

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Senna*
multijuga DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

**João José Prieto Flávio
Engenheiro Agrônomo**

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Senna
multijuga* DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DO ESTADO
DE SÃO PAULO**

João José Prieto Flávio

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Produção Vegetal)**

2014

F589q Flávio, João José Prieto
Qualidade fisiológica de sementes de *Senna multijuga* de diferentes procedências do Estado de São Paulo / João José Prieto Flávio. -- Jaboticabal, 2014
iii, 50 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014

Orientador: Rinaldo Cesar de Paula

Banca examinadora: Sérgio Roberto Garcia dos Santos, Marina Crestana Guardia, Sergio Valiengo Valeri, Eduardo Custodio Gasparino

Bibliografia

1. Pau-cigarra. 2. Teste de vigor. 3. Germinação. 4. Dormência. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.531:634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Senna multijuga* DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

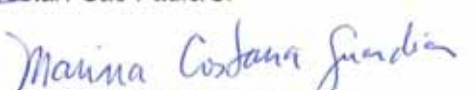
AUTOR: JOÃO JOSÉ PRIETO FLÁVIO

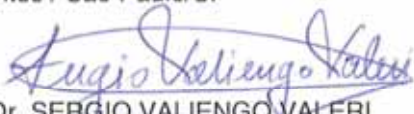
ORIENTADOR: Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) , pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. SÉRGIO ROBERTO GARCIA DOS SANTOS
Instituto Florestal / São Paulo/SP


Profa. Dra. MARINA CRESTANA GUARDIA
Instituto de Botânica / Centro de Pesquisa em Ecologia e Fisiologia / Núcleo de Pesquisa em Sementes / São Paulo/SP


Prof. Dr. SÉRGIO VALIENGO VALERI
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. EDUARDO CUSTODIO GASPARINO
Departamento de Biologia Aplicada - À Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 10 de junho de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

João José Prieto Flávio, nascido no município de Franca, Estado de São Paulo, aos 6 dias do mês de abril do ano de 1985, é filho de José Roberto Flávio e Maria Isabel Martins Prieto Flávio. É Engenheiro Agrônomo, formado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, tendo ingressado no curso no ano de 2003 e concluído o mesmo no ano de 2007. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica do CNPq/PIBIC durante 3 anos. É Mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pela mesma instituição, tendo iniciado o curso no ano de 2008 e concluído em 2010, período em que foi bolsista do CNPq e representante discente no conselho de pós-graduação do referido programa. Ingressou no curso de Doutorado na mesma instituição no ano de 2010, pelo programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), concluindo-o em 2014.

“O êxito na vida não se mede pelo que
você conquistou, mas sim pelas
dificuldades que superou no caminho.”

Abraham Lincoln

Aos meus pais Maria Isabel Martins Prieto
Flávio e José Roberto Flávio, por todo o
incentivo, apoio, carinho e compreensão
durante todo esse caminho

DEDICO.

Aos meus familiares, pela referência e
estrutura construída durante toda vida

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, e seus docentes pela oportunidade oferecida para o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao professor Rinaldo Cesar de Paula pela orientação e por todo o ensinamento, dedicação, apoio e amizade durante todos esses anos de constante aprendizado.

Aos membros da banca examinadora, Sérgio Roberto Garcia dos Santos, Marina Crestana Guardia, Sérgio Valiengo Valeri e Eduardo Custodio Gasparino pelas correções e sugestões feitas a esse trabalho.

À Nathani Cristina Baccarim Denardi pelo apoio, companheirismo, carinho e compreensão.

Aos grandes amigos que me acompanharam durante todo esse período pelos momentos de descontração, pela ajuda e por todos os conselhos nos momentos de dificuldade e nos de alegria.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. <i>Senna multijuga</i> (Rich.) H. S. Irwin & Barneby.....	04
2.2. Procedência de Sementes.....	05
2.3. Dormência de Sementes.....	06
2.4. Qualidade Fisiológica de Sementes.....	08
2.4.1. Germinação de sementes.....	08
2.4.2. Vigor de sementes.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Tratamento Pré-germinativo.....	15
3.2. Teste de Germinação.....	15
3.3. Teste de Envelhecimento Acelerado.....	15
3.4. Teste de Condutividade Elétrica.....	16
3.5. Teste de Lixiviação de K ⁺ e Na ⁺	17
3.6. Teor de Água das Sementes.....	17
3.7. Análise dos Dados.....	18
3.7.1. Teste de germinação e tratamento pré-germinativo.....	18
3.7.2. Teste de envelhecimento acelerado.....	18
3.7.3. Teste de condutividade elétrica.....	19
3.7.4. Teste de lixiviação de K ⁺ e Na ⁺	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Teste de Germinação e Tratamento Pré-germinativo.....	20
4.2. Teste de Envelhecimento Acelerado.....	26
4.3. Teste de Condutividade Elétrica.....	31
4.4. Teste de Lixiviação de K ⁺ e Na ⁺	37
5. CONCLUSÃO	40
6. REFERÊNCIAS	41

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Senna multijuga* DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

RESUMO - *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin e Barneby vem sendo muito utilizada em reflorestamentos por apresentar grande potencial de adaptação em diferentes ambientes. O presente estudo teve como objetivo determinar a qualidade fisiológica de sementes de *Senna multijuga* provenientes de diferentes localidades do Estado de São Paulo por meio de testes de germinação e vigor. Nove lotes foram formados com sementes provenientes dos municípios de Promissão, Ribeirão Grande, Capão Bonito, Pradópolis, Altinópolis, Luiz Antônio, Batatais e Guatapar. O teste de germinao foi realizado a 25, 30, 35 e 25-35 °C com sementes de cada lote escarificadas com ácido sulfurico por 10, 15 e 20 minutos. O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido com sementes de cada lote pelo método tradicional e com solução salina saturada de NaCl, por 96 horas a 45 °C. Para o teste de condutividade elétrica, 30 e 60 sementes por lote foram embebidas em 75 mL de água a 25 °C por 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas. O teste de lixiviação de K⁺ e Na⁺ foi realizado com 30 e 60 sementes por lote embebidas por 24 horas a 25 °C. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Há pequenas diferenças de germinabilidade entre os lotes de sementes provenientes de diferentes localidades do Estado de São Paulo. O teste de germinao pode ser conduzido a 25 °C com sementes escarificadas com ácido sulfurico por 15 minutos. O teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 45 °C por 96 horas  eficiente para promover alterações na capacidade germinativa das sementes. Os testes de envelhecimento acelerado com solução salina saturada de NaCl, conduzido a 45 °C por 96 horas, de condutividade elétrica conduzido a 25 °C com 30 e 60 sementes embebidas em 75 mL de água por períodos de 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas e de lixiviação de K⁺ e Na⁺ realizado com 30 e 60 sementes embebidas em 75 mL de água por 24 horas a 25 °C não são eficientes para discriminar lotes de sementes quanto à qualidade fisiológica.

Palavras-chave: dormência, germinao, pau-cigarra, teste de vigor

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF *Senna multijuga* SEEDS FROM DIFFERENT ORIGINS OF SÃO PAULO STATE

ABSTRACT - *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin and Barneby have been widely used for reforestation with great potential for adaptation in different environments. The present research aimed to evaluate the physiological quality of *Senna multijuga* seeds from different locations in São Paulo State through seed germination and vigor tests. Nine lots were formed with seeds from the cities of Promissão, Ribeirão Grande, Capão Bonito, Pradópolis, Altinópolis, Luiz Antônio, Batatais and Guatapar. The germination test was conducted at 25, 30, 35 and 25-35 °C with seeds of each lot scarified with sulfuric acid for 10, 15 and 20 minutes. The accelerated aging test was conducted with seeds of each lot by the traditional method and saturated NaCl solution for 96 hours at 45 °C. In the electrical conductivity test, 30 and 60 seeds of each lot were soaked in 75 mL of water at 25 °C for 2, 4, 6, 12, 18 and 24 hours. The leaching test of K⁺ and Na⁺ was conducted with 30 and 60 seeds of each lot soaked for 24 hours at 25° C. Data were subjected to variance analysis and means were compared by Tukey test at 5% probability. There are small differences between the germination of seeds from lots of different places of São Paulo State. The germination test can be carried out at 25 °C with scarified seeds with sulfuric acid for 15 minutes. The traditional accelerated aging test at 45 °C for 96 hours is effective in promoting changes in seeds germination. The accelerated aging test with saturated NaCl solution conducted at 45 °C for 96 hours, the electrical conductivity test carried out at 25 °C with 30 and 60 seeds soaked in 75 mL of water for periods of 2, 4, 6, 12, 18 and 24 hours and leaching test of K⁺ and Na⁺ performed with 30 and 60 seeds soaked in 75 mL of water for 24 hours at 25 °C are not effective to discriminate seed lots of the physiological quality.

Keywords: dormancy, germination, pau-cigarra, vigor test

1. INTRODUÇÃO

A demanda por sementes e mudas certificadas, atestando a conformidade do processo de produção, é um fator que fez também aumentar a exigência em relação à qualidade das sementes de espécies florestais nativas, pois a utilização de sementes de maior qualidade é um grande passo para se obter indivíduos mais resistentes, dando maior segurança à produção de mudas e ao plantio, seja para programas de recuperação de áreas degradadas, reflorestamento ou arborização urbana.

Senna multijuga é uma espécie pertencente à família Fabaceae e à subfamília Caesalpinioideae, sendo conhecida popularmente como pau-cigarra, caquera, aleluia-amarela, amarelinha, canafístula, cigarreira, dentre outros (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2004). Pode ser encontrada em diversos países da América do Sul, sendo que no Brasil, ocorre com grande frequência em regiões de Mata Atlântica. É muito utilizada para reflorestamento em áreas degradadas, possuindo grande potencial de adaptação em diferentes ambientes (CARVALHO, 2004).

Comumente algumas sementes de espécies tropicais apresentam algum tipo de dormência que impede a germinação mesmo em condições ambientais favoráveis (POPONIGIS, 1977; PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993). A dormência é um mecanismo de defesa das espécies, principalmente relacionada às condições ambientais não favoráveis ao desenvolvimento da semente, mantendo assim, a viabilidade dessas sementes até que estas condições se tornem adequadas para esse estabelecimento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A aplicação eficaz de métodos para a quebra de dormência nas sementes depende muito da causa e do grau dessa dormência, que é bastante variável entre as espécies. Dessa forma, o uso adequado de mecanismos para a escarificação das sementes, além de aumentar a porcentagem germinativa, também pode acelerar o processo de germinação, o que resulta em maior uniformidade e sobrevivência das plântulas (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 1999).

A qualidade fisiológica da semente é definida por duas características fundamentais: germinação e vigor. Tais características representam diferentes atributos da semente. A viabilidade, determinada pelo teste de germinação, procura

avaliar a máxima germinação da semente, enquanto o vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sendo influenciado pelas condições de ambiente e manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

O teste de germinação determina, numa amostra, a proporção de sementes vivas e capazes de produzir plantas normais sob condições favoráveis. Este teste foi desenvolvido e aperfeiçoado para avaliar o valor das sementes para o plantio, bem como para comparar diferentes lotes, servindo assim como base para o comércio de sementes (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA-RODRIGUES, 1993). O vigor de sementes pode ser entendido como o nível de energia que uma semente dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo (CARVALHO, 1986).

Como um único teste não consegue avaliar, de forma simultânea e satisfatória, todos os aspectos de vigor que podem afetar o estabelecimento das plântulas em campo, vários testes têm sido propostos, uma vez que a deterioração de sementes e a consequente queda de vigor se manifestam de diferentes formas (MARCHI; CICERO, 2002). Entre os testes considerados como mais convenientes para a avaliação do vigor das sementes estão a condutividade elétrica e o envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999a).

