



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ECOFISIOLOGIA DE SEMENTES DE *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke

ROMÁRIO BEZERRA E SILVA

Recife – PE
Fevereiro - 2011

ROMÁRIO BEZERRA E SILVA

ECOFISIOLOGIA DE SEMENTES DE *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de concentração: Silvicultura.

Orientadora: Profa. Dra. Valderez Pontes Matos

Co-Orientadores: Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

Profa. Dra. Edilma Pereira Gonçalves

Recife – PE
Fevereiro - 2011

ROMÁRIO BEZERRA E SILVA

ECOFISIOLOGIA DE SEMENTES DE *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Edna Ursulino Alves
(CCA/UFPB)

Prof. Dr. Jeandson Silva Viana
(UAG/UFRPE)

Profa. Dra. Lúcia de Fátima de Carvalho Chaves
(UFRPE)

Comitê de Orientação:

Profa. Dra. Valderez Pontes Matos
(Orientadora)

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
(Co-orientador)

Profa. Dra. Edilma Pereira Gonçalves
(Co-orientadora)

Recife – PE
Fevereiro - 2011

À minha mãe, principal responsável pela realização desse sonho.

OFEREÇO.

*À minha família, José, Maria do Socorro, Raissa e Roaga, que sempre foram o meu
alicerce em todos os momentos;*

*À minha namorada, Séfora Gil, pelo incentivo, amor, compreensão e força
durante o trabalho;*

*À minha orientadora Profa. Dra. Valderez Pontes Matos, pelo apoio e
ensinamentos, durante essa formação.*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência, proteção e presença constante em todos os momentos da vida.

À Professora Dra. Valdevez Pontes Matos, pelo apoio, orientação e tolerância durante a execução deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGCF/ UFRPE) pela oportunidade oferecida.

Aos meus Co-orientadores, Prof. Dr. Rinaldo Luis Caraciolo Ferreira e Profa. Dra. Edilma Pereira Gonçalves pelas colaborações ao nosso trabalho.

Aos Professores presentes na Banca da Dissertação, Profa. Dra. Edna Ursulino Alves (CCA/UFPB), Prof. Dr. Jeandson Silva Viana (UAG/UFRPE) e Profa. Dra. Lúcia de Fátima de Carvalho Chaves (UFRPE), pelas sugestões e contribuições significativas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

A todos os meus primos, tias e tios, demais familiares que sempre torceram por mim.

Aos colegas de turma da Pós-Graduação, especialmente a Aldení, Lamartine, Séfora, Aline, Francisco das Chagas, pela sólida amizade que construímos.

Aos meus colegas do Laboratório de Sementes, em especial a Elane, Helder, Lúcia e Narciso, pela amizade e apoio na realização dos experimentos.

À Doutora Ângela Maria Miranda de Freitas, curadora do Herbarium Sérgio Tavares da Universidade Federal Rural de Pernambuco, que nos ajudou na identificação da espécie.

A todos aqueles que contribuíram com a realização deste trabalho.

A todos vocês,

Muito Obrigado!

O excelente mestre não é o que mais sabe, mas o que mais tem consciência do quanto não sabe. Não é o viciado em ensinar, mas o mais ávido em aprender. Não é o que declara os seus acertos, mas o que reconhece suas próprias falhas. Não é o que deposita informações na memória, mas o que expande a maneira de ver, de reagir e de ser.

