementes pode ser feita em setembro (LORENZI, 2008), esta planta ocorre no semi-árido do Nordeste brasileiro, na Bahia, no litoral do Espírito Santo, em Linhares e restinga no Rio de Janeiro, Pantanal do Mato Grosso do Sul, São Paulo e à beira rio na Amazônia, sua longevidade é de 3 a 5 anos, Aguiar (1992).

Para as sementes de *Senna alata* (L.) Roxb. as pesquisas desenvolvidas por Braga et al. (2010) evidenciaram que essa semente tem o tegumento impermeável à água e ao oxigênio sendo, portanto necessário o tratamento para a superação da dormência; utilizaram o ácido sulfúrico (H₂SO₄) por 15, 30 e 60 minutos e obtiveram germinação de 50%, 93% e 100%, respectivamente; as sementes não escarificadas com ácido não germinaram. Os resultados dessa pesquisa indicaram também que a temperatura adequada para a germinação é entre 15 e

40 °C e essas sementes são classificadas como fotoblásticas neutras, mas a 15 °C são fotoblásticas negativas.

Outra espécie com potencial para ser utilizada para a restauração é a da *Senna multijuga* que é uma planta da família Fabaceae Caesalpinaceae, sendo caducifólia, com uma altura de 2 a 10 metros podendo atingir 20 metros, as flores são de coloração amarela viva ou amarela dourado, reunidas em panícula terminal múltipla, os frutos são legumes retos achatados lateralmente, com numerosas lâminas transversais marrom-escuras com 20 a 32 sementes, sendo os frutos deiscentes, a polinização é dependente de insetos polinizadores como de abelhas e insetos pequenos, a floração ocorre de dezembro a abril no Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS), de janeiro a agosto no Rio de Janeiro (RJ) e março a abril em Minas Gerais (MG) e os frutos amadurecem de abril a agosto no RS, de abril e setembro em MG, de maio a julho no PR de maio a setembro em São Paulo (SP), de julho a novembro no RJ e de agosto a outubro no Espírito Santo (ES), sendo que a reprodução inicia-se aos 4 anos de idade e as sementes se dispersam através da gravidade e formam banco de sementes, a planta caracteriza-se como uma pioneira, secundária inicial ou clímax exigente de luz, sobrevivendo em solos úmidos com drenagem regular e terrenos que ficam encharcados por períodos curtos, Carvalho (2013).

Santarém et al. (1996) avaliaram a germinação dessas sementes em diferentes disponibilidades de água; os resultados indicaram que a germinação nos potenciais hídricos de -0,49 MPa e de -1,03 MPa foi, respectivamente, 20% e zero. Adicionalmente Piveta et al. (2010) avaliaram a superação da dormência da semente de *S. multijuga*, utilizando a água quente e o ácido sulfúrico (H₂SO₄), e verificaram que a água quente causou redução da viabilidade das sementes e a utilização do ácido possibilitou germinação de 59%. Porém, outros resultados de pesquisas com as sementes de *S. multijuga*, como os de Ferreira; Davide e Motta (2004) e os de Piveta et al. (2010), evidenciaram que a imersão das sementes em água quente (100 °C) até resfriar durante 24 horas, é eficiente para a superação de dormência, com germinação de 80% em luz contínua. Por outro lado, Pozitano e Rocha (2011) verificaram para sementes de *Senna macranthera* que a escarificação com ácido H₂SO₄ foi eficiente para superar a dormência, possibilitando germinação de 95% em comparação aos 9% das sementes não escarificadas.

Apeiba tibourbou é da família Tiliaceae, está distribuída na América do Sul e Central. No Brasil ocorre no Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste, (TSCHÁ, SALES e ESTEVES 2002), na floresta pluvial e latifoliada semidecídua (LORENZI 2008), as suas flores são

amarelas e o florescimento ocorre de janeiro a março e a maturação dos frutos acontece de setembro a novembro, é árvore frequente em formações secundárias (LORENZI 2008).

As informações sobre a qualidade das sementes de *Apeiba tibourbou* são restritas; no que tange à superação da dormência, Guedes et al. (2011) afirmaram que a escarificação mecânica foi eficiente, proporcionando 87% de germinação. Pacheco et al. (2007) avaliaram as condições para o teste de germinação e consideraram adequados os substratos papel mata-borrão, areia e pó de coco e as temperaturas de 30 °C e 35 °C.

Outra semente de espécie brasileira que tem potencial para ser utilizada em programas de restauração é a de *Heliocarpus popayanensis*, que pertence à família Malvaceae, é uma árvore decídua que pode atingir 20 metros de altura, as flores possuem coloração amarela quando masculinas e as femininas rósea ou lilas e o florescimento é de maio a agosto no estado de São Paulo e de junho a agosto no Paraná, a polinização é dependente de pequenos insetos, os frutos são capsulas indeiscentes com sementes piriformes. A maturação dos frutos é de julho a outubro no Paraná e de julho a novembro no estado de São Paulo, sendo que a dispersão dos frutos e sementes ocorre através do vento. As sementes são consideradas recalcitrantes com viabilidade de armazenamento superior a 90 dias (LORENZI, 2008). *H. popayanensis* é encontrada nas latitudes de 10° Norte na Costa Rica, ao Nordeste da Argentina e no Brasil a 9°20' Sul no Acre e 27°25' sul no Rio Grande do Sul. No Brasil a planta se desenvolve em locais onde a precipitação pluvial média anual é 1100 mm (Rio de Janeiro) com chuvas uniformemente distribuídas e 1700 mm (Paraná), aclimatada em temperaturas que variam de -4,2°C (Foz do Iguaçu, PR) a 26,5°C (Rio de Janeiro, RJ), Lorenzi (2008).

Brancaion et al. (2008 a) avaliaram as condições de armazenamento para as sementes de *H. popayanensis*, uma em geladeira por seis meses (lote 1) e outra em câmara de armazenamento (20 °C e 50% UR), lote 2, também por seis meses e compararam com sementes não armazenadas (lote 3), verificaram que não havia dormência nas sementes armazenadas enquanto que as sementes não armazenadas tinham dormência, atribuída à impermeabilidade do tegumento. Esses pesquisadores avaliaram também as condições para o teste de germinação, com luz e sem luz, e verificaram que a utilização da luz é adequada, afirmaram que a temperatura ideal é entre 23,7 °C e 30,2 °C e entre 28,1 e 30,2 °C, destacaram ainda que não há germinação em temperatura inferior a 17 °C.

2.2 Priming

Um dos tratamentos sugeridos para beneficiar o processo de germinação da semente é o *priming*. A utilização do *priming* para as sementes foi proposta por Heydecker et al. (1975) e consiste na hidratação controlada da semente, para que haja o preparo metabólico para o processo de germinação, sem que haja a emissão da raiz primária. Dessa forma, é uma técnica indicada, principalmente, com o objetivo de promover rapidez e uniformidade de germinação da semente e do estabelecimento da plântula, em condições de ambiente, durante a fase inicial de desenvolvimento e, ou, após o armazenamento (HEYDECKER et al. 1975; KHAN, 1977).

Bewley e Black (1994) propuseram a associação da hidratação da semente com as fases da germinação, que ocorre segundo o padrão trifásico da hidratação, assim na fase I a embebição das sementes ocorre devido a diferença do potencial hídrico entre as sementes e o substrato fornecedor de água e ocorre independentemente da viabilidade das sementes. Na fase II há a estabilização da absorção de água e do consumo de oxigênio e, neste momento, todas as partes das sementes estão hidratadas e as enzimas pré-existentes ativadas. Na fase III há a elongação da raiz primária, caracterizando o início visível da germinação da semente.

O *priming* promove a hidratação das sementes até a fase II da germinação, em que predomina a digestão das reservas e a assimilação dos compostos pelo eixo do embrião, Bewley e Black (1982). Durante o *priming* é essencial que esta fase não seja superada, o que é feito limitando a quantidade de água absorvida ou o tempo de hidratação (KHAN, 1977 e McDONALD, 1999), pois até essa fase as sementes resistem à dessecação e, conseqüentemente, podem ser armazenadas Bradford (1995); sendo assim quando essas sementes forem semeadas, em ambiente com condições favoráveis à germinação, esta iniciará a partir desta fase.

O *priming* pode ser aplicado por imersão das sementes em água ou em soluções aquosas como, por exemplo, as de polietilenoglicol (PEG), de KNO_3 e outras, ou pela adição de água ou dessas soluções em substratos com cujo potencial matricial praticamente não interfere na disponibilidade da água, como a areia, a argila, a vermiculita e turfa. Após o *priming* as sementes podem ser secas à graus de umidade semelhantes aos anteriores à hidratação, ou não (KHAN, 1977 e McDONALD, 1999).

Dessa forma, o *priming* pode ser realizado utilizando a água e outras soluções, como as salinas ou de PEG. A água pode ser disponibilizada diretamente, por imersão das sementes em água, ou indiretamente por aspersão ou por meio de um substrato, como o papel ou outros.

Além disso, a quantidade de água que será disponibilizada pode ser controlada pelo tempo ou pela limitação do potencial de água de um determinado substrato.

Embora existam vários métodos para utilização do *priming* nas sementes pode haver diferença de resultado em função do método utilizado (HEYDECKER e COOLBEAR, 1977).

Os resultados das pesquisas com relação aos métodos utilizados para o *priming* indicam que há variação em função da espécie da semente, da forma como as sementes são hidratadas, a duração e o potencial em que a água é disponibilizada, além de estudos que envolvem a possibilidade de adequação do método para a utilização comercial e outros.

Powell e Mathews (1978), Woodstock e Tao (1981) e Tilden e West (1985) não consideraram adequada a imersão em água, pois afirmaram que a hidratação é rápida e falta oxigênio, facilitando a ocorrência de injúrias. Bray (1995) considerou que a secagem e o armazenamento das sementes ortodoxas provocam a perda progressiva da integridade das membranas, que contribui para a deterioração das sementes, portanto, quando as sementes são hidratadas há a reorganização das membranas, deste modo a hidratação rápida, pode causar alterações irreversíveis nas células e até a morte das células.

Bradford (1995) afirmou que sais e manitol foram muito utilizados para preparar soluções osmóticas, porém por serem moléculas relativamente pequenas penetram nas células dos tecidos das sementes podendo causar efeito tóxico. Portanto, moléculas de alto peso molecular, como polietilenoglicol (PEG 6000-8000), são utilizadas para o preparo de soluções osmóticas, pois suas moléculas são grandes o suficiente para não penetrarem nas membranas plasmáticas, deste modo, as sementes absorverão apenas água. Uma dificuldade no uso de PEG é que, dependendo do potencial de água requerido, as soluções preparadas são viscosas, o que diminui a difusão do oxigênio Mexal et al. (1975); nesse caso, a imersão das sementes em solução de PEG requer aeração artificial Bujalski et al. (1989).

Os principais efeitos da utilização do *priming* são o aumento da velocidade de germinação da semente e, ou, de emergência da plântula (BROCKEHURST e DEARMAN, 1983), fator que em campo é importante, pois o desenvolvimento rápido pode evitar condições desfavoráveis. Bradford (1995) explicou que o aumento da velocidade de germinação é uma vantagem durante o processo de secagem do solo, pois as sementes podem germinar antes que o potencial hídrico do solo reduza, em nível que impeça a germinação, assim o *priming* pode ser um tratamento interessante para aumentar a velocidade de germinação e da emergência da plântula em campo.

Outro efeito do *priming* é uniformidade da germinação da semente e da emergência da plântula, como relatado por Perez e Jardim (2005) que utilizaram as sementes de paineira e

observaram que o *priming* pode reduzir os efeitos das variações do ambiente, favorecer a velocidade da germinação em temperatura inferior à ideal, a resistência à falta da água e ao excesso de sais do solo. Este fato foi explicado por Woodstock e Tao (1981) que relataram que a hidratação das sementes promovida pelo *priming* com soluções de PEG minimiza os danos, pois há a redução da velocidade de hidratação, o que possibilita a atuação dos mecanismos de reparo.

A temperatura ideal varia com a espécie sendo que, de forma geral, temperaturas baixas prolongam o período de hidratação o que, conseqüentemente, aumenta a perda de exsudatos das sementes (BRADFORD, 1995). Nascimento (2005) pesquisou o *priming* para as sementes de hortaliças e considerou que essa técnica é útil para promover atividades pré-metabólicas, favorecendo a rapidez e a uniformidade da germinação. Esse pesquisador afirmou que o *priming* foi vantajoso quando as sementes foram expostas as condições subótimas de germinação, em função do aumento da velocidade de germinação.

Há também interferência do tipo de substrato utilizado para o *priming*, o papel umedecido é recomendado para vários tipos de sementes, assim como, a imersão das sementes em água ou soluções aquosas que, geralmente, requer aeração suplementar, conforme destacaram Mexal (1975) e Bujalski et al. (1989).

Não há consenso entre os pesquisadores com relação à secagem, alguns afirmam que a secagem reverte o efeito do *priming* (ARMSTRONG e McDONALD, 1992; HEYDECKER e COOLBEAR, 1977 e SAHA e BASU, 1981), outros afirmam que há a necessidade de tratamentos como secagem menos drástica, secagem rápida ou choque térmico antes da secagem definitiva para a preservação dos benefícios do *priming* (BRUGGINK et. al., 1999) e outros consideram que a secagem não influencia os resultados da utilização dessa técnica (AAS-SAQUI e CORLETTO, 1978; HEYDECKER et. al., 1975 e KHAN et. al., 1978).