O teste de condutividade elétrica avalia, indiretamente, o grau de estruturação das membranas celulares, através da determinação da quantidade de lixiviados em uma solução de embebição, a qual é inversamente relacionada à integridade das membranas celulares. As sementes são embebidas em determinado volume de água, sob temperatura controlada, durante período pré-estabelecido. Em consequência da menor estruturação e seletividade das membranas, sementes de menor potencial fisiológico liberam maior quantidade de lixiviados, resultando em maior valor de leitura de condutividade elétrica (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

O princípio do teste de envelhecimento acelerado baseia-se no aumento da taxa de deterioração das sementes, pela sua exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerado os fatores ambientais de maior influência na intensidade e velocidade de deterioração. As sementes consideradas vigorosas se deterioram mais lentamente após serem submetidas ao

envelhecimento acelerado e, portanto, podem tolerar estresse mais acentuado e suportar melhor as condições em campo ou armazenamento (TORRES; MARCOS FILHO, 2001; RAMOS et. al, 2004; MARCOS FILHO, 2005).

Outro teste que tem apresentado resultados relevantes para discriminar o potencial fisiológico de lotes de sementes é o teste de lixiviação de K^+ (MATTHEWS; ROGERSON, 1976). Sementes com baixo vigor tendem a apresentar maior desorganização na estrutura das membranas celulares, permitindo o aumento na lixiviação de íons inorgânicos como K^+ , Ca^{2++} , Mg^{2++} e Na^+ na solução de embebição (LOOMIS; SMITH, 1980; AOSA, 1983; BEWLEY; BLACK, 1994;).

A aplicação destes testes, possibilitando a avaliação precisa da qualidade fisiológica de lotes de sementes de espécies florestais, deve ser mais bem avaliada devido a grande variabilidade genética que estas espécies apresentam. Isto se torna mais restritivo quando o interesse é comparar lotes provenientes de localidades diferentes, em que a variação ambiental passa a ter influência marcante na variabilidade das características físico-químicas das sementes (BONNER, 1998).

À exceção dos testes que são conduzidos juntamente com o teste de germinação, poucos são os testes de vigor com metodologia definida para as sementes florestais. Acredita-se que a diversidade das espécies florestais e das condições ambientais de produção de sementes destas espécies, bem como a alta variabilidade existente numa mesma espécie quanto aos vários caracteres de frutos e sementes, sejam os principais fatores que dificultam a padronização destes testes na área florestal, principalmente para as espécies com baixo grau de domesticação e melhoramento (PAULA, 2007).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi determinar a qualidade fisiológica de sementes de *Senna multijuga* provenientes de diferentes localidades do Estado de São Paulo através de testes de germinação e vigor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin & Barneby

A família Fabaceae é dividida em três subfamílias: Faboideae, Caesalpinioideae e Mimosoideae. Possui distribuição cosmopolita, incluindo mais de 650 gêneros e aproximadamente 18.000 espécies, sendo que no Brasil ocorrem cerca de 213 gêneros e 2.754 espécies (SOUZA; LORENZI, 2005; LIMA et al., 2014).

Senna multijuga é uma espécie pertencente à família Fabaceae e à subfamília Caesalpinioideae, sendo conhecida popularmente como pau-cigarra, caquera, aleluia-amarela, amarelinha, canafístula, cigarreira, entre outros (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2004).

Ocorre na Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e na Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) ficando exposta às temperaturas médias de 27 °C no mês mais quente e 13,9 °C no mês mais frio (CARVALHO, 2004).

Pode ser encontrada em diversos países da América do Sul, sendo que no Brasil, ocorre com grande frequência em regiões de Mata Atlântica. É muito utilizada também para reflorestamento em áreas degradadas, possuindo grande potencial de adaptação em diferentes ambientes (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2004).

Possui grande capacidade ornamental devido ao seu longo período de floração, sendo utilizada na arborização de ruas, parques e jardins do sudeste brasileiro. É uma planta decídua no inverno, heliófila, indiferente às condições físicas do solo, classificada como pioneira e secundária inicial (LORENZI, 2002).

Pesquisa recente identificou alcalóides piridínicos predominantemente nas folhas de *Senna multijuga*. Esses alcalóides apresentam um grande potencial com relação a novas substâncias bioativas, como por exemplo, a atividade inibitória da acetilcolinesterase (AChE), que está envolvida na Doença de Alzheimer e miastenia grave e, ainda, atividade contra fungos fitopatogênicos, como *Cladosporium cladosporioides* e *Cladosporium sphaerospermum* (SILVA, 2011).

As sementes de *Senna multijuga* são planas, lustrosas e achatadas, apresentando uma coloração pardo-esverdeada e dormência tegumentar (CARVALHO, 2004). Possui ápice arredondado, levemente truncado, com base afinada e reentrante na região hilar, no centro da semente há uma aréola de coloração marrom-escura circundada pelo pleurograma fechado (AMORIN et al., 2008).

Estudando a dormência tegumentar das sementes de *Senna multijuga*, Pinto (2013) verificou que após diferentes tratamentos para a superação dessa dormência, as sementes apresentaram rachaduras na camada paliçádica por toda a extensão do tegumento, sugerindo, assim, que é por estas rachaduras que ocorre a entrada de água na semente.

Sementes de *Senna multijuga* não escarificadas apresentam germinação muito baixa (LEMO FILHO et al., 1997; LACERDA, 2004), sendo o pré-tratamento com ácido sulfúrico recomendado para a superação da dormência dessas sementes (PIVETA et al., 2010). De acordo com Ferreira, Davide e Motta (2004), as sementes de *Senna multijuga* permanecem viáveis em banco de sementes do solo por período superior a um ano.

Temperaturas constantes entre 25 e 35 °C vem sendo utilizadas para a condução do teste de germinação de sementes de *Senna multijuga* (MALUF, 1993; LEMO FILHO et al., 1997; OLIVEIRA; FERREIRA; CARVALHO, 2003; LACERDA et al., 2004; PIVETA et al., 2010).

Estudando a variação genética para a dormência e germinação de 11 populações sementes de *Senna multijuga* no Estado de São Paulo, Maluf (1993) constatou variabilidade genética entre e dentro dessas populações.

2.2. Procedência de Sementes

Na área florestal, uma das dificuldades para a determinação das condições ótimas, tanto para a superação de dormência quanto para a condução do teste de germinação, refere-se à procedência das sementes, ou seja, o local (ambiente) em que as sementes foram produzidas.

Diferenças principalmente nas condições climáticas entre os locais de colheita de sementes poderão resultar em exigências diferenciadas de tratamentos pré-germinativos para a superação de dormência bem como de temperatura, por exemplo, para a condução do teste padrão de germinação. Sementes de diferentes populações podem manifestar variabilidade genética, resultando em diferentes comportamentos germinativos (ALVES et al. 2005, OLIVEIRA et al. 2008).

A aplicação de testes de germinação e vigor, possibilitando a avaliação precisa da qualidade fisiológica de lotes de sementes de espécies florestais, deve ser melhor avaliada devido a grande variabilidade genética que estas espécies apresentam. Isto se torna mais restritivo quando o interesse é comparar lotes provenientes de localidades diferentes, em que a variação ambiental passa a ter influência marcante na variabilidade das características físico-químicas das sementes (BONNER, 1998).

A importância de se trabalhar com frutos e sementes oriundos de diferentes localidades geográficas consiste em constatar as diferenças fenotípicas determinadas pelas variações ambientais.

Portanto, mesmo pertencendo a uma mesma espécie, em cada localidade, as sementes estão sujeitas a variações de temperatura, comprimento do dia, índices de pluviosidade e outras variantes que acabam por ressaltar certos aspectos de sua composição genética, ou seja, o meio pode ser adequado para expressão de determinadas características que, em outro local, não se manifestariam. Estudando procedências distintas, é possível captar várias expressões do genótipo, possibilitadas pelas condições ambientais adequadas (BOTEZELLI; DAVIDE; MALAVASI, 2000).

2.3. Dormência de Sementes

De maneira geral, a dormência pode ser causada por impermeabilidade tegumentar à água e ao oxigênio, por restrições mecânicas, pela presença de substâncias inibidoras da germinação ou pela imaturidade do embrião (POPINIGIS, 1977; BASKIN; BASKIN, 1998).

É comum em algumas espécies tropicais, as sementes apresentarem algum tipo de dormência que impeça sua germinação, mesmo em condições favoráveis para o processo germinativo (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993). A dormência é um mecanismo de defesa das espécies, principalmente relacionada às condições ambientais não favoráveis ao desenvolvimento da semente, mantendo assim, a viabilidade destas até que estas condições se tornem adequadas para a sua germinação e estabelecimento da plântula (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A necessidade de superação destes impedimentos faz com que a dormência de sementes ocorra como uma estratégia natural benéfica, distribuindo a germinação ao longo do tempo e do espaço, aumentando a probabilidade de sobrevivência das plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; FENNER; TOMPSOM, 2005).

Espécies sujeitas a variações ambientais apresentam um maior investimento em mecanismos de dormência física. Em florestas tropicais úmidas, dentre as espécies que apresentam sementes dormentes, cerca de 18% possuem dormência física, enquanto em florestas semidecíduais esse valor chega a 40%, e em climas mais áridos, como em savanas ou cerrados (mais propensos a variações ambientais), esse percentual é de 70% (BASKIN; BASKIN, 1998). Deste modo, a dormência física tem grande importância ecológica, já que atua prevenindo a germinação em épocas e locais hostis, aumentando as chances de sobrevivência da plântula (ARGEL; PATON, 1999).

Em sementes da família Fabaceae, o tipo mais comum de dormência é a causada pela impermeabilidade do tegumento à água (POPINIGIS, 1977), estando presente em cerca de 85% das espécies dessa família (ROLSTON, 1978). A dureza do tegumento é atribuída à resistência à entrada de água promovida pela testa, que apresenta camada de células em paliçada, com paredes espessas e recobertas externamente por lignina (FERREIRA; BORGHETI, 2004). O bloqueio físico causado por essas células impede as trocas gasosas e impossibilita a embebição das sementes e a oxigenação do embrião, que permanece latente (BECHARA; FERNANDES; SILVEIRA, 2007).

Para fins de análises laboratoriais, produção de mudas e cultivo, a dormência das sementes constitui um problema na propagação, devido ao fato de a germinação das sementes ser lenta e desuniforme, ou muito reduzida. O uso de

métodos adequados para superação da dormência aumenta a porcentagem e a velocidade de germinação, o que resulta em maior uniformidade e sobrevivência das plântulas (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 1999).

Contudo, a eficiência dos tratamentos de superação de dormência depende da espécie, da origem ou procedência das sementes (MARTINS; NAKAGAWA, 2008), além da intensidade de dormência que é variável de ano para ano dependendo, principalmente, das condições climáticas prevalentes no final do processo de maturação das sementes.

2.4. Qualidade Fisiológica de Sementes

A qualidade fisiológica da semente é definida por duas características fundamentais: germinação e vigor. Tais características representam diferentes atributos da semente. A germinação, avaliada pelo teste de germinação, procura determinar o máximo potencial germinativo de um lote de sementes e proporciona para tanto, condições consideradas as mais favoráveis possíveis (FONSECA, 2007).

Alta germinação constatada em laboratório não é garantia de alta emergência das plântulas em campo. Dessa forma, o teste de germinação não avalia, frequentemente, o potencial fisiológico das sementes para um bom desempenho em campo. Avaliações consideradas mais consistentes com esta finalidade são realizadas por testes de vigor. O vigor expressa atributos mais sutis da qualidade fisiológica, não revelados pelo teste de germinação, e é determinado sob condições desfavoráveis ou medindo-se o declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987).

A viabilidade, determinada pelo teste de germinação, procura avaliar a máxima germinação da semente, enquanto o vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sendo influenciado pelas condições de ambiente e manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

2.4.1. Germinação de sementes

O termo germinação pode ser conceituado de diferentes maneiras, em função do campo de investigação. Segundo Labouriau (1983), do ponto de vista botânico a germinação é um processo biológico constituído pela retomada do crescimento do embrião, com o conseqüente rompimento do tegumento pela radícula. Para os tecnologistas de semente, a germinação é reconhecida como a produção de plântulas normais (BRASIL, 2009). Já sob o ponto de vista fisiológico, germinar é sair do repouso e entrar em atividade metabólica (BORGES; RENA, 1993).