Augusto Cury.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Caracterização da espécie.....	3
2.2. Efeito do substrato na germinação.....	3
2.3. Efeito da temperatura na germinação.....	6
2.4. Efeito do estresse hídrico na germinação.....	8
2.5. Efeito do estresse salino na germinação.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Condução do experimento.....	12
3.2. Obtenção de sementes.....	12
3.3. Determinações preliminares.....	12
3.3.1. Teor de água.....	12
3.3.2. Peso de mil sementes.....	12
3.3.3. Número de sementes por quilograma.....	13
3.4. Experimento I: Efeito do substrato e temperatura.....	13
3.5. Experimento II: Efeito do estresse hídrico.....	13
3.6. Experimento III: Efeito do estresse salino.....	14
3.7. Características avaliadas.....	14
3.7.1. Germinação.....	14
3.7.2. Vigor.....	15
3.7.2.1. Primeira contagem.....	15
3.7.2.2. Velocidade de germinação.....	15
3.7.2.3. Comprimento da raiz e parte aérea.....	15
3.7.2.4. Massa seca da raiz e parte aérea.....	15
3.7.2.5. Tempo médio de germinação.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Efeito do substrato e temperatura na germinação.....	16
4.2. Efeito do estresse hídrico.....	26
4.3. Efeito do estresse salino.....	31
5. CONCLUSÕES	39

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
7. APÊNDICE 1: Resumo das Análises de Variâncias dos Experimentos.....	51

LISTA DE FIGURAS

	Página
<p>FIGURA 1. Porcentagem de germinação (A), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) (B) e Tempo Médio de Germinação (TMG) (C) de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes potenciais osmóticos em solução de polietileno glicol (PEG 6000). UFRPE/Recife, 2011.....</p>	26
<p>FIGURA 2. Comprimento da raiz (A), comprimento da parte aérea (B), massa seca da raiz (C) e massa seca da parte aérea (D) de plântulas de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes potenciais osmóticos em solução de polietileno glicol (PEG 6000). UFRPE/Recife, 2011.....</p>	29
<p>FIGURA 3. Porcentagem de germinação de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.....</p>	31
<p>FIGURA 4. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.....</p>	33
<p>FIGURA 5. Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.....</p>	34
<p>FIGURA 6. Comprimento da raiz primária plântulas de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.....</p>	35
<p>FIGURA 7. Comprimento da parte aérea de plântulas de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.....</p>	36
<p>FIGURA 8. Massa seca radicular de plântulas de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.....</p>	37
<p>FIGURA 9. Massa seca da parte aérea de plântulas de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.....</p>	38

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Germinação (%) de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.....	17
TABELA 2. Primeira contagem (%) da germinação de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.....	18
TABELA 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.....	19
TABELA 4. Tempo médio de germinação (dias) das sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.....	21
TABELA 5. Comprimento de raiz (cm) das plântulas oriundas da germinação de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.....	22
TABELA 6. Comprimento da parte aérea (cm) das plântulas oriundas de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos. UFRPE/Recife, 2011.....	23
TABELA 7. Massa seca da raiz (mg/plântula) das plântulas oriundas da germinação de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.....	24
TABELA 8. Massa seca da parte aérea (mg/plântula) das plântulas oriundas da germinação de sementes de <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.....	25

SILVA, ROMÁRIO BEZERRA. Ecofisiologia de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. 2011. Orientadora: Profa. Dra. Valderéz Pontes Matos. Co-orientadores: Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira e Profa. Dra. Edilma Pereira Gonçalves.