Dessa maneira, a preservação da viabilidade das sementes durante o armazenamento dependerá do método utilizado para o *priming*, da forma da secagem e das condições e do período de armazenamento.

2.3 Profundidade de semeadura

A profundidade de semeadura é outro fator que influencia a germinação da semente e a emergência da plântula, por interferir na temperatura, na disponibilidade de oxigênio, na quantidade de luz que atinge as sementes. Além disso, a profundidade adequada de semeadura

varia de acordo com as características intrínsecas da semente e do solo ou de outro tipo de substrato que, muitas vezes, constitui barreira física para a germinação. Segundo Bewley e Black (1994) as sementes “pequenas”, as que produzem mucilagem e as com tegumento liso tendem a ser eficientes para a absorção de água do solo, devido ao contato com o solo e sua superfície específica; portanto, sementes com tamanhos diferentes requerem potenciais hídricos distintos do solo ou do substrato para germinarem. Além disso, Bradford (1995) ressaltou que o potencial hídrico do solo é variável com os ciclos de chuva, principalmente na superfície do solo, e a taxa e porcentagem de germinação decrescem conforme reduz o potencial hídrico desse ambiente.

A profundidade de semeadura pode influir até mesmo na sanidade das plântulas, pois segundo Christensen (1953) citado por Silva et al. (2002) quando superior a 4 cm para as sementes de cereais favorece a infecção de plântulas, reduzindo a emergência da plântula e prejudicando a quantidade plântulas por área, isto ocorre devido ao aumento da exposição das partes tenras da plântula aos patógenos do solo. De acordo com Yamashita et al. (2009), que pesquisaram as sementes de arruda, há a redução da emergência da plântula conforme há o aumento da profundidade de semeadura, devido à limitação da disponibilidade de oxigênio e à barreira física do solo para a germinação da semente, Toledo et al. (1993) citado por Yamashita et al. (2009). Além disso, Canossa et al. (2007) complementaram que as sementes “pequenas” possuem poucas reservas para produzir plântulas que atinjam a superfície do solo a partir de semeaduras profundas, fato explicado também por Tillmann (1994) que afirmou que o desenvolvimento do embrião deve possibilitar à plântula chegar à superfície do solo para iniciar a fotossíntese e a semeadura profunda para as sementes “pequenas”, que têm pouca reserva, dificulta ou impede que a plântula atinja a superfície do substrato.

Em função das informações da literatura não há pesquisas relacionadas à utilização do *priming* para as sementes das espécies *Senna alata* (Fabaceae caesalpinoideae), de *Senna multijuga* (Fabaceae Caesalpiniaceae), de *Heliocarpus popayanensis* (Malvaceae) e de *Apeiba tibourbou* (Tiliaceae), assim como, não há pesquisas que associem a aplicação dessa técnica à utilização dessas sementes para a semeadura direta, visando à implantação de áreas vegetais, seja para recuperação de áreas degradadas ou para a manutenção da vegetação em determinadas áreas.

Assim, os objetivos dessa pesquisa foi avaliar a adequação da utilização dessas sementes para a semeadura direta, em função da utilização das técnicas de *priming* e da variação da profundidade de colocação dessas sementes e, ou, frutos, no caso de *H. popayanensis*, no solo para o estabelecimento da plântula.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nos Laboratórios de Análise de Sementes Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba/SP (47° 38' 00'', 22° 42' 30'' e 546 metros de altitude) e em áreas pertencentes ao Bioflora-Tecnologia da Restauração, Piracicaba/SP, durante os anos de 2013 e 2014.

3.1 Sementes

As sementes utilizadas foram as de *Senna alata* (Fabaceae Caesalpinoidae), de *Senna multijuga* (Fabaceae Caesalpinaceae), de *Heliocarpus popayanensis* (Malvaceae) e de *Apeiba tibourbou* (Tiliaceae), dois lotes de cada uma delas. Parte das sementes foi obtida do viveiro Bioflora-Tecnologia e Restauração (lote 1), as quais já estavam beneficiadas e parte foi coletada no Estado de São Paulo, nos municípios de Piracicaba e outros próximos a Piracicaba, em 2013, que correspondeu ao lote 2, em que estas sementes foram beneficiadas manualmente pelo autor desta pesquisa. As informações para cada espécie do número de matrizes, locais e coletor podem ser encontrados nas tabelas 1 e 2.

O beneficiamento realizado nas sementes do lote 2 foi feito da seguinte forma:

Para *Senna alata* e *multijuga* os frutos (vagens) foram abertos manualmente, retiradas as sementes e peneiradas para eliminação das impurezas, posteriormente as sementes foram acondicionadas em dois sacos de papel Kraft, um dentro do outro, e armazenadas em câmara fria e seca (10 °C e 30% de umidade). Para *Apeiba tibourbou* os frutos foram abertos com um bisturi e as sementes foram retiradas do interior manualmente, destacadas da parede do ovário e acondicionadas em dois sacos de papel Kraft, um dentro do outro, e armazenadas em câmara fria e seca (10 °C e 30% de umidade). Para *Heliocarpus popayanensis* os frutos foram retirados dos pedicelos que os prendiam ao ramo floral e estes foram acondicionados em dois sacos de papel Kraft, um dentro do outro, e armazenados em câmara fria e seca (10 °C e 30% de umidade).

Para os estudos da cinética da absorção de água e dos métodos de *priming* foram utilizadas as sementes do lote 1, nos demais experimentos foram utilizadas as sementes dos lotes 1 e 2.

Tabela 1: Espécies, coletor, local de coleta e número de matrizes relacionadas às sementes do lote 1

Nome científico	Coletor	Local da coleta	Número de matrizes
<i>Senna multijuga</i>	José Ferreira de Lima	Ribeirão Grande/SP	4
<i>Senna alata</i>	Estagiário Marcos	Bioflora Comercial Ltda	8
<i>Apeiba tibourbou</i>	José Severino da Silva	Fazenda Santa Helena - Penápolis/SP	2
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	José Severino da Silva	Faz. Agua Branca - ITU/SP	2

Tabela 2: Espécies, coletor, local de coleta e número de matrizes relacionados às sementes do lote 2

Nome científico	Coletor	Local da coleta	Número de matrizes
<i>Senna multijuga</i>	Francisco Ortolan Santos	Viveiro Bioflora	2
<i>Senna alata</i>	Francisco Ortolan Santos	Viveiro Bioflora	2
<i>Apeiba tibourbou</i>	Francisco Ortolan Santos	Santa Barbara/SP	4
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	Francisco Ortolan Santos	Santa Barbara/SP	5

3.2 Teor de água

Foi utilizado o método de estufa, $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, conforme indicado nas Regras para Análise de Sementes, Brasil (2009); a quantidade de sementes variou em função da espécie; dessa forma, foram utilizadas duas amostras de $4,5 \pm 0,5$ gramas, para as sementes de *S. alata*, *S. multijuga* e *A. tibourbou* e para as de *H. popayanensis* as amostras tinham 0,25 gramas, em função do tamanho das sementes (205.128 sementes por quilograma). Após o término deste período os recipientes foram retirados da estufa, tampados e colocados em dessecador, para as pesagens foi utilizada balança de precisão de 0,001 gramas. Para o cálculo do teor de água das sementes foi utilizada a fórmula, $U\% = \frac{Ps - Pr}{Pu - Pr} * 100$, sendo *Ps* o peso do recipiente mais as sementes após a secagem, *Pr* o peso do recipiente vazio e *Pu* o peso do recipiente mais as sementes antes da secagem. Resultados expressos em porcentagem na base úmida.

3.3 Massa de 1000 sementes

A massa de 1000 sementes foi determinada para as sementes de *Heliocarpus popayanensis* e de *Senna alata*, pois estes valores não estão descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e nem nas Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013), sendo úteis para a definição das amostras de trabalho para todos os demais testes. Seguindo o que recomenda Brasil (2009), foram retiradas 8 repetições de 100 sementes da porção de sementes puras, sendo pesadas em balança de precisão, foi utilizada a fórmula, *Peso de mil sementes (PMS)* $= \frac{\text{Peso da amostra} \times 1000}{n^{\circ} \text{ total de sementes}}$, para calcular o resultado final, ainda foram verificados a variância $(\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)})$, em que n é o número de repetições, x é o peso de cada repetição e $\sum$ o somatório, o desvio padrão ($s = \sqrt{\text{variância}}$) e o coeficiente de variação ($CV = \frac{s}{\text{peso médio de 100 sementes}}$).

3.4 Análise de pureza

As amostras de trabalho tinham, no mínimo, 30 gramas para as sementes de *Apeiba tibourbou* e 50 gramas para as de *Senna multijuga* (BRASIL, 2009). Para as sementes de *Heliocarpus popayanensis* e *Senna alata* a quantidade da amostra de trabalho foi determinada a partir da massa de mil sementes. As amostras analisadas foram separadas em sementes puras, outras sementes e material inerte (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de semente pura.

3.5 Teste de germinação

Realizado conforme as indicações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) e das Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013) e em resultados de outras pesquisas, em função da disponibilidade das informações para a semente de cada espécie, conforme segue.

Apeiba tibourbou: quatro repetições de 50 sementes em rolo de papel, umedecido com água destilada (2,5:1), sementes mantidas em germinador a 30 °C sem luz e avaliadas diariamente durante 20 dias (Figura 1). Antes do teste as sementes foram escarificadas com lixa nº 80 por 5 minutos, conforme indicado por Guedes et al. (2011).

Figura 1 – Teste de germinação de semente de *Apeiba tibourbou*: plântula normal

Senna multijuga: quatro repetições de 50 sementes em rolo de papel, umedecido com água destilada (2,5:1), mantidas em germinador a 25 °C sem luz e avaliadas diariamente durante 7 dias. Antes do teste as sementes foram escarificadas com ácido sulfúrico (H_2SO_4 , 98% de p. a.) por 20 minutos, conforme indicado por Piveta et al. (2010), e lavadas em água corrente para remoção do ácido.

Senna alata: quatro repetições de 50 sementes em rolo de papel umedecido com água destilada (2,5:1), mantidas em germinador a 25 °C sem luz e avaliadas diariamente por 7 dias (Figura 2). Antes do teste as sementes foram escarificadas em ácido sulfúrico (98% de p.a.) por 60 minutos, conforme indicado por Braga et al. (2010), e lavadas em água corrente para remoção do ácido.

Figura 2 – Teste de germinação semente de *Senna alata*: plântula normal

Heliocarpus popayanensis: foram avaliadas duas amostras; em uma foi realizada a despolpa dos frutos, feita manualmente com auxílio de lixa d'água nº 80, retirando apenas as sementes e estas foram semeadas em quatro repetições de 50 sementes, colocadas em caixas plásticas transparentes (11x11x3 cm), sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco (2,5:1) (Figura 3).

Figura 3 – Teste de germinação de semente de *Heliocarpus popayanensis*: com destaque para a plântula normal

A outra amostra foi constituída pelos frutos dispostos em quatro repetições de 50 frutos colocados em rolos de papel umedecido com água na proporção de 2,5:1 (Figura 4).

Figura 4 – Teste de germinação de semente de *Heliocarpus popayanensis*: plântula normal

As duas amostras foram mantidas em germinador a 30 °C, com luz, conforme indicado por Brancalion et al. (2008 a), e avaliadas diariamente por 10 dias.

Para as sementes das quatro espécies, com os dados dos testes de germinação foram calculados o total de germinação (em %), o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme indicado por Maguire (1962), e o tempo médio de germinação (TMG), fórmulas 1 e 2.

Fórmula 1:

$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + (G3/N3) + \dots + (Gn/Nn)$, em que:

IVG = índice de velocidade de germinação,

G1, G2, G3,..., Gn = número de plântulas registradas na primeira, segunda, terceira e última contagem;

N1, N2, N3,..., Nn = número de dias da semeadura primeira, segunda, terceira e última contagem.

Fonte: Maguire (1962).

Fórmula 2:

$TMG = \Sigma (n_i t_i) / \Sigma n_i$, em que:

TMG = tempo médio de germinação (dias),

n_i = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

t_i = tempo decorrido entre o início da germinação e a i -ésima contagem.

Fonte: Labouriau (1983).

3.5.1 Pré-teste de germinação

Foi realizado um pré-teste de germinação da seguinte forma:

Apeiba tibourbou: quatro repetições de 25 sementes em rolo de papel umedecido com água destilada (2,5:1), Brasil (2009), sem aplicação de qualquer método prévio para superação de dormência, mantidas em germinador a 30 °C, Guedes et al. (2011), sem luz e avaliadas diariamente por 19 dias.

Senna alata: quatro repetições de 25 sementes em rolo de papel umedecido com água destilada (2,5:1), Brasil (2009), sem aplicação de qualquer método prévio para superação de dormência, mantidas em germinador a 25 °C, Braga et al. (2010), sem luz e avaliadas diariamente por 19 dias.

Senna multijuga: quatro repetições de 25 sementes em rolo de papel umedecido com água destilada (2,5:1), Brasil (2009), sem aplicação de qualquer método prévio para superação de dormência, mantidas em germinador a 25 °C, Piveta et al. (2010), sem luz e avaliadas diariamente por 19 dias.

Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.6 Cinética de absorção de água pelas sementes

O estudo da hidratação foi realizado para as sementes de todas as espécies, lote 1. Para tanto, foram utilizadas duas amostras de sementes de cada espécie, uma delas com a utilização de método para a superação da dormência, como descrito na seção anterior (3.5 Teste de germinação) e a outra não, de acordo com os métodos descritos nas Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (2013) e outras pesquisas.

Para a hidratação das sementes foram utilizados dois métodos, entre papel e imersão em água, ambos avaliados com três repetições de 10 sementes para *S. alata*, *S. multijuga* e *A.*

tibourbou e de 20 sementes para *H. popayanensis*. Para a hidratação em papel as sementes foram postas sobre duas folhas de papel mata-borrão e cobertas por uma, sendo que o papel foi umedecido com um volume de água na proporção de duas vezes e meio o peso do papel. Já, para o método de imersão em água as sementes de cada repetição foram colocadas em copos plásticos contendo o volume de 20 mililitros de água. Para essas duas formas de hidratação as sementes foram mantidas em condições adequadas para a germinação, sendo para *S. alata* e *S. multijuga* 25 °C (BRAGA et. al. 2010 e PIVETA et. al. 2010), e para *A. tibourbou* e *H. popayanensis* 30 °C (GUEDES et. al. 2011 e BRANCALION et. al. 2008 a), e conforme métodos descritos nas Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (2013), e avaliadas de hora em hora até a protrusão da raiz primária. A quantidade de água absorvida pelas sementes foi monitorada por pesagens (0,0001g) e pelo método da estufa (BRASIL, 2009). Os resultados referem-se à quantidade de água absorvida pelas sementes e são expressos em porcentagem.

A partir das informações obtidas nessa etapa foram estabelecidas algumas das condições para a aplicação do *priming* nas sementes das quatro espécies.

3.7 Priming

O estudo do *priming* realizado em laboratório foi feito com as sementes do lote 1 de *Senna alata*, *Senna multijuga*, *Heliocarpus popayanensis* e *Apeiba tibourbou*, as quais foram submetidas aos métodos de superação de dormência descritos na seção que descreve os testes de germinação e, posteriormente, foram submetidas aos seguintes métodos de hidratação: imersão em água, entre papel umedecido com água, entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de Polietilenoglicol 6000 (PEG-0,1) e entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de Polietilenoglicol 6000 (PEG-0,6).

O preparo das soluções de PEG, com os potenciais hídricos previamente estabelecidos, foi feita de acordo com a tabela proposta por Villela; Doni Filho e Sequeira (1991). Assim, para o preparo das soluções com potenciais de água de -0,1 MPa e -0,6 MPa, foram utilizados 78,490 gramas e 223,664 gramas de PEG 6000 para cada 1.000 mL de água a 25 °C, respectivamente, e para temperatura de 30 °C foram utilizados 85,365 gramas e 234,637 gramas de PEG 6000 por 1.000 mL de água para os potenciais de -0,1 MPa e -0,6 MPa, respectivamente.

Para o *priming* das sementes foram utilizadas as temperaturas de 25 °C (temperatura de germinação das sementes das espécies *S. alata* e *S. multijuga*) (BRAGA et. al. 2010 e

PIVETA et. al. 2010) e de 30 °C (temperatura de germinação das sementes das espécies *A. tibourbou* e *H. popayanensis*) (GUEDES et. al. 2011 e BRANCALION et. al. 2008 a).

Após a aplicação do *priming* nas sementes, parte das sementes foi mantida úmida e analisada imediatamente e parte das sementes foi seca, até os níveis próximos ao do grau de umidade inicial, e dessas sementes parte foi analisada imediatamente e outra parte foi armazenada por 45 dias para ser analisada, em câmara com temperatura de 10 °C e umidade relativa do ar de 30%. A secagem das sementes foi realizada em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura regulada para 30 °C e o monitoramento da secagem foi por meio de pesagens (0,0001g).

As sementes referentes ao controle e as que foram submetidas aos métodos de *priming* foram avaliadas pelo teste de germinação conforme já foi descrito.

3.8 Semeadura direta em campo das sementes de *A. tibourbou*, *H. popayanensis*, *S. alata* e *S. multijuga*.

Para essa avaliação foi utilizado o seguinte procedimento:

3.8.1 Emergência da plântula

Para a avaliação da emergência da plântula em campo, foram utilizadas sementes de dois lotes de cada espécie, um comprado do viveiro Bioflora (lote 1) e outro coletado na região do município de Piracicaba (lote 2).

Para a semeadura foram utilizadas sementes controle e hidratadas entre papel até atingirem valores próximos a 40% de água para as sementes de *S. alata*, *S. multijuga* e *H. popayanensis*, e 30% de água para as sementes de *A. tibourbou*, outras amostras dessas sementes foram também hidratadas, porém após a hidratação as sementes foram secas em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura regulada para 30 °C e semeadas. Os métodos para a superação da dormência, foram aplicados previamente à hidratação para as sementes de *Apeiba tibourbou*, *Senna alata* e *Senna multijuga*, conforme os procedimentos descritos para o teste de germinação.

A semeadura foi realizada em área pertencente ao viveiro Bioflora, no mês de janeiro de 2014, foi feita manualmente. Foram instalados quatro blocos (Figura 5) e as sementes correspondentes a cada uma das espécies, aos lotes (1 e 2) e aos tratamentos foram

distribuídas em linhas, com espaçamento de 10 cm entre plantas e 10 cm entre linhas e 50 sementes de cada espécie, lote e tratamento. As linhas representando as sementes de cada espécie foram aleatorizadas em cada parcela. Após a semeadura as sementes foram cobertas com uma camada de terra e a profundidade ficou em torno de 2 cm.

As avaliações da emergência da plântula foram efetuadas a cada cinco dias, pelo período de 90 dias.

Com os dados dessas avaliações foram calculados o total de plântulas emersas (em %), o índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), conforme indicado por Maguire (1962), e o tempo médio de emergência da plântula (TMEP), fórmulas 1 e 2.

Figura 5 - Esquema da distribuição das sementes de *Senna alata*, *Senna multijuga*, *Heliocarpus popayanensis* e *Apeiba tibourbou* nos blocos para as avaliações em campo

As variações da temperatura e da umidade relativa do ar do ano de 2014 estão indicadas nas Figuras 6 e 7. Parte desse período está relacionado às condições de clima durante a fase da germinação das sementes e da emergência das plântulas das quatro espécies estudadas.

Figura 6 - Precipitação total do ano de 2014 em comparação com a precipitação média anual (série histórica de 1991-2015) referente ao município de Piracicaba-SP

Fonte - LEB-ESALQ-USP

Fonte - UDOP

Figura 7 - Variação da temperatura média mínima e máxima do ano de 2014 no município de Piracicaba-SP

Fonte - LEB-ESALQ-USP

Fonte - CEPAGRI

Houve irrigação complementar feita manualmente duas vezes ao dia, o que resultou em uma lâmina de água de 12 mm aplicada diariamente.

3.9 Profundidade de colocação das sementes no substrato

As sementes controle de todas as espécies, lotes 1 e 2, foram semeadas em caixas plásticas contendo uma mistura de terra e areia, na proporção de 1:1, nas seguintes profundidades: na superfície do substrato com 0,5 cm, 1,0 cm e 2,0 cm. Foram avaliadas quatro repetições de 25 sementes para cada espécie, as quais tiveram a dormência superada antes da semeadura pelos métodos descritos na seção que descreve os testes de germinação, mantidas em casa de vegetação do campus da ESALQ, sem controle da temperatura; a irrigação foi feita manualmente, com auxílio de regadores, duas vezes ao dia durante toda a duração do teste.

As avaliações da emergência da plântula foram efetuadas a cada dois dias, pelo período de 15 dias para as sementes de *Senna alata* e *Senna multijuga* (Figuras 8 e 9), 53 dias para as sementes de *Heliocarpus popayanensis* (Figura 10) e 65 dias para as sementes de *Apeiba tibourbou* (Figura 11), foram consideradas plântulas normais as que emitiram as folhas cotiledonares e não apresentavam danos a plúmula.

Figura 8 - *Senna alata*: plântulas normais na avaliação da emergência da plântula

Figura 9 - *Senna multijuga*: plântulas normais na avaliação da emergência da plântula

Figura 10 - *Heliocarpus popayanensis*: plântulas normais na avaliação da emergência da plântula

Figura 11 - *Apeiba tibourbou*: plântulas normais na avaliação da emergência da plântula

Com os dados dessas avaliações foram calculados o total de plântulas emersas (em %), o índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), conforme indicado por Maguire (1962), e o tempo médio de emergência da plântula (TMEP), fórmulas 1 e 2.

3.10 Análise estatística

Para os resultados dos testes de laboratório foi utilizado o delineamento experimental inteiramente aleatorizado. O delineamento experimental utilizado em campo foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial, 2 lotes x 3 métodos *priming*, e para os experimentos de emergência em diferentes profundidades, o delineamento foi o inteiramente aleatorizado em esquema fatorial 2 lotes x 4 profundidades de semeadura. Para a análise dos dados foi utilizado o software Assistat® 7.7 beta, Silva (2015). Quando necessário os dados foram transformados utilizando a raiz quadrada de $x/100$, porém os resultados apresentados são os originais. As médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p=0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Pureza das sementes do lote 1

A pureza das sementes de *S. alata* foi 99,6%, de *S. multijuga* foi 99,2%; de *A. tibourbou* foi 98,9% e de *H. popayanensis* foi 96,5%.

4.2 *Apeiba tibourbou*

4.2.1 Cinética da absorção de água pelas sementes

A absorção de água foi avaliada para as sementes, dormente e não dormente, de *A. tibourbou*. As sementes dormentes após 121 horas de hidratação tinham entre 22,9% e 20,9% de água (Figuras 12 e 13), quando hidratadas pelos métodos entre papel e por imersão em água, respectivamente. Foi observado que com estes teores de água não ocorreu a protrusão de raiz, ou seja, não foi atingida a fase III da germinação, que corresponde à emissão da raiz primária conforme consideraram Bewley e Black (1994).

Por outro lado, as sementes que tiveram a dormência superada apresentaram protrusão da raiz com 101 horas quando hidratadas pelo método entre papel (Figura 12), mas para as sementes hidratadas por imersão em água, não foi observada protrusão da raiz após 121 horas de hidratação (Figura 13).

Estes resultados demonstram que para as sementes de *A. tibourbou* na fase II da germinação, em que há a estabilização do ganho de água, conforme proposto por Bewley e Black (1994), o teor de água é entre 48% e 55%.

A quantidade de água absorvida pelas sementes de *A. tibourbou*, quando hidratadas pelos métodos entre papel e por imersão em água, foi semelhante, porém no primeiro método ocorreu a protrusão da raiz, fator que caracteriza a fase III da germinação, e no segundo método não, fato que talvez possa ser explicado pela falta de oxigênio livre (O₂), pois Bewley e Black (1994) afirmaram que ocorre aumento linear do consumo de oxigênio conforme a semente se hidrata, resultado da ativação das enzimas mitocondriais envolvidas no ciclo de Krebs, deste modo é conveniente o uso de aeração artificial para hidratações realizadas por imersão.

A comparação da absorção de água pelas sementes de *A. tibourbou*, dormentes e as não dormentes, independentemente do método (entre papel ou por imersão em água), indica que realmente esta espécie apresenta dormência, pois de acordo com os resultados preliminares do teste de germinação dessas sementes, sem utilização de método para superação de dormência foi obtido apenas 1% de germinação, mas não é possível afirmar que a dormência é tegumentar, pois as sementes dormentes absorveram água em níveis expressivos (Figuras 12 e 13).

Figura 12 - Sementes de *Apeiba tibourbou*: resultados da absorção de água pelas sementes, dormentes e sem dormência, hidratadas entre papel umedecido com água, em função do tempo de hidratação

Figura 13 - sementes de *Apeiba tibourbou*: resultados da absorção de água pelas sementes, dormentes e sem dormência, hidratadas entre papel e por imersão em água, em função do tempo de hidratação

4.2.2 Priming

Os teores de água das sementes de *Apeiba tibourbou*, inicial e após a hidratação pelos diferentes métodos de *priming*, estão especificados na Tabela 3 e Figura 14.

Tabela 3 - Sementes de *Apeiba tibourbou*: teores de água inicial das sementes e após hidratação em cada método de *priming* em função do tempo de hidratação

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	4,6	0	4,6	0	4,6	0	4,6
23	24,5	23	38,1	23	30,3	23	35,1
48	25,5	48	39,3	48	32,1	48	34,5
71	25,3	71	40,4	71	33,6	71	35,9
		73	40,5			73	35,8

Figura 14 - Sementes de *Apeiba tibourbou*: teores de água inicial das sementes e após hidratação em cada método de *priming* em função do tempo de hidratação

Os teores de água atingidos durante a hidratação da semente e no final da secagem das sementes referentes aos tratamentos em que as sementes foram submetidas ao *priming* e avaliadas depois da secagem, pelos métodos de imersão em água, entre papel umedecido com água, entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG 6000 e entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG 6000, estão especificados na Tabela 4 e Figura 15.