O processo fisiológico da germinação inicia-se com a entrada da água na semente, a embebição, e termina com o início do alongamento do eixo embrionário, mais conhecido como radícula. Para análise de sementes considera-se que a germinação inicia-se na embebição e termina com a formação da plântula (RIBEIRO; FONSECA; SOUSA-SILVA, 2001). A água é o fator imprescindível, pois é com a absorção de água por embebição que se inicia o processo da germinação. Para que isso aconteça, há a necessidade de que a semente alcance um nível adequado de hidratação, o qual permite a reativação dos processos metabólicos (LABOURIAU, 1983). Espécies nativas tropicais em sua maioria possuem exigências específicas de germinação, podendo variar de espécie para espécie (LUNA; WILKINSON; DUMROESE, 2009).

O teste de germinação determina, numa amostra, a proporção de sementes vivas e capazes de produzir plantas normais sob condições favoráveis. Este teste foi desenvolvido e aperfeiçoado para avaliar o valor das sementes para o plantio, bem como para comparar diferentes lotes, servindo assim como base para o comércio de sementes. Este teste é conduzido oferecendo às sementes as condições mais favoráveis, tais como luz, substrato mais adequado, temperatura, umidade e aeração (FIGLIOLIA et al, 1993). Como se trata de um teste de controle de qualidade, deve ser realizado em condições ideais de laboratório sob controle de luz, umidade e de temperatura (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Para avaliar a qualidade de determinado lote de sementes em laboratório, é necessário dispor de um padrão de germinação para cada espécie, pois cada uma apresenta sementes com características distintas quanto ao seu comportamento fisiológico e germinativo (WIELEWICKI et al., 2006). As Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) especificam as condições e o período para a condução

do teste de germinação em sementes de um grande número de espécies vegetais, das quais as espécies florestais constituem pequena parcela.

Estudando a padronização do teste de germinação para sementes de espécie arbóreas brasileiras, Brancalion, Novembre e Rodrigues (2010) determinaram que a temperatura constante de 25° C é a mais adequada para condução dos testes de germinação em espécies do bioma Cerrado e Mata Atlântica.

2.4.2. Vigor de sementes

O vigor de sementes pode ser entendido como o nível de energia que uma semente dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo (CARVALHO, 1986). Contudo, a definição do que seja o vigor de sementes não é tarefa fácil e as duas principais associações que congregam tecnologistas de sementes (ISTA - International Seed Testing Association e AOSA - Association of Official Seed Analysts) têm, cada uma, a sua definição. Assim, de acordo com a AOSA (1983), vigor de sementes “compreende aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais sob ampla faixa de condições ambientais” e, pela ISTA (HAMPTON; TEKRONY, 1995), o vigor de sementes “é a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula”.

Entre os fatores que afetam o vigor destacam-se o genótipo, fatores climáticos e nutrição da planta mãe durante a produção das sementes (formação da flor e fertilização, desenvolvimento e maturidade da semente), danos mecânicos durante a colheita, secagem e beneficiamento, ataque de insetos e, ou microrganismos patogênicos, condições ambientais durante o armazenamento, densidade e tamanho da semente, idade da semente e temperaturas baixas durante a embebição (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

Como um único teste não consegue avaliar, de forma simultânea e satisfatória, todos os aspectos de vigor que podem afetar o estabelecimento das plântulas em campo, vários testes têm sido propostos, uma vez que a deterioração

de sementes e a consequente queda de vigor se manifestam de diferentes formas (MARCHI; CICERO, 2002).

Como características adequadas de um teste de vigor, eles devem ser rápidos, de fácil execução, não exigirem equipamentos complexos, sendo também de baixo custo e igualmente aplicáveis para determinar o vigor de uma semente ou de um lote delas, além de apresentarem eficiência para detectar tanto pequenas como grandes diferenças de vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005). Entre os testes considerados como mais promissores para a avaliação do vigor das sementes estão o envelhecimento acelerado e a condutividade elétrica (MARCOS FILHO, 1999a).

O teste de condutividade elétrica avalia, indiretamente, o grau de estruturação das membranas celulares, através da determinação da quantidade de lixiviados em uma solução de embebição, a qual é inversamente relacionada à integridade das membranas celulares. As sementes são embebidas em determinado volume de água, sob temperatura controlada, durante período pré-estabelecido. Em consequência da menor estruturação e seletividade das membranas, sementes de menor potencial fisiológico liberam maior quantidade de lixiviados, resultando em maior valor de leitura de condutividade elétrica (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

Desse modo pode-se associar que uma forte concentração iônica nos lixiviados representa a presença de membranas deterioradas e, por conseguinte, sementes de baixa qualidade. Por outro lado, a detecção de um baixo nível de eletrólitos nos lixiviados, automaticamente, leva a supor uma boa integridade destas membranas, como indicativo de uma boa conservação de vigor e capacidade germinativa (SAMPAIO; SAMPAIO; DURÁN, 1995). Isso é devido à grande capacidade de reorganização das membranas celulares e de reparação de certos níveis de danos que é maior para sementes de mais alto vigor (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Muitos fatores, alguns diretamente relacionados às sementes e outros ao próprio método empregado, podem interferir nos resultados do teste de condutividade elétrica. Entre aqueles relacionados às sementes pode-se citar a presença e ocorrência de danos mecânicos durante a colheita, extração e, ou

beneficiamento das sementes, o tamanho de sementes, as diferenças entre genótipos e teor de água das sementes (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Entre os fatores relativos aos métodos de condução do teste, o volume de água usado para embebição das sementes, o número de sementes por amostra, o tempo e a temperatura de embebição são os mais importantes.

Outro teste de vigor, amplamente usado em sementes agrícolas, é o teste de envelhecimento acelerado, também denominado de envelhecimento precoce ou ainda, de envelhecimento artificial. Inicialmente desenvolvido com a finalidade de estimar o potencial relativo de armazenamento de sementes de trevo e festuca, esse teste tem sido intensivamente estudado com vistas à sua padronização. O princípio do teste de envelhecimento acelerado baseia-se no aumento da taxa de deterioração das sementes, pela sua exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais de maior influência na intensidade e velocidade de deterioração (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987; MARCOS FILHO, 1999b; MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Torres e Marcos Filho (2001) e Ramos et. al (2004) as sementes consideradas vigorosas se deterioram mais lentamente após serem submetidas ao envelhecimento acelerado e, portanto, podem tolerar estresse mais acentuado e suportar melhor as condições em campo ou armazenamento. Marcos Filho (2005) comenta que o teste de envelhecimento acelerado é um dos mais sensíveis e eficientes para a avaliação do vigor de sementes de diversas espécies.

Dentre os fatores que afetam o comportamento das sementes durante o teste de envelhecimento acelerado, pode-se citar a temperatura e o período de exposição das sementes, o teor de água das sementes, a abertura da câmara durante a condução do teste, o genótipo, dentre outros (MARCOS FILHO, 1999b). Quanto à temperatura e ao período de exposição, tem-se verificado que aumento na primeira promove efeitos mais drásticos sobre a germinação que o prolongamento do período de envelhecimento e, quanto ao teor de água, sementes mais úmidas são, em geral, mais sensíveis às condições do teste (MARCOS FILHO, 2005).

Outro teste que, assim como a condutividade elétrica, também é baseado na integridade dos sistemas de membranas das sementes e tem apresentado resultados relevantes para discriminar o potencial fisiológico de lotes de sementes é

o teste de lixiviação de K^+ (MATTHEWS; ROGERSON, 1976). Sementes com baixo vigor tendem a apresentar maior desorganização na estrutura das membranas celulares, permitindo o aumento na lixiviação de íons inorgânicos como K^+ , Ca^{2++} , Mg^{2++} e Na^+ na solução de embebição (LOOMIS; SMITH, 1980; AOSA, 1983; BEWLEY; BLACK, 1994;).

De acordo com Valentini e Piña-Rodrigues (1995), a aplicação dos testes de vigor em sementes de espécies florestais é uma prática que permite estimar e comparar lotes de sementes para diferentes objetivos. A simplicidade inerente a vários destes testes aliada aos bons resultados, tornam-os de utilização promissora em vários campos de pesquisa. Comparações de vigor de sementes entre matrizes, progênies e procedências, oferecem ao pesquisador dados adicionais em uma fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética.

Porém, a aplicação destes testes, possibilitando a avaliação precisa da qualidade fisiológica de lotes de sementes de espécies florestais, deve ser melhor avaliada devido a grande variabilidade genética que estas espécies apresentam. Isto se torna mais restritivo quando o interesse é comparar lotes provenientes de localidades diferentes, em que a variação ambiental passa a ter influência marcante na variabilidade das características físico-químicas das sementes (BONNER,1998).

À exceção dos testes que são conduzidos juntamente com o teste de germinação, poucos são os testes de vigor com métodos definidos para as sementes florestais. Acredita-se que a diversidade das espécies florestais e das condições ambientais de produção de sementes destas espécies, bem como a alta variabilidade existente numa mesma espécie quanto aos vários caracteres de frutos e sementes, sejam os principais fatores que dificultam a padronização destes testes na área florestal, principalmente para as espécies com baixo grau de domesticação e melhoramento (PAULA, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dos testes foram utilizadas sementes de *Senna multijuga* provenientes de oito municípios do Estado de São Paulo (Tabela 1): Promissão (lote 1), Ribeirão Grande (lotes 2 e 3), Capão Bonito (lote 4), Pradópolis (lote 5), Altinópolis (lote 6), Luiz Antônio (lote 7), Batatais (lote 8) e Guatapar (lote 9).

Tabela 1. Lotes, latitude, longitude, altitude, temperatura média anual, precipitação média anual e classificação climática de Kppen dos municípios de origem dos diferentes lotes de sementes de *Senna multijuga*.

Lotes	Municípios	Características					
		Latitude	Longitude	Altitude	Temperatura	Precipitação	Kppen
L1	Promissão - SP	2132'12" S	4951'29" O	426 m	23.3 C	1214 mm	Aw
L2 e L3	Ribeirão Grande - SP	2405'57" S	4821'55" O	690 m	20.1 C	1293 mm	Cwa
L4	Capão Bonito - SP	2400'21" S	4820'58" O	705 m	22.2 C	1221 mm	Cwa
L5	Pradópolis - SP	2121'34" S	4803'56" O	538 m	22.7 C	1400 mm	Aw
L6	Altinópolis - SP	2101'33" S	4722'26" O	924 m	20.4 C	1338 mm	Cwa
L7	Luiz Antnio - SP	2133'18" S	4742'16" O	675 m	21.7 C	1516 mm	Aw
L8	Batatais - SP	2053'28" S	4735'06" O	862 m	20.9 C	1549 mm	Cwa
L9	Guatapar - SP	2129'48" S	4802'16" O	512 m	22.8 C	1183 mm	Aw

Aw - Clima tropical com estação seca de inverno

Cwa - Clima temperado úmido com inverno seco e verão quente

Em cada uma dessas localidades foram amostradas matrizes com boa produção de sementes e bom aspecto fitossanitário para a coleta e formação dos lotes. As sementes foram separadas e identificadas por lote e posteriormente acondicionadas em sacos de plástico.

As sementes foram coletadas no mês de setembro de 2010 (lote 2) e entre os meses de julho a novembro de 2011 (lotes 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9). Após a aquisição das sementes para a realização dos estudos (ocorrida em abril de 2012), até o momento da utilização para os testes, as sementes foram mantidas em sala climatizada (22 C \pm 2 C e UR 56% \pm 3%).

Os testes foram realizados no Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP), Câmpus de Jaboticabal.

3.1. Tratamento Pré-germinativo

Para a superação da dormência das sementes e realização do teste de germinação, as sementes de cada lote foram submetidas ao tratamento pré-germinativo de escarificação química com ácido sulfúrico 1 N, por períodos de 10, 15 e 20 minutos, usando-se a relação volumétrica ácido:sementes 2:1.

Em seguida as sementes foram lavadas em água corrente por período suficiente para neutralização e remoção de resíduos do ácido e deixadas sobre bancada de laboratório para secagem e uniformização do teor de água.

3.2. Teste de Germinação

O teste de germinação foi conduzido no mês de agosto de 2012, em câmaras verticais, tipo B.O.D., com fotoperíodo de 8 horas. Foram avaliadas as seguintes temperaturas: a) constantes: 25, 30 e 35 °C e b) alternada de 25-35 °C. No caso da temperatura alternada o período luminoso correspondeu à temperatura mais elevada. Utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes de cada lote para cada período do tratamento pré-germinativo mencionado anteriormente.