RESUMO

A *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, árvore típica da caatinga, conhecida vulgarmente como jurema branca, é encontrada facilmente na margem das estradas e sua madeira é utilizada na construção civil, fabricação de carvão e também na restauração florestal. Desta forma, o objetivo deste estudo foi a elaboração de protocolos para germinação e vigor de sementes de *P. stipulacea*. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes, do Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. Os frutos foram coletados de 10 árvores, localizadas na Estação Experimental da Fazenda Saco, pertencente à Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), município de Serra Talhada - PE, nos meses de julho a agosto de 2009 e 2010. O efeito do substrato e da temperatura foi verificado empregando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em arranjo fatorial 8x7 (oito temperaturas: constantes de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C e alternada de 20-30°C e sete substratos: vermiculita, areia, pó de coco, bagaço de cana-de-açúcar, tropstrato[®], papel toalha e papel mata-borrão), com quatro repetições de 25 sementes e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. O estresse hídrico foi avaliado semeando-se as sementes no substrato papel mata-borrão, umedecido com soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, utilizando-se os seguintes níveis de potencial osmótico: 0; -0,05; -0,1; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa. Para avaliação do estresse salino as sementes foram semeadas em substrato papel mata-borrão, umedecido com soluções aquosas de NaCl, CaCl₂ e KCl, nas concentrações: 0; 25; 50; 75; 100; 150 e 200 mM. O delineamento experimental utilizado nos experimentos dos estresses hídrico e salino foi inteiramente casualizado, em quatro repetições de 25 sementes cada e os dados foram submetidos à análise de variância e de Regressão Polinomial. Constatou-se que, para avaliação da germinação e vigor das sementes de *P. stipulacea* as combinações são: temperatura de 20 °C e substrato pó de coco; temperatura de 25 °C em papel toalha e temperatura alternada de 20-30 °C com os substratos bagaço de cana e vermiculita. Não se recomenda a temperatura de 35 °C com os substratos testados e, a temperatura de 40 °C, porque houve morte do embrião. Os estresses hídrico e salino afetam mais a velocidade do que a porcentagem de germinação das sementes, independente da substância utilizada para simular o estresse. O PEG 6000 e os sais NaCl, KCl e CaCl₂ promoveram reduções expressivas na germinação e vigor das sementes. A tolerância das sementes de *P. stipulacea* ao estresse salino simulado pelo NaCl é baixa, com limite máximo de germinação a 150 mM, sendo classificada como glicófita pouco tolerante aos sais.

Palavras-chave: germinação, vigor, substrato, temperatura, estresse hídrico, salinidade

SILVA, ROMÁRIO BEZERRA. Seed ecophysiology of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. 2011. Advisor: Profa. Dra. Valderez Pontes Matos. Co-leaders: Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira e Profa. Dra. Edilma Pereira Gonçalves.

ABSTRACT

Piptadenia stipulacea (Benth.) Ducke is a typical tree of the caatinga, commonly known as jurema branca and easily found at roadsides, its wood is used in civil construction, fabrication of coal and also in forest restoration. Thus, this Research aimed to elaborate protocols on germination and vigor of *P. stipulacea* seeds. The experiments were carried out at the Seed Testing Laboratory from the Department of Agronomy of Federal Rural University of Pernambuco, Recife-PE. The fruits were collected from ten trees located at the experimental station of Farm Saco, which belongs to the IPA, Company of Agropecuary Research in Pernambuco, municipality of Serra Talhada, from July to August 2009 and 2010. In order to verify the effects of substrate and temperature it was used the entirely randomized experimental design and the treatments distributed into factorial arrangement 8x7 (eight temperatures: the constant ones of 10,15,20,25,30,35 and 40 °C and the alternated of 20-30 °C and sevens substrates: vermiculite, sand, coconut fiber, sugarcane bagasse, tropstrato[®], paper towel and blotting paper) with four repetitions of 25 seeds each and the averages were compared by the Scott-Knott test at 5% level of probability. The water stress was evaluated placing the seeds in the rolled paper substrate, moistened in polyethyleneglycol-6000, in the proportion of 2.5 times the weight of paper, using the following osmotic potential levels: 0; -0.05; -0.1; -0.2; -0.4; -0.6 e -0.8 MPa. In order to evaluate the saline stress, the seeds were placed in rolled paper substrate, moistened in NaCl, CaCl₂ e KCl solutions in the following concentrations: 0; 25; 50; 75; 100; 150 e 200 mM. The experimental design used in the experiments of water and saline stress was entirely randomized, with four repetitions of 25 seeds each and the data was submitted to variance and polynomial regression. It was ascertained that, in order to evaluate germination and vigor of jurema branca seeds, the following combinations can be used: temperature of 20°C and coconut fiber substrate, temperature of 25°C in paper towel, and alternated temperature 20-30°C and sugarcane bagasse and vermiculite substrates. The temperature of 35°C with the tested substrates is not recommended as well as the temperature of 40°C as there was death of the embryos. The water and saline stress affects more the speed than the percentage of seeds germination, regardless of the substance used to simulate the stress. PEG 6000 and the NaCl, KCl and CaCl₂ salts promoted relevant reduction in the germination and vigor of the seeds. The *P. stipulacea* seeds' tolerance to saline stress simulated by NaCl is low, with maximal limit of germinability at 150 Mm and is classified as glycophyte, with low salt tolerance.