Tabela 4 - Sementes de *Apeiba tibourbou*: teores de água inicial das sementes e após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação, e após a secagem

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	4,6	0	4,6	0	4,6	0	4,6
23	31,6	23	49,6	23	36,7	23	33,4
48	32,6		5,1	48	38,8	48	33,3
71	33,7			71	40,2	71	34,7
	2,3				5,3		32,8
							9,1

Figura 15 - Sementes de *Apeiba tibourbou*: teores de água inicial das sementes e após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação, e após a secagem

Os teores de água atingidos durante a hidratação e no final da secagem das sementes que constituíram os tratamentos relativos às sementes armazenadas por 45 dias, imersão em água, entre papel, entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG 6000 e entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG 6000, estão especificados na Tabela 5 e Figura 16.

Tabela 5 - Sementes de *Apeiba tibourbou*: teores de água inicial das sementes e após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação, e após a secagem, para posterior armazenamento

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	4,6	0	4,6	0	4,6	0	4,6
23	26,4	23	39,4	23	34,7	23	33,4
48	33,6	48	40,4	48	36,1	48	33,8
71	25,9	71	41,1	71	36,6	71	35,1
11		97	41,7		12,3		34,3
			9,4				11,3

Figura 16 - Sementes de *Apeiba tibourbou*: teores de água inicial das sementes e após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação, e após a secagem, para posterior armazenamento

A hidratação das sementes por imersão em água foi a que proporcionou a maior absorção de água pelas sementes, na hidratação entre papel umedecido com água os teores de água, de forma geral, foram inferiores a 34%, diferentemente do que ocorreu com o estudo da cinética de absorção de água, o que pode ser explicado como consequência da variação da superação da dormência das sementes (utilização manual da lixa) ou do próprio método do *priming*. Já a hidratação com solução -0,1 MPa de PEG 6000 atingiu valor máximo no geral de 40,2% e com solução -0,6 MPa de PEG 6000 de 35,9% valores que, aparentemente, são inferiores ao necessário para atingir a fase II da germinação.

No que tange à germinação da semente, a maioria dos tratamentos de *priming* não beneficiaram esse processo, sendo que apenas o resultado do tratamento de imersão em água com posterior secagem, foi estatisticamente similar ao resultado do controle, enquanto que os demais tratamentos prejudicaram a germinação, este fato pode ter duas explicações, ou o método utilizado para a superação da dormência não foi eficiente para todas as sementes ou pode ser resultante dos efeitos do *priming* realmente (Tabelas 6 e 7).

Com relação ao índice de velocidade de germinação, foi observada a mesma relação dos resultados obtidos no teste de germinação, sendo o tratamento de imersão em água com posterior secagem o único que não diferiu do controle e os demais não causaram os benefícios esperados, os quais segundo Brocklehurst e Dearman (1983), seria o aumento de velocidade de germinação (Tabelas 6 e 7).

Já, os resultados relativos ao tempo médio de germinação (TMG) destacaram que os resultados das sementes armazenadas, inclusive as do tratamento controle, indicaram que o

armazenamento foi prejudicial, pois aumentou o tempo de germinação, que é uma característica da deterioração das sementes; no entanto, ao considerar apenas as sementes armazenadas, não houve nenhuma diferença no tempo para que a germinação ocorra entre as sementes submetidas ao *priming* e as do controle. Os resultados dos tratamentos referentes às sementes que não foram armazenadas não foram estatisticamente diferentes dos resultados controle, exceto as sementes hidratadas pelo método de *priming* com PEG-0,1 MPa semeadas úmidas, que reduziu o tempo para a ocorrência da germinação (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 - Sementes de *Apeiba tibourbou*: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, de índice de velocidade de germinação (IVG), de tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (Dias)
Imersão em água + semente avaliada úmida	51 B	2,84 B	9,53 B
Entre papel umedecido com água + semente avaliada úmida	17 D	1,23 C	8,59 AB
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente avaliadas úmida	38 BC	2,75 B	7,96 A
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente avaliadas úmida	38 BC	2,37 BC	8,68 AB
Imersão em água + semente avaliada seca	78 A	4,35 A	9,45 AB
Entre papel umedecido com água + semente avaliada seca	27 CD	1,42 C	9,99 B
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente avaliada seca	53 B	2,85 B	9,62 B
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente avaliada seca	36 BC	2,01 BC	9,84 B
Controle	90 A	4,75 A	9,86 B

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

Tabela 7 - Sementes de *Apeiba tibourbou* armazenadas por 45 dias: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, de índice de velocidade de germinação (IVG), de tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (Dias)
Imersão em água + semente seca e armazenada	50 AB	2,82 AB	9,33 A
Entre papel umedecido com água + semente seca e armazenada	16 C	0,69 D	12,21 B
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente seca e armazenada	39 B	1,87 BC	11,31 AB
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente seca e armazenada	36 BC	1,70 CD	10,96 AB
Controle semente armazenada	70 A	3,23 A	10,92 AB

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.2.3 Caracterização da qualidade inicial das sementes de *A. tibourbou*, lotes 1 e 2

A avaliação da qualidade inicial das sementes de *A. tibourbou*, as quais tiveram a dormência superada, indicou que não houve diferença de germinação entre as sementes dos lotes 1 e 2, porém para as sementes do lote 1 os resultados do IVG foram superiores e houve redução do TMG, quando esses resultados são comparados aos das sementes do lote 2 (Tabela 8 e Figura 17).

Tabela 8 - Sementes de *Apeiba tibourbou*, lotes 1 e 2: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias

	Germinação (%)	IVG	TMG (dias)
Lote 1	71	3,87	9,65
Lote 2	68	3,03	11,62

Figura 17 - Sementes de *Apeiba tibourbou*, lotes 1 e 2: distribuição da germinação de sementes, ao longo do período de avaliação

Os valores de germinação das sementes de *Apeiba tibourbou*, dos lotes 1 e 2, foram similares. Para as sementes dessa espécie não há padrão de germinação, mas esses resultados foram comparáveis aos obtidos em outras pesquisas como, por exemplo, a de Guedes et al. (2011), que obtiveram 87 % de germinação, e a de Pacheco et al. (2007), que determinaram um valor intermediário para o tempo médio de germinação em relação aos obtidos nessa pesquisa. Com relação ao IVG e ao TMG não há resultados de outras pesquisas relacionados a essas determinações. Os resultados de TMG indicam que a primeira contagem pode ser realizada aos 10 dias e a última aos 20 dias.

4.2.4 Avaliação da semeadura direta em campo das sementes de *A. tibourbou*, lotes 1 e 2, referente aos tratamentos controle e *priming*.

A avaliação da semeadura direta em campo das sementes de *A. tibourbou* indicou que não houve variação significativa dos resultados em função dos tratamentos utilizados (Tabela 9). Por outro lado, em função do resultado do teste de germinação dessas sementes, não parece viável utilizar as sementes de *A. tibourbou* para a semeadura direta. No entanto, é essencial considerar que a avaliação foi efetuada em um período em que houve estiagem e temperatura alta, mesmo com a irrigação suplementar que, provavelmente, não foi suficiente,

e, ainda, o método para superação de dormência utilizado nesta pesquisa, pode não ter sido eficiente em todas as vezes que foi utilizado, portanto não é possível concluir por estes resultados, que as sementes desta espécie não são adequadas para programas de restauração que utilizem a semeadura direta. A profundidade de semeadura parece ter sido adequada de acordo com os resultados obtidos nos testes de semeadura direta apresentados na seção seguinte (4.2.5).

As condições do clima no momento da semeadura em campo e durante a condução do experimento estão representadas nas figuras 6 e 7.

Tabela 9 - Sementes *Apeiba tibourbou*, lotes 1 e 2: valores médios de emergência da plântula (EP), expressos em porcentagem, índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP) e tempo médio de emergência da plântula (TMEP), expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Lote	EP (%)			IVEP			TMEP (Dias)		
	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida	Controle	Priming semeado seco	Priming semeado úmido
1	3 Aa	3 Aa	9 Aa	0,04 Aa	0,04 Aa	0,14 Aa	35,17 Aa	25,5 Aa	38,86 Aa
2	5,5 Aa	3,5 Aa	4 Aa	0,06 Aa	0,04 Aa	0,06 Aa	49,38 Aa	24 Aa	27,94 Aa

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula e, na linha, pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.2.5 Semeadura em diferentes profundidades

O estudo da avaliação da profundidade de semeadura das sementes de *A. tibourbou* (Tabela 10) indicou que quando as sementes foram semeadas superficialmente, 0 e 0,5 cm, a emergência foi nula, independentemente do lote utilizado; a emergência da plântula só começou a ser observada a partir da profundidade de 1 cm. Houve variação significativa entre os resultados da germinação das sementes do lote 2 em relação às das sementes do lote 1, quando semeadas a 1 cm; mas quando os lotes foram comparados em relação a profundidade de semeadura de 2 cm, os resultados se inverteram, a germinação das sementes do lote 1 superou a do 2 e o resultado da emergência dessas sementes superou estatisticamente os resultados referentes às demais profundidades de semeadura. Os resultados do IVEP variaram de forma similar aos do teste de emergência. Já, com relação ao tempo médio de emergência da plântula (TMEP) não foram verificadas variações significativas entre os resultados das sementes dos dois lotes, mas os resultados relativos à semeadura a 1 cm de profundidade, para as sementes dos dois lotes, foram estatisticamente superiores em relação às demais profundidades testadas, com exceção do resultado da semeadura a 2cm, para as sementes do lote 2 (Tabela 10).

Tabela 10 - Sementes de *Apeiba tibourbou*, lotes 1 e 2, semeadas no substrato superficialmente e em três profundidades: valores médios de emergência da plântula (EP), expressos em porcentagem, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de emergência da plântula (TMEP,) expresso em dias

Profundidade (Cm)	EP (dias)				IVEP				TMEP (dias)			
	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2
Lote												
1	0 Ab	0 Ab	2 Bb	39 Aa	0 Ab	0 Ab	0,02 Bb	0,26 Aa	0 Ab	0 Ab	8,25 Aa	37,74 Ab
2	0 Aa	0 Aa	21 Aa	11 Ba	0 Aa	0 Aa	0,15 Aa	0,08 Ba	0 Ab	0 Ab	17,11 Aa	26,67 Aab

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula e, na linha, pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.3 *Heliocarpus popayanensis*

4.3.1 Cinética da absorção de água pelas sementes

O estudo da absorção de água pelas sementes de *Heliocarpus popayanensis* possibilitou verificar que na hidratação entre papel houve a protrusão da raiz primária, após 22 horas do início da hidratação, quando as sementes tinham 33% de água (Figura 18); já, as sementes hidratadas por imersão em água não apresentaram protrusão da raiz primária (Figura 19).

Figura 18 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: resultados da cinética de absorção de água de sementes hidratadas entre papel umedecido com água

Figura 19 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: resultados da cinética de absorção de água de sementes hidratadas por imersão em água

A fase II da germinação, descrita por Bewley e Black (1994), não foi bem definida por essa determinação, pois não é possível visualizar um patamar onde o ganho de água tenha estabilizado, aparentemente no intervalo entre 25,0 e 27,0% de água.

Quando as sementes foram hidratadas por imersão em água não houve a protrusão da raiz primária (Figura 19). Esse fato pode ser explicado pela falta de oxigênio livre, pois segundo Bewley e Black (1994), na medida em que a semente viva se hidrata ocorre aumento do consumo de O_2 , devido à ativação das enzimas envolvidas no ciclo de Krebs.

4.3.2 Priming

Os teores de água atingidos durante a hidratação das sementes de *Heliocarpus popayanensis* que foram avaliadas úmidas, entre papel, imersão em água, entre papel hidratado com solução de polietilenoglicol com potencial hídrico de -0,1 MPa (PEG-0,1U) e entre papel hidratado com solução de polietilenoglicol com potencial hídrico de -0,6 MPa (PEG-0,6U), estão especificados na Tabela 11 e Figura 20.

Tabela 11 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: teores de água inicial das sementes controle e após hidratação em cada método de *priming* em função do tempo de hidratação

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	7,9	0	7,9	0	7,9	0	7,9
1,5	35,4	1,5	33,4	1	34,8	1	39,4

Figura 20 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: teores de água inicial das sementes controle e após hidratação em cada método de *priming* em função do tempo de hidratação

Os teores de água atingidos aparentemente seriam suficientes para atingir a fase III da germinação, como ocorreu no estudo da cinética de absorção de água (Figura 19), porém não houve a protrusão da raiz.

Os teores de água atingidos durante a hidratação e no final da secagem das sementes que foram analisadas após a secagem, entre papel + semente seca, imersão em água + semente seca, entre papel hidratado com solução -0,1 MPa de polietilenoglicol (PEG-0,1S) + sementes seca e entre papel hidratado com solução -0,6 MPa de polietilenoglicol (PEG-0,6S) + semente seca estão especificados na Tabela 12 e Figura 21.

Tabela 12 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: teores de água inicial das sementes, após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação, e após a secagem

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	7,9	0	7,9	0	7,9	0	7,9
1	32,8	1	34,7	1	26,7	1	41,1
	10,4		15,9		7,9		7,7
			9,4

Figura 21 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: teores de água inicial das sementes, após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação, e após a secagem

Também não houve protrusão de raiz, mesmo com teores de água obtidos no estudo da cinética de absorção de água (Figura 19) que foram suficientes para a ocorrência.