As sementes foram distribuídas em caixas de plástico transparente e com tampa, de 10,5 x 10,5 x 3 cm de dimensões, sobre duas folhas de papel mata-borrão, inicialmente umedecidas com água destilada, em quantidade equivalente a 3 vezes a massa do papel não hidratado. No decorrer do experimento, houve necessidade de reumedecimento do substrato.

O teste de germinação foi conduzido durante oito dias, avaliando-se diariamente o número de sementes germinadas utilizando-se os critérios botânico (sementes com protrusão radicular) e tecnológico (produção de plântulas normais).

Ao final do teste foram determinadas as seguintes características: porcentagem de sementes com protrusão de radícula, índice de velocidade de germinação (IVG), obtido segundo Maguire (1962) e porcentagem de plântulas normais, ou seja, plântulas com as estruturas essenciais perfeitas.

3.3. Teste de Envelhecimento Acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi conduzido no mês de maio de 2013, utilizando-se dois métodos: tradicional e com solução salina saturada de NaCl, ambos pela técnica do “gerbox” (MARCOS FILHO, 1999b). Para tanto, uma camada uniforme de cerca de 350 sementes de cada lote, anteriormente submetidas ao tratamento pré-germinativo de imersão em ácido sulfúrico por período de 15 minutos (período considerado adequado para a escarificação química das sementes, obtido após a realização do teste de germinação), foi disposta sobre uma tela de alumínio e inserida no “gerbox”.

Abaixo desta tela foram adicionados 40 mL de água destilada na primeira condição de envelhecimento e 40 mL de uma solução saturada de NaCl (40 g de sal/100 mL de água destilada) na segunda condição de envelhecimento, de modo a obter nessa segunda condição um ambiente com aproximadamente 76% de UR, conforme proposto por Jianhua e McDonald (1997).

Os “gerbox” foram tampados e conduzidos a germinador vertical tipo B.O.D., regulado à temperatura de 45 °C, e ali mantidos por 96 h. Ao final deste período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, juntamente com uma testemunha (sementes de cada um dos lotes não envelhecidas), conforme procedimentos já descritos e utilizando-se a temperatura de 25 °C (temperatura considerada adequada para a condução do teste de germinação após a realização da primeira avaliação). Ao final do teste foram avaliadas e determinadas as mesmas características descritas anteriormente para o teste de germinação.

3.4. Teste de Condutividade Elétrica

O teste de condutividade elétrica foi conduzido no mês de julho de 2013 com as sementes de cada um dos lotes, submetidas ao tratamento pré-germinativo de imersão em ácido sulfúrico por período de 15 minutos. Após a realização do tratamento pré-germinativo, as sementes foram colocadas sobre bancada de laboratório durante um período de aproximadamente sete dias para entrarem em equilíbrio com o ambiente e atingirem teor de água semelhante entre os lotes.

O teste foi conduzido a 25 °C, conforme recomendações básicas de Vieira e Krzyzanowski (1999). Foram usadas duas quantidades de sementes: 30 e 60 sementes por lote, com quatro repetições por tratamento, cuja massa de matéria fresca foi previamente determinada em balança de precisão (0,001 g), e após, foram submetidas à embebição em 75 mL de água deionizada por períodos de 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas.

A condutividade elétrica da solução de embebição das sementes foi determinada com um aparelho condutivímetro marca Marconi, modelo CA 150, com constante 1. Os resultados da leitura de condutividade elétrica da solução de embebição das sementes foram divididos pelos respectivos valores de massa de matéria fresca das sementes, expressando-se os resultados em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de sementes.

Ao final do teste de condutividade elétrica, as sementes foram retiradas da solução de embebição e foi realizado o teste de germinação, conforme procedimentos já descritos e utilizando-se a temperatura de 25 °C. Ao final do teste foram avaliadas e determinadas as mesmas características descritas anteriormente para o teste de germinação.

3.5. Teste de Lixiviação de K^+ e Na^+

Ao final do teste de condutividade elétrica, no dia 29 de julho de 2013, após 24 horas de embebição das sementes, a solução de embebição foi coletada de cada um dos tratamentos avaliados para quantificação de K^+ e Na^+ lixiviados.

Para isso, alíquotas de 15 mL da solução de embebição das sementes foram retiradas de cada um dos tratamentos e submetidas à leitura por fotometria de chama (BATAGLIA et al., 1983). Os resultados das leituras do teste de lixiviação de K^+ e Na^+ foram expressos em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de solução.

3.6. Teor de Água das Sementes

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 horas (BRASIL, 2009), usando duas repetições de 30 sementes por tratamento, expressando os resultados em porcentagem.

Foi determinado anteriormente à realização dos testes de germinação e de condutividade elétrica, e antes e após o teste de envelhecimento acelerado.

3.7. Análise dos Dados

3.7.1. Teste de germinação e tratamento pré-germinativo

Os dados foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas para as quatro temperaturas de germinação das sementes. As parcelas foram representadas por um esquema fatorial 9×3 (9 lotes de sementes \times 3 períodos de imersão das sementes em ácido sulfúrico: 10, 15 e 20 minutos), com quatro repetições de 25 sementes por tratamento.

Os valores de porcentagem de protrusão radicular e de plântulas normais foram transformados em $\arcsen(\sqrt{G/100})$, em que G refere-se à porcentagem de protrusão da radícula ou de plântulas normais obtidas nos testes de germinação. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.7.2. Teste de envelhecimento acelerado

Os dados do teste envelhecimento acelerado foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento em blocos casualizados, utilizando o esquema fatorial 9×3 (9 lotes de sementes \times 3 condições: envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina saturada de NaCl, e sementes não envelhecidas), com quatro repetições de 25 sementes por tratamento.

Os valores de porcentagem de protrusão radicular e de plântulas normais foram transformados em $\arcsen(\sqrt{G/100})$, em que G refere-se à porcentagem de protrusão da radícula ou de plântulas normais obtidas nos testes de germinação. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.7.3. Teste de condutividade elétrica

Os dados foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas para os seis períodos de embebição das sementes. As parcelas foram representadas por um esquema fatorial 9 x 2 (9 lotes x 2 quantidades de sementes por repetição: 30 e 60 sementes), com quatro repetições por tratamento.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Adicionalmente, foi realizado o ajuste de regressão logarítmica entre os valores médios de condutividade elétrica para cada período de embebição nas duas quantidades de sementes.

Para o teste de germinação realizado com as sementes utilizadas no teste de condutividade elétrica, os dados de porcentagem de protrusão radicular e de plântulas normais foram transformados em $\arcsen(\sqrt{G/100})$, em que G refere-se à porcentagem de protrusão da radícula ou de plântulas normais obtidas nos testes de germinação. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.7.4. Teste de lixiviação de K⁺ e Na⁺

Os dados do teste de lixiviação de K⁺ e Na⁺ foram submetidos à análise de variância, no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 9 x 2 (9 lotes x 2 quantidades de sementes por repetição: 30 e 60 sementes), com quatro repetições por tratamento. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teste de Germinação e Tratamento Pré-germinativo

O teor de água de cada lote de sementes de *Senna multijuga* não apresentou grandes variações entre os períodos de imersão das sementes em ácido sulfúrico. Os maiores teores de água foram observados no lote 4, independentemente do período de imersão em ácido sulfúrico, e os menores no lote 8, 8,9 e 9,0%, respectivamente, com 10 e 15 minutos de imersão em ácido sulfúrico e no lote 1, 9,2% com 20 minutos (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de água de lotes de sementes de *Senna multijuga* após escarificação com ácido sulfúrico por 10, 15 e 20 minutos.

Lotes	Teores de água (%)		
	10 min	15 min	20 min
L1	9,4	9,6	9,2
L2	11,6	11,6	10,3
L3	11,8	12,0	11,2
L4	12,2	12,8	12,6
L5	10,5	10,6	11,2
L6	9,3	10,3	10,1
L7	9,6	10,0	10,4
L8	8,9	9,0	9,6
L9	11,1	11,8	11,7

Houve efeito significativo ($P \leq 0,01$) de lotes, períodos de imersão em ácido sulfúrico, temperaturas, e das interações lotes x períodos de imersão em ácido e temperaturas x lotes sobre as três características avaliadas do processo germinativo (Tabela 3).

Não houve diferenças na protrusão da radícula, velocidade de germinação de sementes e formação de plântulas normais entre os períodos de 15 e 20 minutos de imersão em ácido sulfúrico e, para o lote 1, estes períodos superaram os resultados obtidos com 10 minutos de imersão. Em termos gerais, o lote 2 apresentou os maiores valores de porcentagem de protrusão radicular, índice de velocidade de germinação e de porcentagem de plântulas normais, independentemente do período

de imersão das sementes em ácido sulfúrico, apesar de não diferir de outros lotes em algumas situações. Também pode-se considerar que os lotes 1 e 9 foram os de desempenho inferior nessas circunstâncias (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 3. Valores de “F”, médias e coeficientes de variação experimental (CV, %) para porcentagem de sementes com protrusão da radícula (PR, $\arcsen(\sqrt{G/100})$), porcentagem de plântulas normais (PN, $\arcsen(\sqrt{G/100})$) e de índice de velocidade de germinação (IVG), resultantes de sementes de *Senna multijuga* de diferentes lotes submetidas a diferentes temperaturas de germinação e períodos de imersão em ácido sulfúrico.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Valores de F		
		PR	IVG	PN
Lotes (L)	8	16,184**	8,426**	13,338**
Ácido (A)	2	9,788**	13,192**	9,783**
L x A	16	2,934**	2,215**	2,21**
Erro A	81	-	-	-
Temperaturas (T)	3	59,832**	14,359**	55,681**
T X L	24	2,314**	3,889**	3,224**
T x A	6	2,076 ^{ns}	1,025 ^{ns}	1,386 ^{ns}
T x L x A	48	1,170 ^{ns}	0,769 ^{ns}	1,240 ^{ns}
Erro B	243	-	-	-
Média		69	14,8	67
CV Parcela		10,13	18,41	10,87
CV Subparcela		10,07	18,46	9,89

^{ns} - valores não significativos pelo teste F ($P > 0,05$)

** - valores significativos pelo teste F ($P \leq 0,01$)

Apenas para o período de 10 minutos de imersão em ácido sulfúrico foram observadas sementes não germinadas firmes, ou seja, não intumescidas. Nos períodos de 15 e 20 minutos de imersão, as sementes não germinadas absorveram água mas estavam mortas, evidenciando a eficiência desses dois períodos de imersão para a absorção de água pelas sementes.

De acordo com Piveta et al. (2010), trabalhando com diferentes métodos para a quebra de dormência de sementes de *Senna multijuga*, foi constatada a superioridade da escarificação química com ácido sulfúrico por períodos superiores a 10 minutos, enquanto Lemos Filho et al. (1997) constataram que sementes de *Senna multijuga* não escarificadas possuem germinação muito baixa, necessitando de tratamentos pré-germinativos para a superação da dormência.

Tabela 4. Desdobramento da interação lotes x períodos de ácido sulfúrico (L x A) para porcentagem de sementes com protrusão da radícula ($\arcsen(\sqrt{G/100})$) resultante de sementes de *Senna multijuga*.

Lotes	Protrusão da radícula		
	10 min	15 min	20 min
L1	64 c B	69 c A	69 bc A
L2	75 a A	78 a A	78 a A
L3	69 ab B	74 ab AB	76 ab A
L4	68 ab A	71 abc A	73 abc A
L5	64 b B	68 bc AB	72 abc A
L6	69 ab A	66 c A	70 bc A
L7	70 ab A	69 bc A	66 c A
L8	69 ab A	72 abc A	71 abc A
L9	68 ab A	65 c A	65 c A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Tabela 5. Desdobramento da interação lotes x períodos de ácido sulfúrico (L x A) para porcentagem de plântulas normais ($\arcsen(\sqrt{G/100})$) resultante de sementes de *Senna multijuga*.