Key words: germination, vigor, substrate, temperature, water stress, salinity.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o desmatamento no Brasil tem ocorrido de forma muito intensa e essa crescente e desordenada exploração dos recursos florestais vem desencadeando problemas e impactos ambientais de diferentes magnitudes. Entre os biomas brasileiros mais explorados e degradados encontra-se a Caatinga, que tem uma surpreendente diversidade de ambientes, proporcionada por uma variedade de tipos de vegetação, em geral caducifólia, xerófila e, por vezes, espinhosa, variando de acordo com o tipo de solo e a disponibilidade de água (SILVA et al., 2008a).

A partir da década de 80 houve um aumento considerável na utilização de sementes florestais, em virtude, principalmente, da necessidade de reflorestamento para produção de madeira e recuperação de áreas desmatadas e degradadas, cuja situação gerou uma motivação para realização de pesquisas com sementes de espécies arbóreas nativas, resultando na publicação de vários trabalhos (SANTOS e AGUIAR, 2000). No entanto, diante da grande diversidade de espécies nas florestas tropicais, o conhecimento sobre a tecnologia das sementes de espécies nativas ainda é bastante incipiente (DAVIDE et al., 2003).

Nesse contexto, o estudo de métodos adequados em análises de sementes para as espécies florestais tem merecido atenção no meio científico, visando obter informações que expressem a qualidade fisiológica da semente, tanto para sua preservação, como para a utilização dessas espécies para os mais variados interesses (ABREU et al., 2005). Para o manejo e conservação dessas espécies, torna-se ainda importante reunir informações que caracterizem os aspectos ecológicos para sua propagação porque, apesar do aumento apreciável no desenvolvimento de técnicas para proporcionar a melhor expressão do potencial germinativo das sementes, realizadas por meio de pesquisas nas últimas décadas, a maioria das espécies florestais nativas necessita de informações silviculturais, principalmente às relacionadas com as condições apropriadas para que suas sementes germinem (ANDRADE et al., 2000).

A análise de sementes envolve os procedimentos técnicos que deverão ser realizados de acordo com metodologias oficializadas pelo MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) ou por meio de laboratório por ele credenciado ou reconhecido (BRASIL, 2003). Os procedimentos recomendados para as espécies agrícolas e algumas nativas estão prescritos e padronizados nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). No entanto, para a maioria das sementes de espécies florestais nativas, como é o caso da *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke faltam padrões e metodologias adequados.

A *P. stipulacea* pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae. É uma espécie arbórea de pequeno porte, nativa da caatinga e amplamente distribuída na região

Nordeste do Brasil. Sendo considerada de grande interesse comercial, econômico e ambiental para a região pelas suas características de uso múltiplo (MAIA, 2004). Contudo, apesar de sua importância, pouco se sabe a respeito de suas necessidades ecofisiológicas. De acordo com Piña-Rodrigues et al. (2007), apesar dos avanços e esforços dos pesquisadores em sementes florestais, poucos foram os avanços em termos de consolidação técnica e política do setor.

Considerando o cenário de degradação em que se encontram os biomas brasileiros e da escassez de informações na literatura sobre protocolos para testes de germinação e vigor de sementes florestais nativas, torna-se necessária a realização de novos estudos, os quais são considerados importantes para uso em pesquisas sobre maturação fisiológica, secagem, armazenamento de sementes florestais, projetos de reflorestamentos de áreas degradadas e para indicação de metodologias e procedimentos a serem incluídos nas Regras para Análises de Sementes Florestais, ainda em fase de elaboração.

Diante da carência de estudos quanto às condições ótimas para germinação e avaliação do vigor de sementes de *P. stipulacea*, tornam-se indispensáveis maiores esforços para se obter informações que possam servir de subsídios para a análise e avaliação da qualidade das sementes e interpretação segura dos testes de germinação e vigor.