Os teores de água atingidos durante a hidratação e no final da secagem das sementes que constituíram os tratamentos armazenados por 45 dias, imersão em água (IMA), entre papel (EPA), entre papel hidratado com solução -0,1 MPa de polietilenoglicol (PEG-0,1A) e entre papel hidratado com solução -0,6 MPa de polietilenoglicol (PEG-0,6A) estão especificados na Tabela 13 e na Figura 22.

Tabela 13 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: teores de água atingidos após hidratação e secagem para as sementes dos tratamentos controle e dos quatro métodos de *priming*, sementes armazenadas por 45 dias após os tratamentos

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	7,9	0	7,9	0	7,9	0	7,9
1	32,9	1	34,5	1	31,7	1	40,2
	11,3		16,4		7,7		6,6
			9,9

Figura 22 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: teores de água atingidos após hidratação e secagem, para as sementes dos tratamentos controle e dos quatro métodos de *priming*, sementes armazenadas por 45 dias após os tratamentos

O ganho de água das sementes, que foram hidratadas entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000, foi superior em relação aos demais métodos de hidratação, embora nesse potencial haja mais restrição da água.

Não houve variação estatística significativa para os resultados de germinação e do índice de velocidade de germinação das sementes de *H. popayanensis*. Este fato pode ser resultado dos próprios métodos de *priming* ou devido a dormência destas sementes, fator pouco estudado para esta espécie. Considerando o tempo médio para a germinação, entre as sementes não armazenadas, não houve diferença entre os métodos de *priming*, já para as sementes armazenadas, o método de PEG-0,1 MPa reduziu o tempo para a germinação das sementes em comparação ao resultado do papel umedecido com água, apesar de não diferir estatisticamente do controle (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, do índice de velocidade de germinação (IVG) e do tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (dias)
Imersão em água + semente avaliada úmida	52 A	5,63 A	5,00 A
Entre papel umedecido com água + semente avaliada úmida	50 A	5,19 A	5,35 A
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente úmida	57 A	5,02 A	5,87 A
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente úmida	49 A	4,24 A	5,99 A
Imersão em água + semente avaliada seca	57 A	5,83 A	5,24 A
Entre papel umedecido com água + semente avaliada seca	62 A	5,49 A	5,92 A
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente avaliada seca	56 A	5,29 A	5,61 A
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente avaliada seca	51 A	4,69 A	5,60 A
Controle	58 A	5,25 A	5,25 A

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

Tabela 15 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis* armazenadas por 45 dias: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, do índice de velocidade de germinação (IVG) e do tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (dias)
Imersão em água + semente seca e armazenada	42 B	3,59 A	6,10 AB
Entre papel umedecido com água + semente seca e armazenada	61 A	5,06 A	6,33 B
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente seca e armazenada	48 AB	4,63 A	5,37 A
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente seca e armazenada	52 AB	4,65 A	5,90 AB
Controle semente armazenada	54 AB	5,23 A	5,41 AB

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

Nesta pesquisa as técnicas de *priming* não influenciaram a qualidade das sementes, diferente do resultado obtido por Brancalion et al. (2010), que avaliaram o *priming* para as

sementes de *Guazuma ulmifolia* espécie pertencente à família Malvaceae, assim como, *H. popayanensis*, e verificaram que o *priming* favoreceu a germinação, a velocidade de germinação da semente e o crescimento da plântula.

Costa e Villela (2006), que estudaram os efeitos do *priming* utilizando água e soluções de $MgSO_4$ e de PEG6000 para as sementes de beterraba, concluíram que nenhum dos tratamentos favoreceu o resultados das avaliações dessas sementes, o que indica que nem todas as sementes têm alteração positiva de qualidade em relação à utilização do *priming*, fato já observado por vários autores como Woodstock e Tao (1981); Blocklehurst e Dearman (1983); Kovach e Bradford (1992); Taylor et al. (1992); Bewley e Black (1994) e Bradford (1995).

4.3.3 Caracterização da qualidade inicial das sementes de *H. popayanensis*, lotes 1 e 2

Quando foram utilizados frutos de *H. popayanensis* para o teste de germinação (Tabela 16 e Figura 23), não houve diferença entre os resultados das sementes dos lotes 1 e 2, mas o IVG e o TMG foram superiores para as sementes do lote 1.

Ao comparar os resultados dos mesmos lotes, mas utilizando os frutos após serem escarificados com lixa, para retirar as sementes que foram semeadas, a germinação, o IVG e o TMG para as sementes do lote 1 foram superiores aos das sementes do lote 2 (Tabela 16 e Figura 23).

Não há evidência de que a escarificação do fruto de *H. popayanensis* tenha causado injúria nas sementes, em função dos resultados obtidos para cada lote (Tabela 16), pois a comparação da utilização das sementes e dos frutos indicou que não há variação significativa entre esses resultados para um determinado lote; exceto para o resultado do IVG dos frutos do lote 1 que foi estatisticamente inferior ao resultado da semeadura da semente. As demais variações dos resultados são decorrentes da diferença de qualidade entre as sementes dos dois lotes, portanto não há a necessidade da extração das sementes de *H. popayanensis* dos frutos para a germinação.

Tabela 16 - Sementes e frutos de *Heliocarpus popayanensis*, lotes 1 e 2: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, de índice de velocidade de germinação (IVG) e de tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias

	Germinação (%)	IVG	TMG
Lote 1 semente	54 A	5,87 A	4,69 A
Lote 1 fruto	43 AB	4,14 B	5,49 A
Lote 2 semente	28 C	2,02 C	7,26 B
Lote 2 fruto	37 BC	2,59 C	7,40 B

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

Brancaion et al. (2008 a) avaliaram também as sementes de três lotes de *Heliocarpus popayanensis* e consideraram que os valores obtidos com os resultados do teste de germinação, similares aos obtidos nessa pesquisa, podem estar relacionados à dormência destas sementes. Outro autor que também trabalhou com *H. popayanensis* foi Isernhagen (2010) que obteve valores de germinação de 60%, sendo que não foi utilizado nenhum método para superação de dormência, portanto mais uma vez reforça a ideia de que há a necessidade de mais estudos sobre a dormência das sementes desta espécie.

Os resultados referentes à utilização das sementes e dos frutos para a semeadura, Tabela 16, sugerem que não há necessidade de extrair as sementes dos frutos para o teste de germinação.

Figura 23 - Sementes e frutos de *Heliocarpus popayanensis*, lotes 1 e 2: distribuição da germinação ao longo do período de avaliação

4.3.4 Avaliação da semeadura direta em campo das sementes de *H. popayanensis*, lotes 1 e 2, referente aos tratamentos controle e *priming*.

Os resultados das análises das sementes de *H. popayanensis* indicaram que não houve variação significativa dos resultados das avaliações da emergência da plântula, em função das sementes avaliadas, lote 1 ou lote 2, e dos tratamentos controle e os métodos de *priming* (Tabela 17).

As condições do clima no momento da semeadura em campo e durante a condução do experimento estão representadas nas figuras 6 e 7.

Tabela 17 - Sementes de *Heliocarpus popayanensis*, lotes 1 e 2: valores médios de emergência da plântula (EP), expressos em porcentagem, índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP) e tempo médio de emergência da plântula (TMEP), expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Lote	EP (%)			IVEP			TMEP (dias)		
	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida
1	3 Aa	0 Aa	0 Aa	0,02 Aa	0 Aa	0 Aa	38,94 Aa	0 Aa	0 Aa
2	1 Aa	2 Aa	2 Aa	0,01 Aa	0,02 Aa	0,02 Aa	8,38 Aa	21,13 Aa	28,83 Aa

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula e, na linha, pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.3.5 Semeadura em diferentes profundidades

A avaliação da profundidade de colocação no solo dos frutos de *Heliocarpus popayanensis* (Tabela 18) indicou que as sementes do lote 2 não germinaram em nenhuma das profundidades de semeadura testadas.

O resultado da emergência da plântula, referentes ao lote 1 (Tabela 18), para os frutos semeados com 0,5 cm de profundidade superou os demais resultados e, por sua vez, o resultado das sementes colocadas a 1 cm de profundidade foi estatisticamente superior ao resultado obtido para a semente colocada sobre o solo (0 cm). Esta relação manteve-se para os resultados do IVEP, quando comparados os resultados da semeadura com 0,5 cm em relação a com 1 cm, e para o resultado do TMEP em que as sementes semeadas a 0,5 cm de profundidade germinaram antes do que as semeadas a 1 cm. As sementes que foram semeadas com 2 cm de profundidade não germinaram, independentemente do lote de semente avaliado (Tabela 18). Assim, a profundidade ideal de semeadura para as sementes de *Heliocarpus popayanensis* é 0,5cm.

Ao ser considerado o experimento de profundidade (Tabela 18) foi observado que a profundidade de semeadura de 2 cm, mesma utilizada na semeadura em campo, não possibilitou a germinação; nesse sentido esta informação é similar à obtido por Isernhagen (2010), que realizou a semeadura direta de *H. popayanensis* e verificou que das 36.200 sementes semeadas, entre 2-3 cm de profundidade, apenas um plântula emergiu, este pesquisador atribuiu este resultado ao tamanho das sementes, mas de acordo com o resultado desta pesquisa, as prováveis causas são a profundidade de semeadura e a dormência das sementes desta espécie, que limitam a emergência da plântula em campo.

Tabela 18 - Frutos de *Heliocarpus popayanensis*, referentes às sementes dos lotes 1 e 2, colocados sobre o solo superficialmente e em três profundidades: valores médios de emergência da plântula (EP), expressos em porcentagem, índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP) e tempo médio de emergência da plântula (TMEP), expresso em dias

Profundidade (cm)	EP (%)				IVEP				TMEP (dias)			
	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2
Lote												
1	0 Ac	65 Aa	22 Ab	0 Ac	0 Ac	0,63 Aa	0,20 Ab	0 Ac	0 Ac	26,14 Aa	27,25 Ab	0 Ac
2	0 Aa	0 Ba	0Ba	0 Aa	0 Ac	0 Ba	0 Ba	0 Aa	0 Aa	0 Ba	0 Ba	0 Aa

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula e, na linha, pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.4 *Senna alata*

4.4.1 Cinética da absorção de água pelas sementes

As sementes dormentes de *Senna alata*, mesmo após 27 horas de hidratação não apresentaram protrusão da raiz, independentemente do método de hidratação utilizado (Figuras 24 e 25), enquanto para as sementes em que o método para a superação da dormência foi utilizado, ocorreu a protrusão de raiz com 7 horas e 13 horas, pelos métodos de imersão em água e entre papel, respectivamente (Figuras 24 e 25).

A fase III da germinação para as sementes desta espécie é atingida em valores superiores a 60% de água, sendo assim o intervalo de 55% a 60% corresponde à fase II da germinação, teores considerados adequados para os tratamentos de *priming* dessas sementes.

A hidratação das sementes de *Senna alata* entre papel umedecido com água (Figura 24) e por imersão em água (Figura 25) possibilitou evidenciar a variação da absorção de água entre as sementes dormentes e as sem dormência. Braga et al. (2010) afirmaram que esta semente apresenta o tegumento impermeável à água e ao oxigênio. Os resultados do teste preliminar de germinação dessas sementes, para as quais não foi utilizado método para a superação da dormência, a germinação foi 6% o que confirma a dormência dessas sementes; no entanto, não é possível afirmar que a causa seja a impermeabilidade do tegumento à água, pois as sementes absorveram quantidade expressiva de água.

Figura 24 - Sementes de *Senna alata*: resultados da cinética de absorção de água, de sementes dormentes e não dormentes, hidratadas em papel umedecido com água

Figura 25 - Sementes de *Senna alata*: resultados da cinética de absorção de água, de amostra de sementes dormentes e não dormentes hidratadas por imersão em água

4.4.2 Priming

Os teores de água das sementes de *Senna alata*, submetidas aos métodos de *priming* e que foram avaliadas úmidas estão especificados na Tabela 17 e Figura 26.

Tabela 17 - Sementes de *Senna alata*: teores de água inicial das sementes controle e após hidratação em cada método de *priming* em função do tempo de hidratação

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	8,8	0	8,8	0	8,8	0	8,8
2,5	25,9	2,6	42,5	2	21,5	2	18,8
7,4	42,3	5,2	55,2	4	27,2	4	24,7
8,7	45,1	6	56,9	6	34,6	6	29,8
10	47,3			19,9	52,6	19,9	45,6
11,8	50,8			20,9	53,5	20,9	46,2
13	52,1			21,9	54,2	21,9	46,7
14	53,7			22,9	54,7	22,9	47,2
				25	55,8	25	48,0
				26	56,2	26	48,2
						29	48,5

Figura 26 - Sementes de *Senna alata*: teores de água inicial das sementes controle e após hidratação em cada método de *priming* em função do tempo de hidratação

Os teores de água das sementes de *Senna alata*, submetidas aos métodos de *priming* e que foram avaliadas após a secagem, estão especificados na Tabela 18 e Figura 27.