Lotes	Plântulas normais		
	10 min	15 min	20 min
L1	52 b B	61 c A	65 b A
L2	70 a B	77 a A	75 a AB
L3	65 a B	70 ab AB	71 ab A
L4	64 a A	67 bc A	69 ab A
L5	64 a A	67 bc A	70 ab A
L6	66 a A	65 bc A	67 ab A
L7	69 a A	68 bc A	65 b A
L8	67 a A	69 abc A	69 ab A
L9	65 a A	64 bc A	65 b A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Maluf (1993), estudando 11 procedências de sementes de *Senna multijuga* do Estado de São Paulo, constatou variabilidade entre e dentro dessas populações referente à germinação e dormência das sementes. Lacerda et al. (2004) afirmam que a variação de dormência das sementes de *Senna multijuga* pode ser um fator importante para uma maior diversidade genética em populações dessa espécie.

Tabela 6. Desdobramento da interação lotes x períodos de ácido sulfúrico (L x A) para índice de velocidade de germinação (IVG) resultante de sementes de *Senna multijuga*.

Lotes	Índice de velocidade de germinação		
	10 min	15 min	20 min
L1	9,8 b B	14,6 ab A	14,9 ab A
L2	15,3 a B	17,6 a A	17,1 a AB
L3	14,7 a A	15,8 ab A	15,4 a A
L4	13,1 a A	14,9 ab A	15,1 ab A
L5	13,7 a B	15,4 ab AB	16,6 a A
L6	14,6 a A	14,4 b A	14,8 ab A
L7	14,3 a A	14,8 ab A	15,0 ab A
L8	14,8 a A	15,3 ab A	16,2 a A
L9	13,5 a A	13,4 b A	12,3 b A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

A porcentagem de germinação, a partir da protrusão da radícula, de uma forma geral, foi superior na temperatura de 25 °C, independentemente do lote. Por outro lado, os menores valores foram observados a 35 °C. O lotes 2, 4 e 8 apresentaram as maiores porcentagens de protrusão radicular e os lotes 1 e 9, os menores valores, independentemente da temperatura (Tabela 7).

Tabela 7. Desdobramento da interação temperaturas de germinação x lotes (T x L) para porcentagem de sementes com protrusão da radícula ($\sqrt{G/100}$) resultante de sementes de *Senna multijuga*.

Lotes	Protrusão da radícula			
	25 °C	30 °C	35 °C	25-35 °C
L1	60 c A	65 b A	64 abc A	63 c A
L2	83 a A	79 a A	70 a B	76 a AB
L3	78 ab A	70 b BC	68 ab C	76 a AB
L4	75 ab A	74 ab A	62 abc B	71 abc A
L5	76 ab A	70 b AB	57 c C	67 abc B
L6	73 b A	71 ab A	60 bc B	69 abc A
L7	72 b A	70 b A	60 bc B	72 abc A
L8	77 ab A	73 ab A	61 abc B	73 ab A
L9	73 b A	69 b A	56 c B	66 bc A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Para a porcentagem de plântulas normais, os resultados foram semelhantes aos observados para porcentagem de protrusão radicular, com maiores valores sendo observados a 25 °C e os menores a 35 °C. Por outro lado, os lotes 2 e 8 apresentaram maiores porcentagens de plântulas normais, independentemente da temperatura e o lotes 1 os menores valores (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da interação temperaturas de germinação x lotes (T x L) para porcentagem de plântulas normais ($\arcsen(\sqrt{G/100})$) resultante de sementes de *Senna multijuga*.

Lotes	Plântulas normais			
	25 °C	30 °C	35 °C	25-35 °C
L1	55 c A	60 c A	61 ab A	61 b A
L2	81 a A	74 a AB	67 a B	72 a B
L3	75 ab A	64 bc B	64 ab B	73 a A
L4	73 ab A	68 abc A	57 b B	69 ab A
L5	76 ab A	68 abc B	57 b C	66 ab BC
L6	69 b A	69 ab A	59 ab B	67 ab A
L7	71 b A	68 abc A	59 ab B	70 a A
L8	72 ab A	71 ab A	59 ab B	71 a A
L9	71 b A	67 abc A	56 b B	65 ab A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

O índice de velocidade de germinação (IVG), de maneira geral, foi maior a 25 °C e menor a 25-35 °C. Foram observados maiores valores nos lotes 2 e 3 e menores no lote 9 em relação aos demais independentemente da temperatura utilizada (Tabela 9).

Em diversos trabalhos, tem-se recomendado temperaturas constantes como ideais para a condução do teste de germinação de sementes de algumas espécies florestais (ARAÚJO NETO et al., 2002; VARELA et al., 2005; LIMA et al., 2006; PACHECO et al., 2006; MELO, 2009; GUEDES et al., 2010). Temperaturas constantes de 25, 27, 28 e 33 °C foram utilizadas na condução de trabalhos com germinação de sementes de *Senna multijuga* (MALUF, 1993; LEMOS FILHO et al., 1997; LACERDA et al., 2004; PIVETA et al., 2010).

Assim como no presente estudo, a temperatura constante de 25 °C também foi a mais adequada para a germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea*

(BIRUEL, 2001), *Mimosa caesalpinifolia* (ALVES et al., 2002), *Acacia polyphylla* (ARAÚJO NETO; AGUIAR; FERREIRA, 2003) e de *Bauhinia divaricata* (ALVES et al., 2008).

Tabela 9. Desdobramento da interação temperaturas de germinação x lotes (T x L) para índice de velocidade de germinação (IVG) resultante de sementes de *Senna multijuga*.

Lotes	Índice de velocidade de germinação			
	25 °C	30 °C	35 °C	25-35 °C
L1	10,8 b B	13,4 bc B	16,4 ab A	11,9 ab B
L2	18,0 a A	15,3 abc A	18,0 a A	15,4 a A
L3	16,2 a A	15,2 abc A	16,1 abc A	13,9 ab A
L4	15,9 a A	12,4 c B	15,2 abc AB	13,8 ab AB
L5	17,0 a A	17,5 a A	12,9 cd B	13,7 ab B
L6	15,2 a A	16,2 ab A	13,5 bcd A	13,4 ab A
L7	16,2 a A	16,0 ab AB	13,4 bcd AB	13,2 ab B
L8	17,1 a A	17,0 a A	13,7 bcd B	14,0 ab B
L9	15,0 a A	14,2 abc AB	11,6 d B	11,5 b B

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

A temperatura pode afetar tanto a porcentagem quanto a velocidade da germinação e seu efeito se dá, principalmente, no metabolismo das sementes, afetando as reações bioquímicas que desencadearão o processo de embebição e, conseqüentemente, na reativação das atividades metabólicas do embrião, favorecendo a divisão celular e o processo germinativo como um todo (BEWLEY; BLACK, 1994; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

Em geral a temperatura ótima para a porcentagem de germinação é um pouco inferior à ótima para a velocidade do processo germinativo, o que não foi observado neste trabalho, em que tanto para germinação, plântulas normais e IVG, a temperatura de 25 °C foi a mais adequada. Por outro lado, a temperatura de 35 °C não foi tão prejudicial para o IVG, quanto para a germinação e plântulas normais.

O favorecimento do processo germinativo pela temperatura de 25 °C, pode estar relacionado com as condições ambientais em que estas sementes foram formadas, conforme relatado por Alves et al. (2005). Isto é um fator complicador para a inclusão de algumas espécies florestais nas regras de análises de sementes,

principalmente para aquelas com ampla variabilidade de condições ambientais nas áreas de ocorrência natural. Para estas espécies, o estabelecimento das condições para a realização do teste padrão de germinação passa, obrigatoriamente, pela comparação de lotes de sementes de diferentes procedências, ou locais de produção, conforme relatado por Bonner (1998).

No presente estudo, embora com diferenças de germinabilidade entre os lotes de sementes provenientes de diferentes locais, as exigências para o processo germinativo foram pequenas, tanto em relação à superação da dormência quanto à temperatura de germinação, o que pode estar associado à pequena variabilidade das condições ambientais das procedências estudadas.

Vale destacar a ligeira, porém consistente, superioridade do lote 2 em relação aos demais lotes, para as características avaliadas. Este é o único lote colhido em 2010, tendo sido armazenado por um ano e, portanto, mais velho que os demais lotes. Isto indica, primeiramente, que as sementes de *Senna multijuga* têm boa capacidade de armazenamento, e também que a qualidade das sementes é variável entre os anos de produção, posto que este lote é procedente do mesmo local do lote 3.

Para Alves et al. (2005), sementes de diferentes populações podem manifestar variabilidade genética e sofrer influência do meio, resultando em diferentes comportamentos germinativos para a mesma espécie. Nesse sentido, Oliveira et al. (2008), Ladeia et al., (2012) e Ramos et al. (2011) constataram diferença na germinabilidade com diferentes procedências de sementes de *Dimorphandra mollis*, *Pseudobombax longiflorum* e *Astrocaryum aculeatum* respectivamente, enquanto Lima et al. (2014) verificaram variação na qualidade fisiológica de sementes de *Poincianella pyramidalis* entre diferentes matrizes em uma única área de coleta.

4.2. Teste de Envelhecimento Acelerado

Não houve variações acentuadas entre os teores de água dos lotes de sementes de *Senna multijuga* considerando as duas diferentes condições de envelhecimento acelerado e as sementes não envelhecidas individualmente. Para as

sementes não envelhecidas, o menor valor observado foi de 10,8% (lote 1) e o maior valor foi de 13,1% (lote 3). Para o envelhecimento acelerado sem solução salina, os valores variaram entre 31,8% (lote 3) e 38,8% (lote 9), enquanto para o envelhecimento com solução salina a variação foi de 11,4% (lote 1) a 16,4% (lote 5) (Tabela 10).

Tabela 10. Teores de água de lotes de sementes de *Senna multijuga* não envelhecidas, envelhecidas pelo método tradicional (EA-Tradicional) e com solução salina saturada de NaCl (EA-NaCl).

Lotes	Teores de água (%)		
	Não envelhecidas	EA-Tradicional	EA-NaCl
L1	10,8	32,2	11,4
L2	12,9	35,6	15,7
L3	13,1	31,8	14,6
L4	12,3	36,4	15,9
L5	12,6	36,1	16,4
L6	12,1	36,2	15,5
L7	12,6	38,7	13,7
L8	12,0	33,3	14,7
L9	12,7	38,8	15,2

Comparando os teores de água das sementes do tratamento testemunha com os teores das sementes submetidas ao envelhecimento acelerado com solução salina, nota-se que não há grandes variações entre os mesmos. Por outro lado, para as sementes submetidas ao envelhecimento acelerado tradicional, observam-se valores superiores de teor de água em relação à testemunha e ao envelhecimento com solução salina.

Isso mostra que o uso da solução salina no teste de envelhecimento acelerado restringiu a absorção de água pelas sementes. De acordo com Jianhua e McDonald (1997), o emprego dessa técnica tem como vantagem a redução do desenvolvimento de fungos associados às sementes durante o teste diminuindo, assim, eventual interferência adicional aos resultados do teste de envelhecimento acelerado.

Houve efeito significativo ($P \leq 0,01$) das diferentes condições de envelhecimento e da interação lotes x condições de envelhecimento para todas as

características avaliadas no processo germinativo. Para lotes, a significância foi observada apenas para o índice de velocidade de germinação (Tabela 11).

Tabela 11. Valores de “F”, médias e coeficientes de variação experimental (CV, %) para porcentagem de sementes com protrusão da radícula (PR, $\arcsen(\sqrt{G/100})$), porcentagem de plântulas normais (PN, $\arcsen(\sqrt{G/100})$) e de índice de velocidade de germinação (IVG), resultantes de sementes de *Senna multijuga* de diferentes lotes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado em diferentes condições.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Valores de F		
		PR	IVG	PN
Lotes (L)	8	1,688 ^{ns}	2,155 ^{**}	1,716 ^{ns}
Envelhecimento (E)	2	189,207 ^{**}	301,302 ^{**}	201,481 ^{**}
L x E	16	3,238 ^{**}	3,931 ^{**}	3,461 ^{**}
Erro	78	-	-	-
Média		60	9,25	59
CV		11,48	12,97	11,18

^{ns} - valores não significativos pelo teste F ($P > 0,05$)

^{**} - valores significativos pelo teste F ($P \leq 0,01$)

Não houve diferenças para porcentagem de protrusão radicular, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais entre as sementes não envelhecidas e o envelhecimento acelerado conduzido com solução salina, com exceção feita ao lote 4, onde as sementes não envelhecidas apresentaram valores superiores em relação às envelhecidas com solução salina nas três características avaliadas. As sementes não envelhecidas e as envelhecidas com solução salina só não apresentaram valores superiores às submetidas ao envelhecimento acelerado tradicional, considerando todas as características avaliadas, em relação ao lote 1, onde as três situações tiveram o mesmo desempenho (Tabelas 12,13 e 14).