Conforme o exposto, o presente trabalho teve como objetivo a elaboração de protocolos para germinação e vigor de sementes de *P. stipulacea*, propondo procedimentos e metodologias para serem incluídos nas Regras para Análise de Sementes Florestais. Para tanto, foi verificado o desempenho germinativo das sementes e crescimento inicial das plântulas da espécie em estudo, sob diferentes temperaturas e substratos, estresses hídrico e salino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização da espécie

Ainda são muito escassas as informações sobre *Piptadenia stipulacea* Benth. Ducke. É uma árvore pequena, conhecida vulgarmente por jurema branca (FABRICANTE e ANDRADE, 2007) e carcará (FLORENTINO et al., 2007), com altura variando entre 2 e 4 m, casca castanho clara, com acúleos resistentes, cujas folhas são alternas, compostas, possuindo de 10 a 16 pares de pinas opostas, e 25 a 40 pares de folíolos oblongos de coloração verde-claro, as flores são de cor branca, de 4-8 cm de comprimento, o fruto é um legume de cor castanho-pálido, com 8-12 cm de comprimento, superfície ondulada nas áreas onde ficam as sementes, contendo de 2-12 sementes pequenas, ovais, de cor marrom (BEZERRA, 2008). A espécie é pioneira, facilmente encontrada na margem das estradas, típica da caatinga, que ocorre do Piauí até a Bahia (PEREIRA et al., 2001; BARBOSA et al., 2007).

A espécie é de uso múltiplo, sendo a madeira de cor clara usada na marcenaria, construção civil, obtenção de estacas para cercas, lenha industrial e para fabricação de carvão, na restauração florestal e nos sistemas agroflorestais tem papel importante na recuperação de solos, uma vez que é capaz de fixar nitrogênio, por meio de simbiose com certas bactérias, além disso, é indicada para recomposição florestal mista de áreas degradadas, bem como fornecer pólen e néctar para as abelhas e servir de forragem para caprinos (MAIA, 2004). Ainda segundo o autor, em relação a sua fenologia há perda das folhas na estação seca, a floração ocorre na época chuvosa, podendo ainda ocorrer no período seco, seguida pela frutificação que se estende até o final da estação seca.

2.2. Efeito do substrato na germinação

Dentre os principais aspectos utilizados como subsídios para o manejo de florestas nativas, o entendimento do processo de germinação, bem como dos diversos fatores que podem afetar tal evento, tem sido considerado de extrema relevância por facilitar tanto a compreensão da regeneração natural, quanto para tecnologia de sementes florestais (PACHECO et al., 2006). O principal atributo de qualidade a ser considerado é a capacidade germinativa das sementes, pois sem ela, a semente não tem valor para a semeadura e, dela também depende a qualidade das mudas e o sucesso de um reflorestamento (VALADARES e PAULA, 2008).

Nesse contexto, autores como Alves et al. (2008) relataram que o processo de germinação é um fenômeno biológico cuja ocorrência é determinada por um conjunto de condições específicas, dentre as quais encontra-se o substrato. Este deve ter a capacidade de manter a umidade, preservando as condições ideais para que o processo

germinativo ocorra (PIÑA-RODRIGUES e VIEIRA, 1988) e também favorecer o desenvolvimento posterior das plântulas (FIGLIOLIA et al., 1993). Segundo Martins et al. (2008), o substrato pode influenciar a germinação de forma direta, em função da sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água, propensão a infestação por patógenos, podendo favorecer ou prejudicar tal processo.

Nos testes realizados em laboratório, o substrato deve ser suficientemente umedecido para garantir o crescimento do embrião e a formação da plântula (GENTIL e TORRES, 2001), pois a deficiência de água impossibilita a sequência dos processos bioquímicos, físicos e fisiológicos que determinam a retomada do crescimento do embrião (MARCOS-FILHO et al., 1986). Por outro lado, o excesso de umidade é prejudicial por que dificulta a respiração, causando atraso e paralisação do desenvolvimento ou, ainda, anormalidades nas plântulas, provocando decréscimo na germinação, além de aumentar a incidência de fungos, levando à redução na viabilidade (MARCOS-FILHO et al., 1987; FIGLIOLIA et al., 1993).

Conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), na escolha do substrato para instalação de testes de germinação, devem ser levados em consideração alguns aspectos como: tamanho da semente, exigência com relação à quantidade de água, sensibilidade ou não à luz e facilidade que o substrato oferece para a realização das contagens e avaliação das plântulas. Dentre os substratos prescritos e recomendados nas Regras para Análise de Sementes, os mais utilizados são papel (toalha, filtro e mata-borrão), areia e solo (PACHECO et al., 2007). Apesar dos esforços por parte da comunidade científica testando vários outros substratos como Plantmax®, vermiculita e pó de coco (ALVES et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003; LACERDA et al., 2003), ainda, são escassas as recomendações para as sementes de espécies florestais nativas. Nesse sentido, Andriolo (1999) ressalta a importância e necessidade de se caracterizar materiais encontrados nas diferentes regiões do país para torná-los disponíveis como substratos. Dessa forma, materiais como o resíduo de sisal, bagaço de cana e pó de coco surgem como alternativas viáveis e ecologicamente corretas, principalmente em regiões com grande disponibilidade e fácil aquisição desses materiais, como é o caso da região Nordeste.

O substrato areia, mesmo sendo recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) tem algumas dificuldades para condução de testes de germinação devido rápida drenagem da água, o que causa conseqüentemente o ressecamento da parte superior do substrato, havendo a necessidade do reumedecimento frequente, além disso, o seu maior peso dificulta o manuseio das caixas plásticas (gerbox) no interior do germinador e não tem propriedades coloidais (FIGLIOLIA et al., 1993; ALVES et al., 2008).

Por outro lado, substratos como vermiculita e pó de coco, além de proporcionarem um bom desempenho germinativo das sementes, são leves, o que facilita o manuseio durante a condução dos testes e apresentam uma boa capacidade de retenção de água, o que favorece a manutenção da umidade por um período maior, não exigindo, portanto, um reumedecimento diário (SOUZA et al., 2007a).

Considerando que a extração de substratos como vermiculita, turfa ou mesmo areia lavada causa agressões ao meio ambiente, além do acúmulo de resíduos sólidos nos lixões e aterros sanitários, acarretando graves problemas ambientais (CARRIJO et al., 2002), a busca por alternativas que visem a substituição de substratos não renováveis por substratos orgânicos, como o bagaço de cana, pó de coco, resíduo de sisal, entre outros, são de fundamental relevância.

Nesse contexto, o bagaço de cana pode ser considerado um material promissor para utilização como substrato, pois se trata de um resíduo disponível em grande quantidade e porque mantém estáveis suas características físicas por um longo período (SILVA et al., 2008b).

Com relação ao pó de coco, o mesmo apresenta propriedades físicas, tais como alta porosidade, aeração e capacidade de retenção de água, que permitem a sua utilização como substrato, além disso, é considerado praticamente inerte, de baixo custo e fácil aquisição (CARRIJO et al., 2002). Dessa forma, a utilização desse substrato surge como uma alternativa economicamente viável, além de permitir a redução da deposição de resíduos sólidos no meio ambiente (ROSA et al., 2002), bem como redução de custos na aquisição de substratos de valores mais elevados e de difícil obtenção.

As sementes de algumas espécies são mais exigentes, com desempenho germinativo superior em apenas um tipo de substrato, a exemplo das de faveira-preta (*Parkia platycephala* Benth.) e jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul.) que devem ser semeadas entre areia (NASCIMENTO et al., 2003; LIMA et al., 2006), para outras sementes a amplitude de adaptação é maior, pois germinam bem em vários substratos, como é o caso daquelas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), cuja recomendação foi papel, areia, xaxim e algodão (PEREZ et al., 1999).