Tabela 18 - Sementes de *Senna alata*: teores de água inicial das sementes, após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação, e após a secagem

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	8,8	0	8,8	0	8,8	0	8,8
2,5	25,4	2,63	43,6	2	20,1	2	17,4
7,4	42,3	5,2	55,5	4	26,3	4	24,1
8,7	44,9	6	56,7	6	33,4	6	28,9
10	47,2		5,1	13,9	52,7	13,9	45,8
11,8	50,4			14,9	53,6	14,9	46,3
13	52,2			15,9	54,1	15,9	46,8
14	53,4			16,9	54,6	16,9	47,3
	7,1			19	55,5	19	48,0
				20	55,8	20	48,1
					4,7	23	48,1
						38,6	48,8
							2,0

Figura 27 - Sementes de *Senna alata*: teores de água inicial das sementes, após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação, e após a secagem

Os resultados das avaliações das sementes de *Senna alata* relacionados aos teores de água, atingidos após a hidratação com posterior secagem para armazenamento por 45 dias, estão especificados na Tabela 19 e Figura 28.

Tabela 19 - Sementes de *Senna alata*: teores de água atingidos após hidratação e secagem das sementes controle e *priming* para armazenamento por 45 dias

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	8,7	0	8,7	0	8,7	0	8,7
2	31,8	2	49,3	2	22,3	2	19,5
5,5	46,4	5,5	62,2	17,9	51,9	17,8	42,5
7,5	51,1		5,2	21,7	54,1	21,7	43,8
9	54,3			23,7	54,9	23,7	44,4
9,5	55,1			24,6	54,9	24,6	44,4
	7,5				4,2	40,8	44,3
							15,8
							11,7

Figura 28 - Sementes de *Senna alata*: hidratação de sementes em função dos quatro métodos de *priming*, para os tratamentos armazenados

Após 39 horas da aplicação do *priming*, ao se considerar todos os tratamentos com solução -0,6 MPa de PEG as sementes de *Senna alata* atingiram o valor máximo de 49% de água, valor próximo ao da faixa (55-60%) considerada adequada para o *priming*, portanto este método, em princípio, foi adequado.

Os resultados do teste de germinação das sementes que foram hidratadas utilizando os métodos de *priming*, Imersão + semente úmida, PEG-0,6 MPa + semente úmida e Imersão + semente seca, foram inferiores em relação aos da semente controle.

Os resultados referentes às sementes de *Senna alata* (Tabela 20) indicaram que houve redução da velocidade de germinação das sementes (IVG) quando foram aplicados os métodos de *priming*, de imersão em água com as sementes avaliadas úmida ou secas, da

hidratação entre papel umedecido com as soluções -0,1 MPa e -0,6 MPa de PEG e com as sementes avaliadas secas, em relação às sementes controle (Tabela 20).

Com relação à avaliação do TMG, o método de *priming*, em que foi utilizada a hidratação entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG e a avaliação da semente úmida, favoreceu a redução do tempo requerido para a germinação das sementes (Tabela 20).

De acordo com Brancalion et al. (2008 b), que avaliaram métodos de *priming* para as sementes de *Mimosa bimucromata*, que é da mesma família botânica das sementes de *S. alata* estudadas nessa pesquisa, verificaram que a hidratação realizada com solução de PEG 8000 com potencial hídrico de -0,8 MPa, sem secagem das sementes, favoreceu a germinação; no entanto, em função dos resultados obtidos com as sementes de *S. alata*, não foi possível confirmar esse tipo de resultado, em função da variação de resultados obtidos tanto na avaliação das sementes úmidas como também das secas.

Aparentemente a utilização de PEG 6000, -0,1 MPa, com as sementes semeadas úmidas foi adequada, pois estatisticamente não reduziu a germinação nem a velocidade de germinação em relação ao controle, mas reduziu o tempo para que a semente germine.

Para as sementes que foram armazenadas por 45 dias (Tabela 21) não houve diferença estatística significativa entre os resultados de germinação, em função da utilização dos métodos de *priming* em relação ao controle e nem em relação aos resultados das avaliações do IVG e do TMG, ou seja, no período analisado o *priming*, independentemente do método, não interferiu na qualidade das sementes que foram armazenadas.

Tabela 20 - Sementes de *Senna alata*: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, do índice de velocidade de germinação (IVG) e do tempo médio de germinação (TMG) expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (dias)
Imersão em água + semente avaliada úmida	70 B	10,68 B	3,36 BCD
Entre papel umedecido com água + semente avaliada úmida	76 AB	11,43 AB	3,39 BCD
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente úmida	78 AB	13,37 AB	3,01 A
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente úmida	69 B	11,16 AB	3,21 AB
Imersão em água + semente avaliada seca	71 B	10,91 B	3,29 ABC
Entre papel umedecido com água + semente avaliada seca	78 AB	11,68 AB	3,39 BCD
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente avaliada seca	72 AB	10,62 B	3,52 CD
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente avaliada seca	75 AB	10,66 B	3,6 D
Controle	90 A	13,85 A	3,38 BCD

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

Tabela 21 - Sementes de *Senna alata* armazenadas por 45 dias: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, do índice de velocidade de germinação (IVG) e do tempo médio de germinação (TMG) expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (dias)
Imersão em água + semente seca e armazenada	73 A	11,45 A	3,24 A
Entre papel umedecido com água + semente seca e armazenada	72 A	10,95 A	3,34 A
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente seca e armazenada	70 A	10,84 A	3,27 A
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente seca e armazenada	63 A	9,32 A	3,44 A
Controle semente armazenada	69 A	10,56 A	3,34 A

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

Em função dos resultados iniciais, havia a possibilidade de considerar que a hidratação das sementes com solução -0,6 MPa de PEG seria um método adequado para o *priming*, no entanto não foi possível confirmar a adequação desse método.

4.4.3 Caracterização da qualidade das sementes de *Senna alata*, lotes 1 e 2

A avaliação da qualidade das sementes de *S. alata* dos lotes 1 e 2 indicou que não houve diferença entre os resultados referentes ao teste de germinação, ao índice de velocidade de germinação (IVG) e ao tempo médio de germinação (TMG), Tabela 22 e Figura 29.

Tabela 22 - Sementes de *Senna alata*, lotes 1 e 2: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias

Lotes	Germinação (%)	IVG	TMG (dias)
1	88	13,43	3,38
2	75	10,77	3,66

Figura 29 - Sementes de *Senna alata*, lotes 1 e 2: distribuição da germinação das sementes ao longo do período de avaliação

Nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009, 2013) não há instruções para o teste de germinação das sementes de *S. alata*. Os resultados dessa pesquisa, Tabela 22 e Figura 29, possibilitam afirmar que a primeira contagem do teste de germinação pode ser feita aos três dias e a última aos sete dias do início do teste, na temperatura de 25 °C.

4.4.4 Avaliação da semeadura direta em campo das sementes de *S. alata*, lotes 1 e 2, referente aos tratamentos controle e *priming*.

Os resultados da avaliação das sementes de *S. alata* do lote 1 (Tabela 23) superaram os obtidos para as sementes do lote 2 em todas as avaliações, relacionadas à emergência da plântula, ao índice de velocidade de emergência da plântula e ao tempo médio de emergência

da plântula. No entanto, independentemente do lote de semente avaliado, não foram verificadas variações significativas dos resultados em função da aplicação dos métodos de *priming* (Tabela 23).

A profundidade de semeadura (2 cm) pode ter influenciado de forma negativa os resultados, pois de acordo com os testes de profundidade de semeadura, descritos na seção a seguir (4.4.5), a profundidade ideal é de 1 cm.

Apesar das condições adversas de clima (Figuras 6 e 7) na semeadura, para as sementes de *Senna alata*, a germinação da semente e a emergência da plântula foram satisfatórias, sendo 77% de emergência da plântula (lote 1, sementes controle), portanto a semeadura direta da semente desta espécie é recomendada para projetos de restauração ecológica.

Tabela 23 - Sementes de *Senna alata*, lotes 1 e 2: valores médios de emergência da plântula (EP), expressos em porcentagem, índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP) e tempo médio de emergência da plântula (TMEP), expresso em dias

EP (%)				IVEP			TMEP (Dias)		
Lote	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semeado semente úmida
1	77 Aa	60 Aa	58 Aa	6,50 Aa	5,18 Aa	5,07 Aa	7,03 Aa	6,10 Aa	7,91 Aa
2	12 Ba	12 Ba	5 Ba	0,33 Ba	0,31 Ba	0,07 Ba	31,69 Ba	39,87 Ba	45,00 Ba

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula e, na linha, pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.4.5 Semeadura em diferentes profundidades

A avaliação da semeadura em campo das sementes de *S. alata* (Tabela 24) indicou que, para as sementes dos dois lotes, a emergência da plântula foi observada a partir de 0,5 cm de profundidade.

O resultado da emergência da plântula, referente às sementes do lote 1, foi estatisticamente inferior ao resultado das sementes do lote 2, para a semeadura com 0,5 cm de profundidade. Ao se considerar a avaliação do IVEP não foram determinadas diferenças significativas entre os resultados das sementes dos lotes 1 e 2, mas é possível verificar que para as sementes do lote 1 as profundidades de semeadura de 1 e 2 cm proporcionam maior velocidade de emergência da plântula, enquanto que para o lote 2 a velocidade de emergência da plântula a 1 cm foi maior do que a 0,5, mas não foi significativamente maior que a 2 cm. Apesar do resultado da avaliação da emergência das plântulas referente às sementes do lote 1 ter sido inferior ao das sementes do lote 2 ao se considerar a profundidade de semeadura de 0,5 cm, para as sementes do lote 1 a emergência de plântulas ocorreu mais precocemente, fato evidenciado pelo menor tempo de emergência da plântula, já para as outras profundidades não houve diferença entre os resultados entre as sementes dos lotes 1 e 2. Ao analisar as sementes do lote 1 o tempo médio de emergência da plântula não diferiu entre as profundidades de 0,5, 1 e 2 cm, já para as sementes do lote 2 a emergência da plântula ocorreu mais cedo nas profundidades de 1 e 2 cm (Tabela 24).

A profundidade ideal de semeadura das sementes de *Senna alata* é 1 cm, pois nessa profundidade a quantidade plântulas emersas, o índice de velocidade de emergência da plântula e o tempo médio de emergência da plântula foram os mais adequados, independentemente da qualidade dessas sementes, lote 1 ou lote 2.

Tabela 24 - Sementes de *Senna alata*, lotes 1 e 2, semeadas no substrato superficialmente e em três profundidades: valores médios de emergência da plântula (EP), expressos em porcentagem, índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP) e tempo médio de emergência da plântula (TMEP), expresso em dias

Profundidade (cm)	EP (%)				IVEP				TMEP (dias)			
	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2
Lote												
1	0 Ac	48 Bb	79 Aa	69 Aa	0 Ac	10,11 Ab	19,19 Aa	15,92 Aa	0 Ab	1,64 Aa	1,16 Aa	1,24 Aa
2	0 Ab	84 Aa	79 Aa	66 Aa	0 Ac	12,92 Ab	19,22 Aa	15,47 Aab	0 Ac	2,17 Bb	1,1 Aa	1,2 Aa

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula e, na linha, pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.5 *Senna multijuga*

4.5.1 Cinética da absorção de água pelas sementes

As sementes dormentes de *Senna multijuga* hidratadas pelo método entre papel não apresentaram ganho significativo de água, não ultrapassando o valor de 15% em um período de 12 horas (Figura 30), as sementes que foram hidratadas pelo método de imersão (Figura 31) absorveram mais água, porém não atingiram também a fase III da germinação, pois não houve protrusão de raiz, conforme afirmaram Bewley e Black (1994).

Para as amostras de sementes que tiveram a dormência superada, as hidratadas pelo método entre papel atingiram a fase III da germinação, pois apresentaram protrusão da raiz com 16 horas de hidratação e 61,4% de água (Figura 30), já as sementes hidratadas pelo método de imersão em água, apesar de terem atingido 68,0% de água não emitiram raiz (Figura 31), o que talvez possa ser explicado pela ausência de oxigênio livre (O_2), pois segundo Bewley e Black (1994) durante a fase I da hidratação ocorre aumento no consumo de O_2 com a hidratação, devido à ativação enzimática envolvidas no ciclo de Krebs

Comparando a variação da absorção de água entre as sementes dormentes e não dormentes, há a restrição à absorção de água imposta pelo tegumento (Figuras 30 e 31), fato reforçado por resultados de experimentos preliminares que obtiveram 2% de germinação com sementes que não passaram por métodos de superação de dormência.

Figura 30 - Sementes de *Senna multijuga*: resultados da cinética de absorção de água, de amostra de sementes dormentes e não dormentes hidratadas pelo método entre papel umedecido com água

Figura 31 - Sementes de *Senna multijuga*: resultados da cinética de absorção de água, de amostra de sementes dormentes e não dormentes hidratadas pelo método de imersão em água

Para os tratamentos de *priming* os teores de água considerados adequados foram entre 55% e 60% de água, pois corresponderam à fase II da germinação.

4.5.2 Priming

Os resultados das avaliações das sementes de *Senna multijuga*, relacionados aos teores de água, inicial e após a hidratação no estudo dos métodos de *priming*, das sementes que foram avaliadas úmidas, estão especificados na Tabela 25 e Figura 32.