Por promover maior umidade relativa durante a condução do teste de envelhecimento acelerado, o teste tradicional tende a ser mais danoso ao processo germinativo em relação ao teste realizado com solução salina, causando uma deterioração mais acentuada nas sementes. Taxas de deterioração mais amenas, obtidas com o emprego do teste de envelhecimento acelerado utilizando-se solução salina em relação ao teste convencional, também foram relatadas por Melo (2009) ao comparar diferentes lotes de sementes de *Cybistax antisiphilitica*.

Tabela 12. Desdobramento da interação lotes x condições de envelhecimento (L x E) para porcentagem de sementes com protrusão da radícula ($\arcsen(\sqrt{G/100})$) resultante de sementes de *Senna multijuga* não envelhecidas, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional (EA-Tradicional) e com solução salina saturada de NaCl (EA-NaCl).

Lotes	Protrusão da radícula		
	Não envelhecidas	EA-Tradicional	EA-NaCl
L1	62 a A	61 a A	66 a A
L2	77 a A	41 b B	75 a A
L3	74 a A	39 b B	69 a A
L4	78 a A	35 b C	61 a B
L5	70 a A	41 b B	69 a A
L6	73 a A	42 b B	68 a A
L7	72 a A	40 b B	70 a A
L8	66 a A	38 b B	66 a A
L9	77 a A	47 ab B	67 a A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Tabela 13. Desdobramento da interação lotes x condições de envelhecimento (L x E) para porcentagem de plântulas normais ($\arcsen(\sqrt{G/100})$) resultante de sementes de *Senna multijuga* não envelhecidas, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional (EA-Tradicional) e com solução salina saturada de NaCl (EA-NaCl).

Lotes	Plântulas normais		
	Não Envelhecidas	EA-Tradicional	EA-NaCl
L1	62 a A	59 a A	62 a A
L2	76 a A	40 b B	72 a A
L3	72 a A	37 b B	68 a A
L4	75 a A	33 b C	58 a B
L5	70 a A	39 b B	69 a A
L6	72 a A	40 b B	68 a A
L7	72 a A	39 b B	68 a A
L8	65 a A	37 b B	65 a A
L9	71 a A	47 ab B	65 a A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Não foi observada diferença entre os lotes para protrusão radicular, velocidade de germinação de sementes e formação de plântulas normais para sementes não envelhecidas e envelhecidas com solução salina. Por outro lado, no envelhecimento acelerado tradicional, o lote 1 apresentou resultados superiores não

diferindo apenas do lote 9, sendo que não houve diferença entre os demais lotes considerando-se as três características avaliadas.

Tabela 14. Desdobramento da interação lotes x condições de envelhecimento (L x E) para índice de velocidade de germinação (IVG) resultante de sementes de *Senna multijuga* não envelhecidas, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional (EA-Tradicional) e com solução salina saturada de NaCl (EA-NaCl).

Lotes	Índice de velocidade de germinação		
	Não Envelhecidas	EA-Tradicional	EA-NaCl
L1	10,20 a A	8,92 a A	10,85 a A
L2	12,57 a A	4,42 b B	12,45 a A
L3	11,75 a A	4,35 b B	10,82 a A
L4	12,40 a A	3,72 b C	9,77 a B
L5	11,25 a A	5,02 b B	10,75 a A
L6	11,57 a A	4,97 b B	11,57 a A
L7	11,20 a A	4,80 b B	11,25 a A
L8	10,32 a A	4,60 b B	10,90 a A
L9	11,77 a A	6,40 ab B	11,00 a A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Como houve uma pequena diferença de germinabilidade entre os lotes avaliados em condições ideais, somente o envelhecimento acelerado convencional foi capaz de diferenciar esses lotes, pois as sementes dos mesmos foram submetidas a condições de maior adversidade. Assim como observado nesse trabalho, em estudo realizado com sementes de *Sebastiania commersoniana*, Santos e Paula (2007) concluíram que o teste de envelhecimento acelerado convencional conduzido a 45 °C por 96 horas mostrou-se adequado para a diferenciação de lotes. O teste de envelhecimento acelerado convencional, conduzido nessas mesmas condições, também foi recomendado por Gonçalves (2003) para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Guazuma ulmifolia*.

Ao compararem o teste de envelhecimento acelerado tradicional com o teste conduzido com solução salina para sementes de *Poincianella pyramidalis*, Lima et al. (2014) concluíram que o teste tradicional é mais eficiente para se avaliar a qualidade fisiológica das sementes dessa espécie.

4.3. Teste de Condutividade Elétrica

O teor de água dos diferentes lotes de sementes de *Senna multijuga* anteriormente à realização do teste de condutividade elétrica variou de 10,2% (lote 1) a 12,8% (lote 3), portanto, com valores semelhantes entre os lotes (Tabela 15).

Tabela 15. Teores de água de lotes de sementes de *Senna multijuga* submetidas ao teste de condutividade elétrica.

Lotes	Teores de água (%)
L1	10,2
L2	11,7
L3	12,8
L4	11,6
L5	12,3
L6	11,6
L7	12,2
L8	11,8
L9	12,4

De acordo com Vieira e Krzyzanowski (1999), a uniformização do teor de água das sementes é um fator importante para a padronização da metodologia do teste de condutividade elétrica, visando à obtenção de resultados uniformes em laboratórios. De maneira geral, é recomendado que o teor de água esteja na faixa entre 10 e 17% (TAO, 1978; LOEFFLER; TEKRONY; EGLI, 1988; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; VIEIRA et al., 2002).

Houve efeito significativo ($P \leq 0,01$) de lotes, quantidades de sementes, períodos de embebição das sementes e das interações lotes x quantidades de sementes e períodos de embebição das sementes x quantidades de sementes sobre os valores de condutividade elétrica (Tabela 16).

Para todos os lotes avaliados o valor de condutividade elétrica foi superior com 30 sementes em relação a 60 sementes (Tabela 17), independentemente do período de embebição (Tabela 18). Com 30 sementes, o lote 2 obteve o maior valor de condutividade elétrica, porém, não diferindo dos lotes 1, 4 e 9. Por outro lado, os lotes 6 e 7 apresentaram os menores valores e, assim como o lote 2 (de maior valor), não diferiram dos lotes 4 e 9. Isso mostra que apesar da diferença estatística,

os valores de condutividade elétrica entre os lotes nessa condição são próximos. Com 60 sementes, o lote 9 apresentou condutividade elétrica superior ao lote 3, porém sem diferenças entre os demais lotes.

Tabela 16. Valores de “F”, média e coeficientes de variação experimental (CV, %) para valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) resultantes de sementes de *Senna multijuga* de diferentes lotes submetidas ao teste de condutividade elétrica com diferentes números de sementes e períodos.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Valores de F
		Condutividade elétrica
Lotes (L)	8	3,868**
Sementes (S)	1	203,476**
L x S	8	3,772**
Erro A	54	-
Períodos (P)	5	566,656**
P x L	40	1,001 ^{ns}
P x S	5	15,947**
P x L x S	40	1,295 ^{ns}
Erro B	270	-
Média		177,2
CV Parcela		10,02
CV Subparcela		5,14

^{ns} - valores não significativos pelo teste F ($P > 0,05$)

** - valores significativos pelo teste F ($P \leq 0,01$)

Nota-se a semelhança entre as curvas de condutividade elétrica ao longo dos períodos de embebição para as duas quantidades de sementes por repetição, onde ambas apresentam um valor crescente mais acentuado nas primeiras horas de embebição e posteriormente esse crescimento se torna mais tênue (Figura 1).

Maiores valores de condutividade elétrica com um menor número de sementes na solução de embebição também foram observados por Marques, Paula e Rodrigues (2002ab) em estudos com sementes de *Dalbergia nigra*, por Gonçalves, Paula e Demattê (2008) em trabalho conduzido com sementes de *Guazuma ulmifolia* e por Melo (2009) avaliando diferentes lotes de sementes de *Cybistax antisiphilitica*. Uma das hipóteses para estes resultados pode estar ligada aos baixos valores de condutividade elétrica quando se usa poucas sementes, principalmente quando se trata de sementes pequenas, onde, neste caso, a condutividade elétrica da água de

embebição exerce grande influência sobre o resultado da condutividade elétrica da solução (GASPAR; NAKAGAWA, 2002).

Tabela 17. Desdobramento da interação lotes x número de sementes (L x S) para valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) resultante de sementes de *Senna multijuga* submetidas ao teste de condutividade elétrica.

Lotes	Condutividade elétrica	
	30 Sementes	60 Sementes
L1	198,1 ab A	166,1 ab B
L2	206,5 a A	163,5 ab B
L3	189,8 bc A	155,5 b B
L4	190,2 abc A	164,6 ab B
L5	184,7 bc A	167,6 ab B
L6	181,3 c A	163,3 ab B
L7	179,7 c A	164,4 ab B
L8	181,7 bc A	165,8 ab B
L9	192,1 abc A	173,9 a B

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Tabela 18. Desdobramento da interação períodos de embebição das sementes x número de sementes (P x S) para valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) resultante de sementes de *Senna multijuga* submetidas ao teste de condutividade elétrica (30S - 30 sementes e 60S - 60 sementes).

Sementes	Condutividade elétrica					
	2 h	4 h	6 h	12 h	18 h	24 h
30S	133,9 a	190,9 a	188,4 a	196,3 a	206,1 a	220,4 a
60S	126,2 b	160,9 b	164,9 b	169,2 b	178,9 b	189,7 b

Médias seguidas por mesma letra na vertical não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Outro fato a se considerar é que a condutividade elétrica é expressa como sendo a leitura do valor de condutividade da solução de embebição pela massa das sementes embebidas. Quando se trabalha com mesmo volume de água, porém com quantidades diferentes de sementes, o aumento do valor da leitura de condutividade elétrica da solução de embebição não é proporcional ao aumento na massa de sementes, ou seja, a massa de sementes praticamente dobra, ou fica próxima a essa proporção no caso da utilização de 30 e 60 sementes, mas a leitura aumenta

proporcionalmente menos, fazendo com que a condutividade elétrica final (leitura/massa) fique menor com o uso de maior quantidade de sementes (MARQUES; PAULA; RODRIGUES, 2002b).

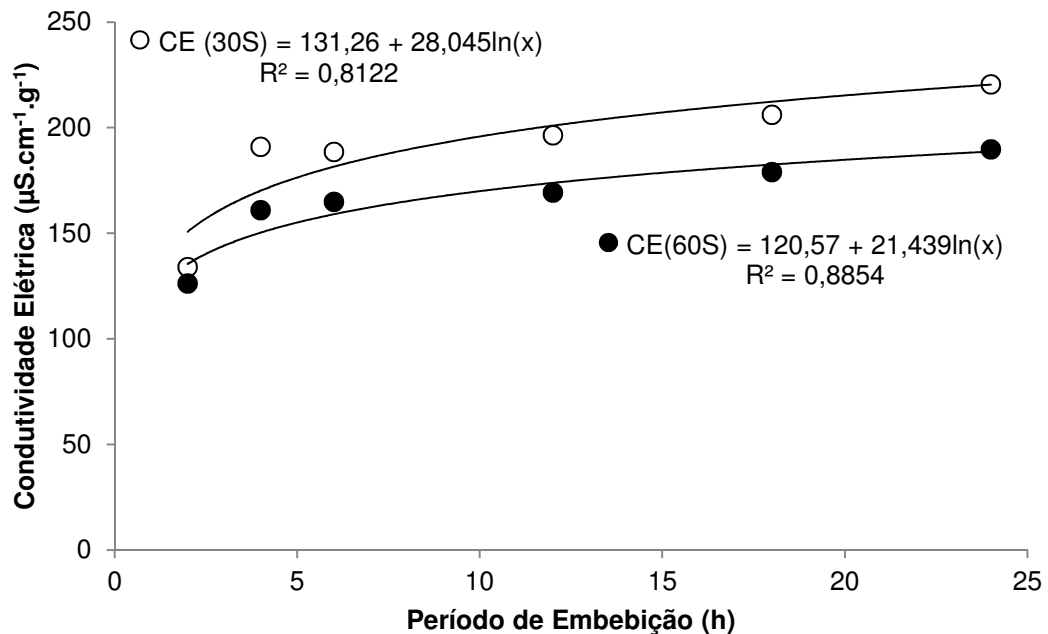


Figura 1. Condutividade elétrica de sementes de *Senna multijuga* após embebição por diferentes períodos com o uso de 30 (30S) e 60 (60S) sementes.