Tabela 25 - Sementes de *Senna multijuga*: teores de água inicial das sementes controle e após hidratação em cada método de *priming* em função do tempo de hidratação

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	7,6	0	7,6	0	8,9	0	7,6
3,7	37,9	3,7	47,7	22,9	61,1	3,3	38,7
5,3	43,9	5,3	55,8			9,5	47,1
7,3	49,8					21,6	50,7
9,3	54,8					30,6	51,2

Figura 32 - Sementes de *Senna multijuga*: teores de água inicial das sementes controle e após hidratação em cada método de *priming* em função do tempo de hidratação

Os resultados das avaliações das sementes de *Senna multijuga*, relacionados aos teores de água, inicial e os atingidos durante a hidratação no estudo dos métodos de *priming*, das sementes que foram avaliadas secas estão especificados na Tabela 26 e Figura 33.

Tabela 26 - Sementes de *Senna multijuga*: teores de água inicial das sementes, após hidratação e secagem em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido com água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	7,6	0	7,6	0	7,6	0	7,6
3,7	38,4	3,7	51,9	17,5	62,1	3,3	34,9
5,3	45,6	5,3	56,3		25,7	9,5	47,5
7,3	50,0		8,4		8,4	21,5	51,1
9,3	55,4					30,6	51,4
	2,8						1,7

Figura 33 - Sementes de *Senna multijuga* teores de água, inicial das sementes e após hidratação em cada método de *priming*, em função do tempo de hidratação e da secagem

Os resultados das avaliações das sementes de *Senna multijuga*, relacionados aos teores de água, atingidos durante a hidratação no estudo dos métodos de *priming*, e após a secagem das sementes, para serem avaliadas aos 45 dias após o armazenamento, estão especificados na Tabela 27 e Figura 34.

Tabela 27 - Sementes de *Senna multijuga*: teores de água atingidos após a hidratação e a secagem das sementes dos tratamentos controle e quatro métodos de *priming*, armazenadas por 45 dias

Teor de água das sementes							
Entre papel umedecido em água		Imersão em água		Entre papel umedecido com solução -0,1 MPa de PEG6000		Entre papel umedecido com solução -0,6 MPa de PEG6000	
Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)	Tempo de hidratação (horas)	Teor de água (%)
0	7,6	0	7,6	0	7,6	0	7,6
3,7	40,2	3,7	50,7	17,5	63,8	3,3	34,0
5,3	46,1	5,3	55,6		32,0	9,5	45,9
7,3	51,6		10,3		10,3	21,6	50,6
9,3	55,7					30,6	51,0
	2,8						2,5

Figura 34 - Sementes de *Senna multijuga*: teores de água atingidos após a hidratação e a secagem das sementes dos tratamentos controle e quatro métodos de *priming*, armazenadas por 45 dias

Aparentemente o potencial de -0,6 MPa parece ser adequado para o *priming*, pois a quantidade de água absorvidas pelas sementes foi de no máximo 52%, ao considerar todos os tratamentos com este potencial, e não houve a emissão da raiz primária, que caracteriza o início visível da germinação. Aliás, esse potencial de água está entre os valores determinados por Santarém et al. (1996), para as sementes de *S. multijuga*, que avaliaram os potenciais hídricos, de -0,49 MPa e -1,03 MPa e obtiveram germinação das sementes de 20% e zero, respectivamente.

A avaliação das sementes, submetidas ao *priming* com solução -0,1 MPa de PEG e que em seguida foram secas para serem semeadas (Tabela 28), indicou que os resultados da germinação e da velocidade de germinação foram superiores quando comparados ao resultado das sementes controle, além de reduzir o tempo médio requerido para a germinação. Esse mesmo tratamento, aplicado para a semente que foi semeada úmida, reduziu também o tempo médio de germinação.

Porém, o tratamento com PEG com potencial de -0,1 MPa, seguido da secagem da semente e após o armazenamento por 45 dias (Tabela 29), prejudicou a qualidade das sementes, em função dos resultados do índice de velocidade de germinação e do tempo médio de germinação, o que, em princípio, indica que a hidratação por este método não é adequada para o armazenamento. Para as sementes de cedro-rosa, segundo Barbedo, Marcos-Filho e Novembre (1997), potenciais de água como -0,8 MPa não beneficiaram a velocidade de germinação, mas preservaram a qualidade da semente durante o armazenamento, fato observado também nesta pesquisa, pois PEG -0,6 manteve os parâmetros próximos ou um pouco superiores aos do controle, enquanto que o potencial como -0,2 MPa utilizado por Barbedo, Marcos-Filho e Novembre (1997), inicialmente favoreceu a velocidade de germinação, mas durante o armazenamento prejudicou a qualidade das sementes, em função do aumento da deterioração das sementes, semelhante com o que ocorreu nesta pesquisa ao se considerar o potencial de -0,1 MPa (Tabelas 28 e 29).

Tabela 28 - Sementes de *Senna multijuga*: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, de índice de velocidade de germinação (IVG) e de tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (Dias)
Imersão em água + semente avaliada úmida	72 AB	9,42 B	4,11 BC
Entre papel umedecido com água + semente avaliada úmida	71 AB	9,34 B	4,05 BC
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente úmida	76 AB	9,59 B	3,34 A
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente úmida	69 AB	9,52 B	3,89 BC
Imersão em água + semente avaliada seca	73 AB	9,1 B	4,30 C
Entre papel umedecido com água + semente avaliada seca	71 AB	9,30 B	4,23 C
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente avaliada seca	85 A	12,14 A	3,62 AB
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente avaliada seca	66 B	8,22 B	4,18 C
Controle	65 B	8,31 B	4,22 C

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

É interessante destacar que o estudo dos métodos de *priming* indicou que a utilização da solução -0,6 MPa de PEG6000 (Tabela 27 e Figura 34) foi adequada, mas para as sementes que foram armazenadas por 45 dias (Tabela 29) a adequação desse método não foi comprovada, uma vez que não foram verificadas alterações significativas para os resultados do teste de germinação e para os resultados das avaliações do IVG e TMG (Tabela 29).

Tabela 29 - Sementes de *Senna multijuga* armazenadas por 45 dias: valores médios de germinação, expressos em porcentagem, de índice de velocidade de germinação (IVG) e de tempo médio de germinação (TMG), expresso em dias, em função dos tratamentos especificados

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (dias)
Imersão em água + semente seca e armazenada	75 A	9,84 A	4,03 A
Entre papel umedecido com água + semente seca e armazenada	74 A	9,70 A	3,90 A
Entre papel umedecido com PEG-0,1 + semente seca e armazenada	39 B	4,26 B	4,66 B
Entre papel umedecido com PEG-0,6 + semente seca e armazenada	69 A	9,48 A	3,93 A
Controle semente armazenada	65 A	8,75 A	3,96 A

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.5.3 Caracterização da qualidade inicial das sementes *S. multijuga*, lotes 1 e 2

Os resultados da germinação e do IVG das sementes de *S. multijuga* do lote 1 foram superiores quando comparados aos das sementes do lote 2, inclusive o início da germinação das sementes do lote 1 ocorreu antes do início da germinação das sementes do lote 2 (Tabela 30 e Figura 35).

Pelos resultados da avaliação dessas sementes (Figura 35) é possível identificar que no teste de germinação a primeira avaliação poderá ser feita aos quatro dias e a segunda aos sete dias, considerados a partir do início do teste de germinação.

Tabela 30 - Sementes de *S. multijuga*, lotes 1 e 2: valores médios de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG)

	Germinação (%)	IVG	TMG (Dias)
1	86	11,41	3,96
2	65	7,20	4,55

Figura 35 - Sementes de *Senna multijuga*, lotes 1 e 2: distribuição da germinação das sementes ao longo do período de avaliação

A diferença dos resultados da avaliação das sementes dos lotes 1 e 2 pode ser explicada pela diferença de idade das sementes, já que as sementes do lote 1 foram colhidas antes do que as do 2, o que, provavelmente, favoreceu a redução da dormência das sementes do lote 1; sendo que as sementes do lote 2 foram formadas durante um período de forte estiagem o que pode afetar a qualidade das mesmas após a maturação, além disso, como as sementes foram obtidas de áreas distintas, essa diferença de qualidade, inclusive relacionada ao nível de dormência, pode ser resultados das variações das condições ambientais durante a maturação das sementes, do armazenamento e das condições ambientais da germinação, como considerado por Bewley et al. (2013), e segundo Oliveira, Ferreira e Carvalho (2003) que trabalharam com sementes de *Senna multijuga*, afirmaram que sementes recém colhidas possuem dormência mais acentuada.

O teste de germinação dessas sementes foi conduzido no escuro e os resultados foram semelhantes aos de Ferreira, Davide e Motta (2004) e de Piveta et al. (2010) que utilizaram fotoperíodo de 24 horas durante o teste de germinação e cujos resultados foram, respectivamente, 59 % e 80% de germinação, segundo Oliveira, Ferreira e Carvalho (2003) tanto o fotoperíodo contínuo quanto o alternado favorece a germinação de sementes dormentes, assim em função dessas informações as sementes de *S. multijuga* podem ser

classificadas como fotoblásticas neutras quando é utilizado algum método eficiente para superação da dormência.

De acordo com Isernhagen (2010) que realizou o teste de germinação com sementes de *S. multijuga* e obteve 41% de germinação, valor abaixo do encontrado por esta pesquisa, considerando-se ambos os lotes, assim, reforça-se a necessidade do uso do método adequado para superação de dormência das sementes desta espécie.

4.5.4 Avaliação da semeadura direta em campo das sementes de *S. multijuga*, lotes 1 e 2, referente aos tratamentos controle e *priming*.

A avaliação da distribuição das sementes de *S. multijuga* em campo (Tabela 31), utilizando a semeadura direta, indicou que os resultados relacionados às sementes do lote 1 foram estatisticamente superiores aos das sementes do lote 2, para as avaliações da quantidade de plântulas emersas, do índice de velocidade de emergência da plântula e o tempo médio de emergência da plântula. Por outro lado, não foram determinadas variações, estatisticamente significativas, em função da utilização do *priming* nessas sementes, independentemente do lote de semente avaliado.

Aparentemente a profundidade de semeadura de 2 cm foi correta, segundo o teste de profundidade de semeadura, descrita na seção seguinte (4.5.5), que sugere que a profundidade ideal fica na faixa de 1 a 2 cm.

Apesar das condições climáticas bastante adversas na semeadura e durante a condução deste experimento, as sementes de *Senna multijuga* tiveram uma performance germinativa bastante satisfatória chegando a valores de 36% de germinação (lote 1, sementes que passaram pelo *priming* secas e semeadas), portanto esta espécie é recomendada para projetos de restauração ecológica que utilizem a semeadura direta. Isernhagen (2010) utilizou sementes de *S. multijuga* em um projeto de restauração via semeadura direta, encontrou um estabelecimento de plântulas de apenas 0,98%, porém este autor não utilizou nenhum método para superação de dormência, sendo assim, destaca-se a importância do conhecimento sobre a dormência de sementes de espécies florestais.

As variações das condições do ambiente no período relacionado a essas avaliações estão nas Figuras 6 e 7.

Tabela 31 - Sementes *Senna multijuga*, lotes 1 e 2: valores médios de emergência da plântula (EP), expressos em porcentagem, índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP) e tempo médio de emergência da plântula (TMEP), expresso em dias

Lote	EP (%)			IVEP			TMEP (dias)		
	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida	Controle	Priming semente semeada seca	Priming semente semeada úmida
1	25 Aa	36 Aa	20 Aa	1,36 Aa	1,79 Aa	0,92 Aa	11,26 Aa	12,69 Aa	15,83 Aa
2	4 Ba	3 Ba	4 Ba	0,04 Ba	0,05 Ba	0,06 Ba	40 Ba	32,08 Ba	34,17 Ba

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúscula e, na linha, pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

4.5.5 Semeadura em diferentes profundidades

Não foi observada a emergência da plântula quando as sementes foram semeadas superficialmente (profundidade 0), independentemente do lote (Tabela 32). A colocação das sementes no substrato a 0,5 cm de profundidade indicou que o resultado da emergência da plântula das sementes do lote 2 superou a do 1, porém com relação às profundidades de 1 e 2 cm não houve diferenças entre esses resultados, a mesma relação foi encontrada entre os lotes para os resultados do IVEP, porém ao analisar o tempo médio de emergência da plântula, não foi encontrada diferença de resultados entre as sementes colocadas a 0,5 cm de profundidade e a 2 cm de profundidade; as plântulas do lote 2 emergiram em menos tempo do que as do lote 1.

Ao comparar os resultados das sementes dos dois lotes, os da emergência da plântula e da velocidade de emergência de plântula das sementes do lote 1, colocadas a 1 cm e a 2 cm de profundidade, foram estatisticamente superiores; porém, com relação ao IVEP houve aumento do tempo requerido para a emergência da plântula, quando essas sementes foram colocadas a 0,5 cm, mas não houve diferença entre as profundidades de 1 e 2 cm. Já, para os resultados das sementes do lote 2 não houve diferença significativa para os resultados da emergência da plântula, do IVEP e do TMEP em função da colocação dessas sementes a 0,5 cm, 1 cm ou 2 cm de profundidade no solo (Tabela 32).

De acordo com Oliveira, Ferreira e Carvalho (2003) que semearam sementes de dois lotes de *Senna multijuga* a uma profundidade de 2 cm e obtiveram uma emergência máxima de 60,84% valor inferior aos encontrados nesta pesquisa, mas vale destacar que na pesquisa destes autores, não foi utilizado nenhum método para superação de dormência, sendo assim verifica se a importância do estudo e aplicação de métodos para superação da dormência das sementes desta espécie.

A profundidade ideal de semeadura direta das sementes de *Senna multijuga* é de 1 a 2 cm, pois nessa faixa de profundidade a quantidade plântulas emersas, o índice de velocidade de emergência da plântula e o tempo médio de emergência da plântula foram os mais adequados, independentemente da qualidade dessas sementes, lote 1 ou lote 2.

Tabela 32 - Sementes de *Senna multijuga*, lotes 1 e 2, semeadas no substrato superficialmente e em três profundidades: valores médios de emergência da plântula (EP), expressos em porcentagem, índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP) e tempo médio de emergência da plântula (TMEP), expresso em dias

Profundidade (cm)	EP (%)				IVEP				TMEP (dias)			
	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2
Lote												
1	0 Ab	11 Bb	75 Aa	70 Aa	0 Ab	2,58 Bb	17,16 Aa	15,02 Aa	0 Ac	1,25 Aa	1,38 Aab	1,97 Bb
2	0 Ab	84 Aa	75 Aa	76 Aa	0 Ab	19,17 Aa	18,42 Aa	18,13 Aa	0 Ab	1,26 Aa	1,06 Aa	1,15 Aa

Na coluna, médias seguidas pela mesma letra maiúsculas e, na linha, pela mesma letra minúsculas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, 5%.

5 CONCLUSÃO

O estudo da absorção de água das sementes indicou que os teores de água, na fase II da germinação, são 48 a 55% para as sementes de *A. tibourbou* e 55 a 60% para as de *S. alata* e de *S. multijuga*.

Em função dos resultados dessa pesquisa, o *priming* não beneficia a germinação das sementes de *A. tibourbou* e de *H. popayanensis*. A utilização da solução -0,1 MPa de PEG 6000 reduz o tempo de germinação das sementes de *S. alata*, quando avaliadas úmidas. Esse mesmo método é eficiente para o *priming* das sementes de *S. multijuga*, avaliadas após a secagem.

As sementes de *S. alata* e *S. multijuga* são recomendadas para semeadura direta em projetos de restauração ecológica, desde que, seja superada a dormência dessas sementes.

A profundidade ideal de semeadura é 1 a 2 cm para as sementes de *A. tibourbou*, de 0,5 cm para as de *H. popayanensis*, de 1 cm para as de *S. alata* e de 1 a 2 cm para as sementes de *S. multijuga*.

REFERÊNCIAS

A-AS-SAQI, M.; CORLETT, A. Effect of presowing hardening on seedling emergence of four forage species. **Seed Science Technology**, Zürich, v. 6, n. 3, p.701-709, 1978.

AGUIAR, L.F.R.M. **Fenologia, Sistema de Reprodução, Ecologia da polinização e Dispersão de *Senna alata***. 150 p. Dissertação de mestrado em ciências biológicas. Universidade Estadual de Campinas. 1992.

ARMSTRONG, H.; McDONALD, M.B. Effects of osmoconditioning on water uptake and electrical conductivity in soybean seeds. **Seed Science Technology**, Zürich, v. 20, n. 3, p. 391-400, 1992.

ASSISTAT 7.7 beta. Piracicaba, 2015. Disponível em <<http://www.assitat.com>>. Acesso em 01 abril 2015.

BARBEDO, C.J.; MARCOS-FILHO, J.; NOVENBRE, A.D. L.C Condicionamento osmótico e armazenamento de sementes de Cedro-Rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 354-360, 1997.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York: Springer-Verlag, 1982. v. 2. 375p.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2nd ed. New York: Plenum Press, 1994. 446p.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York, Springer, 2013. 392p.

BITTENCOURT, M. **Técnica muvuca mistura mais de 30 sementes nativas e é opção econômica de reflorestamento**. Disponível em: <<http://agricultura.ruralbr.com.br/noticia/2012/12/tecnica-muvuca-mistura-mais-de-30-sementes-nativas-e-e-opcao-economica-de-reflorestamento-3986068.html>> Acesso em: 2 de jul. 2013.

BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIEGEL, J.; GALILI, G. (ed.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. chap. 13, p. 237-272.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; BRAGA, J.F.; DELACHIAVE, M.E.A. Escarificação ácida, temperatura e luz no processo germinativo de sementes de *Senna alata* (L.) Roxb. **Ver. Bras. Plantas med.**, Botucatu, v. 2, n. 1, março de 2010.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R.; CHAMMA, H. M. C. P. Efeito da luz e de diferentes temperaturas na germinação de sementes de *Heliocarpus popayanensis* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 225-232, abril 2008 a.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R.; TAY, D. *Priming of Mimosa bimucromata* seeds- A tropical tree species from Brazil. **Acta. Horticulturae**, The Hague, n. 782, p. 163-168, 2008 b.

BRANCALION, P. H. S.; TAY, D.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. e MARCOS FILHO, J. *Priming of pioneer tree Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) seeds evaluated by na automated computer image analysis. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 67, n. 3, p. 274-279, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 398p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília, 2013. 98p.

BRAY, C.M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. Inn: KKIEGEL, J. and GALILI, G. (ed.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. Chap. 28, p. 767-790.

BROCKLEHUST, P.A.; DEARMAN, J. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. **Annals of Applied Botany**, Wellesbourne, v. 102, p. 577-584, 1983.

BRUGGINK, G.T.; OOMS, J.J.J.; VAN DER TOORN, P. Induction of longevity in primed seeds. **Seed Science Research**, v. 9, n. 1, p. 49-53, 1999.

BUJALSKI, W.; NIENOW, A.W.; GRAY, D. Establishing the large scale osmotic priming of onion seeds by using enriched air. **Annals of Applied Biology**, v. 119, p. 171-176, 1989.

CANOSSA, R.S.; OLIVEIRA, J.R.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; ALONSO, D.G.; FRANCHINI, L. H. M. Profundidade de semeadura afetando a emergência de plântulas de *Alternanthera tenella*: **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 4, p. 719-725, 2007.

CARVALHO, P.E.R. Pau-cigarra, *Senna multijuga* in: **Circular técnica 92**. Embrapa, Colombo, Paraná. Acesso em 5 de maio de 2013.

CEPAGRI. Disponível em:<cpa.unicamp.br/outras-informações/clima_muni_436.html>. Acesso 3m 10 set. 2015.

CHRISTENSEN, J.J. Root rots of wheat, oats, rye, barley. In: STEFFERUD, A. (Ed.). **Plant diseases: the yearbook of agriculture**. Washington: Department of Agriculture, 1953. p. 321-328.

COSTA, C.J.; VILLELA, F.A. Condicionamento osmótico de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 21-29, 2006.

CURY, R.T.S. e CARVALHO Jr., O. **Manual para restauração florestal**: Florestas de transição. Canarana: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2011, v. 5, 43 p.

ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. Na evaluation of direct seeding for restoration of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 152, p. 169-181, 2001.

FERREIRA, R.A.; DAVIDE, A.C.; MOTTA, M.S. Vigor e viabilidade de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn. e *Senna macranthera* (Collad.) Irwin & Barn., num banco de sementes em solo de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, 2004. p. 24-31.

GANDOLFI, S.; BELLOTO, A.; RODRIGUES, R.R. 2009. Inserção do conceito de grupos funcionais na restauração, baseada no conhecimento da biologia das espécies. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto Bi Atlântica, 2009. Cap. 1, p. 66-81.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.V.; VIANNA, J.S.; GONÇALVES, E.P.; SANTOS, S.R.N.; COSTA, E.G. Tratamentos pré-germinativos e temperaturas para germinação de sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. **Revista Brasileira Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 45-54, 2011.

HEYCECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? **Seed Science Technology**, Norway, v. 3, n. 3/4, p. 881-888, 1975.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.5, p.353-425, 1977.

ISERNHAGEN, I. **Uso da semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil**. 2010. 107 p. Tese (Doutor em ciências: Recursos florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

KHAN, A.A. Preconditioning, germination and performance of seeds. In: KHAN, A.A. (Ed). **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North-Holland, 1977. p. 283-316.

KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; POWELL, L.E. osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 83, n. 1, p. 267-278, 1978.

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

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

LACERDA, D.M.A.; FIGUEIREDO, P.S. Restauração de matas ciliares do rio Mearim no município de Barra do Corda-MA: Seleção de espécies e comparação de metodologias de reflorestamento. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, 295-304, 2009.

LEB-ESALQ-USP. Disponível em: <www.leb.esalq.usp.br/postoaut.html>. Acesso em: 18 mai. 2015.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. 5ª edição. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, 2008. V. 1 e 386p.

McDONALD, M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.27, p.177-237, 1999.

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

MEXAL, J.; FISHER, J.I.; OSTERYOUNG, J. I.; PATRICK REID, C. P. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant water relations. **Plant Physiology**, v. 55, p. 20-24, 1975.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>. Acesso em: 27 mar. 2015.

NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p.211-214, abr-jun 2005.

OLIVEIRA, L. M.; FERREIRA, R. A. e CARVALHO, M. L. M. Germinação de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn., sob diferentes condições de radiação luminosa e temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 2, p.213-218, 2003.

PACHECO, M.V.; MATOS, V.P.; FERREIRA, R.L.C.; FELICIANO, A.L.P. Germinação de sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. em função de diferentes substratos e temperaturas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 19-25, 2007.

PEREZ, S.C.J.G.A.; JARDIM, M. Viabilidade e vigor de sementes de paineira após armazenamento, condicionamento e estresses salino e térmico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 587-593, jun. 2005.

PINTO, L.P.; HIROTA, M.; CALMON, M.; RODRIGUES, R.R.; ROCHA, R. A Mata Atlântica. Pacto da Mata Atlântica, USP, ESALQ, 2009. 260p.

PIVETA, G.; MENEZES, V.P.; PEDROSO, D.C.; MUNIZ, M.F.B.; BLUME, E.; WIELEWKI, A.P. Superação de dormência na qualidade de sementes e mudas: influência na produção de *Senna multijuga* (L. C. Rich.) Irwin & Barneby. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 2, p. 281-288, 2010.

POWELL, A.A.; MATHEWS, S. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 29, n. 112, p. 1215-1229, 1978.

POZITANO, M.; ROCHA, S.C.S. Caracterização física e germinação de sementes se *Senna macranthera*. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 33, n. 4, p.777-784, 2011.

SAHA, R.; BASU, R.N. maintenance of soybean seed viability by hidratação-dehidratação treatments. **Indian Agriculture**, v. 25, n. 4, p. 275-278, 1981.

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

SANTARÉM, E.R.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; SILVEIRA, T.S.; FERREIRA, A.G. Efeito do estresse hídrico na germinação e crescimento inicial de três espécies de leguminosas. **Acta Botanica Brasilienses**, Feira de Santana, v. 10, n. 2, p. 213-221 1996.

SILVA, R.T.V.; HOMECHIN, M.; ENDO, R.M.; FONSECA, I.C.B. Efeito do tratamento de sementes e da profundidade de semeadura no desenvolvimento de plantas de aveia-branca (*Avena sativa* L.) e a microflora da rizosfera e do rizoplane. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 237-243, 2002.

SOARES, P.G. **Efeito da inoculação com rizóbio no estabelecimento, crescimento inicial e abundância natural de N em leguminosas (Fabaceae) arbóreas nativas plantadas por semeadura direta**. 2007. 60p. Dissertação de mestrado em recursos florestais. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

TAYLOR, A.G.; PRUSINSKI, J.; HILL, H. J.; DICKSON, M. D. Influence of seed hydration on seedling performance. **HortTechnology**, v. 2, p. 336-344, 1992.

TILDEN, R.L.; WEST, S.H. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. **Plant Physiology**, Gainesville-Florida, v. 77, n. 3, p. 584-586, 1985.

TILLMANN, M.A.A.; PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; MINAMI, K. Efeito da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 260-263, 1994.

TOLEDO, R.E.B.; KUVA, M.A.; ALVES, P.L.C.A. Fatores que afetam a germinação e a emergência de *Xanthium strumarium* L. dormência, qualidade da luz e profundidade de semeadura. **Planta Daninha**, v. 11, n. ½, p. 15020, 1993.

TSCHÁ, M. C.; SALES, M.F. e ESTEVES, G.L. Tiliaceae Juss. no estado de Pernambuco, Brasil. **Hoehnea**, v. 29, n. 1, p. 1-18, 2002.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. Disponível em:<www.udop.com.br/index.php?item=chuvas>. Acesso em: 18 mai. 2015.

WOODSTOCK, L.W.; TAO, K.L. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 51, n. 1, p. 133-139, 1981.

VILLELA, F.A.; DONI-FLIHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. (11/12), p. 1957-1968, 1991.

YAMASHITA, O.M.; FERNANDES NETO, E.; CAMPOS, O.R.; GUIMARÃES, S.C.
Fatores que afetam a germinação de sementes e emergência de plântulas de arruda (*Ruta graveolens* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 202-208, 2009.