A princípio, quanto maior o valor de condutividade elétrica pior é a qualidade fisiológica dos lotes, pois maiores valores de condutividade são comuns em lotes cujas sementes encontram-se com o sistema de membranas desestruturado, conseqüentemente, não tendo controle adequado sobre a saída de solutos do seu interior para o meio externo (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

Não foi constatada uma separação consistente entre os diferentes lotes de sementes de *Senna multijuga* pelo teste de condutividade elétrica nas condições avaliadas. Este fato pode estar relacionado à pequena variação encontrada na germinabilidade dos lotes estudados, o que implica em uma qualidade fisiológica similar entre as sementes dos mesmos. Outro fator a ser considerado é relativo curto período em que o teste foi conduzido.

Para sementes de algumas espécies florestais tem se verificado que o tempo mínimo necessário para começar a haver distinção entre lotes é de 24 horas (MELO, 2009). Marques, Paula e Rodrigues (2002b) recomendam a realização do teste de condutividade elétrica com pelo menos 36 horas de embebição das sementes para *Dalbergia nigra*, enquanto Santos e Paula (2005) sugerem o tempo de 24 horas para sementes de *Sebastiania commersoniana*. Por outro lado, Abdo (2005), recomenda que o teste de condutividade elétrica para se diferenciar lotes de sementes de *Croton floribundus* seja realizado com 96 horas.

Analisando diferentes combinações de número de sementes, volume de água e períodos de embebição, Gonçalves, Paula e Demattê (2008) constataram que o teste de condutividade elétrica não foi adequado para avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de *Guazuma ulmifolia* de diferentes procedências. Soto Gonzales, Paula e Valeri (2009), estudando diferentes árvores matrizes de *Albizia hassleri*, também não conseguiram discriminá-las quanto à qualidade fisiológica das sementes pelo teste de condutividade elétrica, assim como Silva, Perez e Paula (2011) ao avaliarem a qualidade fisiológica de sementes de *Psidium cattleianum* durante o armazenamento em diferentes condições e Ferraz et al. (1991) avaliando o de vigor de sementes de *Carapa procera*.

No teste de germinação realizado com as sementes utilizadas no teste de condutividade elétrica após o término do mesmo (24 horas de embebição), não houve efeito significativo para nenhum dos fatores e características avaliados, não havendo, portanto, diferença entre os tratamentos (Tabela 19).

Um dos maiores problemas relatados quanto à submersão das sementes em água é a injúria por embebição rápida, fazendo com que as sementes já danificadas tenham menor quantidade de energia disponível para o processo germinativo (RICHARD et al., 1991). Muitos mecanismos fisiológicos podem estar envolvidos com o comprometimento do poder germinativo de sementes submetidas à submersão, como toxicidade por etanol, redução na disponibilidade de oxigênio e acúmulo de dióxido de carbono (WUEBKER; MULLEN; KOEHLER, 2001).

As sementes de *Senna multijuga* dos diferentes lotes, provenientes do teste de condutividade elétrica e posteriormente submetidas ao teste de germinação, apresentaram altos valores de porcentagem de protrusão radicular, índice de

velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais. De acordo com Pandey (1992), para muitas espécies, sementes com alto vigor não perdem a viabilidade quando embebidas em água durante o teste de condutividade elétrica, mas que para sementes de baixa qualidade, a embebição por períodos prolongados pode resultar na morte dessas sementes.

Tabela 19. Valores de “F”, médias e coeficientes de variação experimental (CV, %) para porcentagem de sementes com protrusão da radícula (PR, $\arcsen(\sqrt{G/100})$), porcentagem de plântulas normais (PN, $\arcsen(\sqrt{G/100})$) e de índice de velocidade de germinação (IVG) de diferentes lotes de sementes de *Senna multijuga* resultantes do teste de condutividade elétrica, conduzido com 30 (30S) e 60 (60S) sementes após 24 horas de embebição em 75 mL de água a 25 °C.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Valores de F		
		PR	IVG	PN
Lotes (L)	8	0,939 ^{ns}	1,163 ^{ns}	1,052 ^{ns}
Sementes (S)	1	0,004 ^{ns}	1,186 ^{ns}	0,032 ^{ns}
L x S	8	0,292 ^{ns}	0,437 ^{ns}	0,538 ^{ns}
Erro	51	-	-	-
Média		81	22,76	79
CV		11,36	6,00	11,68
Médias - Lotes				
L1		81	22,50	74
L2		82	23,37	81
L3		85	23,37	83
L4		77	21,87	76
L5		79	22,75	78
L6		79	22,37	79
L7		86	23,37	84
L8		82	22,62	79
L9		78	22,62	78
Médias - Sementes				
30S		81	22,69	79
60S		81	22,83	79

^{ns} - valores não significativos pelo teste F ($P > 0,05$)

** - valores significativos pelo teste F ($P \leq 0,01$)

Um fato que pode ter contribuído para os resultados aqui obtidos é que o período de embebição (submersão) das sementes tenha sido pequeno, apenas 24 horas, agindo neste caso como um pré-condicionamento das sementes, sem causar qualquer dano às mesmas. Outro aspecto que deve ser destacado é que os lotes

das sementes submetidas a 24 horas de embebição em água apresentaram tendência de maior germinabilidade do que as sementes intactas (Tabelas 12, 13 e 14), indicando que a pré-embebição das sementes de *Senna multijuga* por períodos não muito longos (por exemplo, 24 horas) pode favorecer o processo germinativo.

4.4. Teste de Lixiviação de K⁺ e Na⁺

Houve efeito significativo ($P \leq 0,01$) de lotes e quantidades de sementes sobre a quantidade de K⁺ e Na⁺ lixiviados, e também da interação lotes x quantidades de sementes para a quantidade de lixiviados de K⁺ (Tabela 20).

Tabela 20. Valores de “F”, médias e coeficientes de variação experimental (CV, %) para quantidade de lixiviados de K⁺ (K⁺, mg.L⁻¹) e Na⁺ (Na⁺, mg.L⁻¹) resultantes de 30 (30S) e 60 (60S) sementes de *Senna multijuga* de diferentes lotes após embebição durante 24 horas em 75 mL de água a 25 °C.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Valores de F	
		K ⁺	Na ⁺
Lotes (L)	8	42,341**	6,744**
Sementes (S)	1	456,560**	323,236**
L x S	8	7,891**	1,431 ^{ns}
Erro	51	-	-
Média		25,9	3,9
CV		10,96	12,21
Médias - Lotes			
L1		-	3,7 abc
L2		-	3,4 c
L3		-	3,4 c
L4		-	3,6 bc
L5		-	4,4 ab
L6		-	4,4 ab
L7		-	4,2 ab
L8		-	4,1 abc
L9		-	4,5 a
Médias - Sementes			
30S		-	2,9 b
60S		-	5,0 a

^{ns} - valores não significativos pelo teste F ($P > 0,05$)

** - valores significativos pelo teste F ($P \leq 0,01$)

Para a quantidade de lixiviados de Na^+ , o lote 9 apresentou valor superior aos lotes 2, 3 e 4. O valor de lixiviados de Na^+ para a quantidade de 60 sementes na solução foi superior em relação à quantidade de 30 sementes.

A quantidade de lixiviados de K^+ na solução foi superior com o uso de 60 sementes em relação a 30 sementes por repetição, para todos os lotes avaliados. O maior valor de lixiviados de K^+ observado na solução com 30 sementes foi o do lote 5, porém, não diferindo do lote 9. Para a solução com 60 sementes, os lotes de 4 a 9 apresentaram valores de lixiviados de K^+ superiores aos demais (Tabela 21).

Tabela 21. Desdobramento da interação lotes x número de sementes (L x S) para quantidade de lixiviados de K^+ (K^+ , mg.L^{-1}) resultante de 30 e 60 sementes de *Senna multijuga* de diferentes lotes após embebição durante 24 horas em 75 mL de água a 25 °C.

Lotes	K^+	
	30 Sementes	60 Sementes
L1	13,7 c B	27,2 b A
L2	12,7 c B	20,0 c A
L3	13,0 c B	21,0 bc A
L4	13,5 c B	36,5 a A
L5	30,0 a B	38,5 a A
L6	20,5 b B	38,5 a A
L7	18,2 bc B	37,7 a A
L8	22,2 b B	40,0 a A
L9	24,5 ab B	37,5 a A

Médias seguidas por mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey

Assim como observado para o teste de condutividade elétrica, não foi constatada uma separação consistente entre os diferentes lotes de sementes de *Senna multijuga* pelo teste de lixiviação de K^+ e Na^+ .

Ao se comparar os valores médios de lixiviação de K^+ e Na^+ na solução de embebição das sementes dos diferentes lotes, observa-se a superioridade dos valores encontrados para o íon K^+ em relação ao Na^+ . De acordo com Marcos Filho (1999a), um dos principais íons liberados na solução durante o teste de condutividade elétrica é o potássio, estando diretamente relacionado à integridade da membrana celular da semente. A liberação de potássio está diretamente ligada

ao estado das membranas e independe da quantidade de potássio nas sementes (MIGUEL, 2001; PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001).

Analisando os teores de Ca^+ , Mg^{2+} e K^+ da solução de embebição utilizada na condução do teste de condutividade elétrica com sementes de *Zea mays*, Fessel et al. (2006) constataram que o K^+ foi o íon lixiviado em maior quantidade, sendo o mais importante para a determinação dos resultados da condutividade elétrica. Maiores teores de K^+ na solução de embebição das sementes também foram relatados por Alves et al. (2004) ao avaliarem sementes de *Zea mays* e por Vieira et al. (2008) e Fessel et al. (2010) em estudos com sementes de *Glycine max*.

O uso de testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes tem sido recomendado nas mais variadas situações, principalmente para sementes de espécies agrícolas (PAULA, 2007). A avaliação precisa e a aplicação de testes de vigor ainda não é perfeitamente possível para sementes florestais devido, por exemplo, a grande variabilidade de maturação, dormência, entre outras existentes na maioria dos lotes de sementes destas espécies (BONNER, 1998).

Difícilmente um único teste de vigor é adequado para avaliar satisfatoriamente a qualidade de diferentes lotes de sementes, dessa forma, vários testes devem ser usados para esta finalidade para maior segurança das informações obtidas (TORRES et al., 1998; MARCOS FILHO, 2005).

5. CONCLUSÃO

Com o presente estudo pode-se concluir para *Senna multijuga* que:

1. Há pequenas diferenças de germinabilidade entre os lotes de sementes provenientes de diferentes localidades do Estado de São Paulo.
2. O teste padrão de germinação pode ser conduzido a 25 °C com sementes escarificadas com ácido sulfúrico por 15 minutos.
3. O teste de envelhecimento acelerado tradicional conduzido a 45 °C por 96 horas é eficiente para promover alterações na capacidade germinativa das sementes.
4. Os testes de envelhecimento acelerado com solução salina saturada de NaCl, conduzido a 45 °C por 96 horas, de condutividade elétrica conduzido a 25 °C com 30 e 60 sementes embebidas em 75 mL de água deionizada por períodos de 2, 4, 6, 12, 18 e 24 horas e de lixiviação de K⁺ e Na⁺ realizado com 30 e 60 sementes embebidas em 75 mL de água deionizada por 24 horas a 25 °C não são eficientes para discriminar lotes de sementes quanto à qualidade fisiológica.

6. REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. N. V. **Germinação, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de Capixingui (*Croton floribundus* Spreng) - Euphorbiaceae.** 2005. 62p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2005.
- ALVES, E. U.; PAULA, R. C.; OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R. L. A.; DINIZ, A. A. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 169-178, 2002.
- ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORRÊA, M. R.; SOUZA, F. L. G.; CORRÊA, T. M.; NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons e proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2004.
- ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; PAULA, R. C. Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005.
- ALVES, E. U.; NASCIMENTO, C. D. L.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, A. U.; JÚNIOR, J. M. B.; CARDOSO, E. A.; GALINDO, E. A.; SILVA, K. B. Germinação e vigor de sementes de *Bauhinia divaricata* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 04, p. 960-966, 2008.
- AMORIN, I. L.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A.; CHAVES, M. M. C. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e mudas de *Senna multijuga* var. *lindleyana* (Gardner) H. S. Irwin & Barneby - Leguminosae Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 507-516, 2008.
- AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook.** East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).
- ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 249-256, 2003.

ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M.; RODRIGUES, T. J. D. Temperaturas cardeais e efeito da luz na germinação de sementes de mutamba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 460-465, 2002.

ARGEL, P. J.; PATON, C. J. Overcoming legume hardseededness. In: LOCH, D. S.; FERGUSON, J. E. (Org.) **Forage seed production: Tropical and sub-tropical species**, Wallingford, CAB International, 1999. p. 247-265

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. London: Academic Press, 1998. 666p.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)

BECHARA, F. C.; FERNANDES, G. D.; SILVEIRA, R. L. Quebra de dormência de sementes de *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene visando a restauração ecológica do Cerrado. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 58-63, 2007.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BIRUEL, R. P. **Caracterização e germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart ex Tul. var. *leiostachya* Benth.** 2001. 70p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

BONNER, F. T. Testing tree seeds for vigor: a review. **Seed Technology**, Lawrence, v. 20, n. 1, p. 5-17, 1998.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de semente. In: AGUIAR, I. B.; PINÃO-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B (Coord). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 83-136

BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). **Revista Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 009-018, 2000.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CARVALHO, N. M. Vigor de Sementes. In: CÍCERO, S. M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. (Coord.). **Atualização em Produção de Sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 207-223

CARVALHO, P. E. R. **Pau-cigarra (*Senna multijuga*)**. Embrapa, Colombo, 2004. 11p. (Circular técnica, 92)

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

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

FERRAZ, I. D.; LIMA, V. N. S.; COSTA, M. M. Testes de viabilidade em sementes de *Carapa procera* D.C. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1991. p. 39

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

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 et Barn., num banco de sementes em solo de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 24-31, 2004.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P.; PAULA, R. C.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity testing of corn seeds as influenced by temperature and period of storage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1551-1559, 2006.

FESSEL, S. A.; PANOBIANCO, M.; SOUZA, C. R.; VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

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

FONSECA, N. R. **Qualidade fisiológica e desempenho agronômico de soja em função do tamanho das sementes.** 2007. 68p. Tese (Doutorado em Agronomia (Agricultura)) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

GASPAR, M. A.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 70-76, 2002.

GONÇALVES, E. P. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) por meio de diferentes testes de vigor.** 2003. 64p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

GONÇALVES, E. P.; PAULA, R. C.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 265-276, 2008.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; BRAGA JUNIOR, J. M.; VIANA, J. S.; COLARES, P. N. Q. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 57-64, 2010.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. (Ed.) **Handbook of vigour test methods.** Zurich: The International Seed Testing Association. 3 ed. 1995. 117p.

JIANHUA, Z.; McDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1997.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes.** Washington: OEA, 1983. 174p.

LACERDA, D. R.; LEMOS FILHO, J. P.; GOULART, M. F.; RIBEIRO, R. A.; LOVATO, M. B. Seed-dormancy variation in natural populations of two tropical leguminous tree species: *Senna multijuga* (Caesalpinioideae) and *Plathymenia reticulata* (Mimosoideae). **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, p. 127-135, 2004.

LADEIA, E. S.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Procedência do fruto e substratos na germinação de sementes de *Pseudobombax longiflorum* (Mart. et Zucc.) A. Robyns. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 174-180, 2012.

LEMOS FILHO, J. P.; GUERRA, S. T. M.; LOVATO, M. B.; SCOTTI, M. R. M. M. L. Germinação de sementes de *Senna macranthera*, *Senna multijuga* e *Stryphnodendron polyphyllum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 4, p. 357-361, 1997.

LIMA, J. D.; ALMEIDA, C. C.; DANTAS, V. A. V.; SILVA, B. M. S.; MORAES, W. S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tull. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 513-518, 2006.

LIMA, C. R.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; PACHECO, M. V.; ALVES, E. U. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 370-378, 2014.

LIMA, H. C.; QUEIROZ, L. P.; MORIM, M. P.; SOUZA, V. C.; DUTRA, V. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; IGANCI, J. R. V.; FORTUNATO, R. H.; VAZ, A. M. S. F.; SOUZA, E. R.; FILARDI, F. L. R.; VALLS, J. F. M.; GARCIA, F. C. P.; FERNANDES, J. M.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; PEREZ, A. P. F.; MANSANO, V. F.; MIOTTO, S. T. S.; TOZZI, A. M. G. A.; MEIRELES, J. E.; LIMA, L. C. P.; OLIVEIRA, M. L. A. A.; FLORES, A. S.; TORKE, B. M.; PINTO, R. B.; LEWIS, G. P.; BARROS, M. J. F.; SCHÜTZ, R.; PENNINGTON, T.; KLITGAARD, B. B.; RANDO, J. G.; SCALON, V. R.; CARDOSO, D. B. O. S.; COSTA, L. C.; SILVA, M. J.; MOURA, T. M.; BARROS, L. A. V.; SILVA, M. C. R.; QUEIROZ, R. T.; SARTORI, A. L. B.; CAMARGO, R. A.; LIMA, I. B.; COSTA, J. Fabaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB115>>. Acesso em: 01 Jul. 2014.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, B. D. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 12, p. 37-53, 1988.

LOOMIS, E. L.; SMITH, O. E. The effect of artificial ageing on the concentration of Ca, Mg, Mn, K, and Cl in imbibing cabbage seed. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, S. Joseph, v. 105, n. 5, p. 647-650, 1980.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 343p.

LUNA, T.; WILKINSON, K.; DUMROESE, R. K. Seed germination and sowing options. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Ed). **Nursery manual for**

native plants: A guide for tribal nurseries. Agriculture Handbook 730, Washington, D.C: Department of Agriculture, Forest Service, 2009, p. 133-151

MAGUIRE, 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.

MALUF, A. M. Estudo da herdabilidade da capacidade germinativa e da dormência de sementes de *Senna multijuga*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1417-1423, 1993.

MARCHI, J. L; CICERO, S. M. Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica em sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 12, n. 1, 2, 3, p. 20-27, 2002.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C., VIEIRA, R. D., FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. p. 1.1-1.21

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. p. 3.1-3.24

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

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 237p.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All ex Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 271-278, 2002a.

MARQUES, M. A.; PAULA, R. C.; RODRIGUES, T. J. D. Efeito do número de sementes e do volume de água na condutividade elétrica de sementes de (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All ex Benth). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 254-262, 2002b.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Germinação de sementes de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville de diferentes origens submetidas a tratamentos para superação de dormência. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1059-1067, 2008.

MATTHEWS, S.; ROGERSON, N. E. The influence of embryo condition on the leaching of solutes from pea seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 27, n. 100, p. 961-968, 1976.

MELO, P. R. B. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisiphilitica* (Mart.) Mart.)**. 2009. 122p. Tese (Doutorado em Produção e Tecnologia de sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

MIGUEL, M. V. C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho através do teste de lixiviação de potássio**. 2001. 113p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

NASCIMENTO, M.; OLIVEIRA, M. E. A. Quebra da dormência de sementes de quatro leguminosas arbóreas. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 13, n. 2, p. 129-137, 1999.

OLIVEIRA, L. M.; FERREIRA, R. A.; 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**, Fortaleza, v. 34, n. 2, p. 213-218, 2003.

OLIVEIRA, D. A.; NUNES, Y. R. F.; ROCHA, E. A.; BRAGA, R. F.; PIMENTA, M. A. S.; VELOSO, M. D. M. Potencial germinativo de sementes de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth. - Fabaceae : Mimosoideae) sob diferentes procedências, datas de coleta e tratamentos de escarificação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1001-1009, 2008.

PACHECO, M. V.; MATOS, V. P.; FERREIRA, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; PINTO, K. S. Efeitos de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 359-367, 2006.

PANDEY, D. K. Conductivity testing of seeds. In: LINSKENS, H. F.; JACKSON, J. F. **Seed analysis**. Berlin: Springer-Verlag, 1992. p. 273-304

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential of tomato seeds by germination and vigor tests. **Seed Technology**, Lansing, v. 23, n. 2, p. 151-161, 2001.

PAULA, R. C. **Repetibilidade e divergência genética entre matrizes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae - Caesalpinioideae) por caracteres biométricos de frutos e de sementes e parâmetros da qualidade fisiológica de sementes.** 2007. 128p. Tese (Livre-Docência em Silvicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

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

PINTO, T. T. **Morfoanatomia e fisiologia de sementes com dormência física de *Colubrina Glandulosa* Perkins (Rhamnaceae) e *Senna Multijuga* (Rich.) H. S. Irwin & Barneby (Caesalpinioideae - Fabaceae).** 2013. 71p. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos, Algas e Plantas, com área de concentração em Fisiologia e Ecologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

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

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

RAMOS, S. L. F.; MACÊDO, J. L. V.; MARTINS, C. C.; LOPES, R.; LOPES, M. T. G. Tratamentos pré-germinativos e procedência de sementes do tucumã-do-amazonas para a produção de mudas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 962-969, 2011.

RAMOS, N. P.; FLOR, E. P. O.; MENDONÇA, E. A. F.; MINAMI, K. Envelhecimento acelerado em sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n. 1, p. 98-103, 2004.

RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado:** caracterização e recuperação de matas de galerias. Embrapa Cerrados, Brasília, 2001. 899p.

RICHARD, B.; RIVOAL, J.; SPITERI, A.; PRADET, A. Anaerobic stress induces the transcription and translation of sucrose synthase in rice. **Plant Physiology**, Rockville, v. 95, n. 3, p. 669-674, 1991.

ROLSTON, M. P. Water impermeable seed dormancy. **The Botanical Review**, Lancaster, v. 44, n. 3, p. 365-396, 1978.

SAMPAIO, N. V.; SAMPAIO, T. G.; DURÁN, J. M. Avaliação da qualidade de sementes através da condutividade elétrica dos exsudatos de embebição. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 5, n. 3, p. 39-52, 1995.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs - Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 136-145, 2005.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de lotes de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (Branquilho) - Euphorbiaceae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2007.

SILVA, M. R. **Análise da distribuição de alcalóides piridínicos em diferentes fases fenológicas de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn.** 2011. 69p. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2011.

SILVA, A.; PEREZ, S. C. J. G. A.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de *Psidium cattleianum* Sabine acondicionadas e armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, p. 197-206, 2011.

SOTO GONZALES, J. L.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. Fabaceae-Mimosoideae **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 625-634, 2009.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640p.

TAO, J. K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology**, Springfield, v. 3, n. 1, p. 10-18, 1978.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 108-112, 2001.

TORRES, S. B.; CASEIRO, R. F.; RODO, A. B.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.) com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 480-483, 1998.

VALENTINI, S. R. T.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Aplicação do teste de vigor em sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p. 75-84. (Série Registros, 14)

VARELA, V. P.; COSTA, S. S.; RAMOS, M. B. P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakolev) Leguminosae, Caesalpinoideae. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 01, p. 35-39, 2005.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 133-135

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Brasília: ABRATES, 1999. p. 4.1-4.26

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

VIEIRA, R. D.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; BRUENNING, W. P.; PANOBIANCO, M. Temperature during soybean seed storage and the amount of electrolytes of soaked seeds solution. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 5, p. 496-501, 2008.

WUEBKER, E. F.; MULLEN, R. E.; KOEHLER, K. Flooding and temperature effects on soybean germination. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1857-1861, 2001.

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