Para sementes de aroeira (*Myracrodunon urundeuva* Fr. All.), Pacheco et al. (2006) verificaram que a vermiculita e o pó de coco proporcionaram um bom desempenho germinativo, não havendo necessidade de reumedecimento diário durante a condução do experimento, considerando-os adequados para avaliação da qualidade fisiológica dessas sementes. Por outro lado, para sementes de olho-de-dragão (*Anadenanthera pavonina* L.), os substratos areia e pó de coco permitiram melhor desempenho germinativo (SOUZA et al., 2007a). Em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson), os substratos areia e papel foram considerados ideais para condução de

testes de germinação (MACHADO et al., 2002), enquanto Ramos et al. (2003) observaram que os substratos vermiculita e areia, umedecidos a 60% da capacidade de retenção de água foram os mais adequados para a condução do teste em sementes de ipê-felpudo (*Zeyhera tuberculosa* (Vell.) Bur.).

O substrato vermiculita + terra vegetal foi o mais indicado para adquirir mudas mais vigorosas de joazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) (MONIZ-BRITO e AYALA-OSUÑA, 2005). Alguns resultados satisfatórios para germinação de sementes com o substrato vermiculita vêm sendo observados em muitos trabalhos (NOGUEIRA et al., 2002; REGO et al., 2009). Em contrapartida, Iossi et al. (2003) não recomendaram a vermiculita, mas sim o esfagno como substrato para testes de germinação e vigor de sementes de tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'Brien).

Além do substrato, o processo de germinação é afetado por uma série de condições extrínsecas, as quais se destacam umidade, temperatura, luz e oxigênio. Entretanto, o conjunto dessas condições é essencial para que o processo se realize normalmente e, a ausência de uma dessas condições pode impedir ou dificultar a germinação da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

2.3. Efeito da temperatura na germinação

Entre os fatores ambientais externos envolvidos no processo de germinação incluem-se a temperatura, a qual é considerada como um fator de extrema importância para a germinação, por influenciar a velocidade de embebição e as reações bioquímicas que regulam o metabolismo necessário para o início da germinação (BRAGA et al., 1999; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; VALADARES e PAULA, 2008), podendo afetar a porcentagem final, a velocidade e a uniformidade do processo germinativo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). No entanto, o comportamento das sementes é diferenciado em resposta a esse fator, não havendo uma temperatura ótima e uniforme de germinação para as sementes de todas as espécies.

A temperatura considerada ótima é aquela em que ocorre o máximo de germinação, no menor espaço de tempo e as temperaturas máximas e mínimas são os pontos cruciais, em que acima e abaixo destes limites não ocorre germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). De acordo com Marcos-Filho (2005), as temperaturas máximas para sementes da grande maioria das espécies situam-se entre 35 e 40 °C e, as mínimas geralmente são inferiores a 15 °C, enquanto Borges e Rena (1993) relatam que as sementes de um grande número de espécies tropicais e subtropicais germinam na faixa entre 20 a 30 °C.

Os limites extremos de temperatura de germinação fornecem informações de interesse biológico e ecológico, sendo que para sementes de diferentes espécies há

faixas distintas de temperatura para a germinação (DAU e LABOURIAU, 1974; LABOURIAU e PACHECO, 1978), pois qualquer fator ambiental que ocorra em valores extremos pode causar um estresse biológico. Assim, altas temperaturas também podem ter consequências drásticas para as sementes, não somente porque a germinação pode não ocorrer, mas também porque a semente pode perder sua capacidade de germinar em temperaturas mais altas (HEYDECKER, 1973).

Para Bewley e Black (1994), a temperatura pode regular a germinação por três maneiras: determinando a capacidade e taxa de germinação; eliminando a dormência primária e secundária ou induzindo a dormência secundária. Os estresses produzidos por altas temperaturas podem levar à inibição térmica, à dormência térmica ou à perda de viabilidade. O primeiro caso refere-se às sementes que não geminam em altas temperaturas, mas o fazem quando transferidas para temperaturas ótimas; o segundo caso, à uma dormência induzida por altas temperaturas, que só é superada por tratamentos especiais antes de serem transferidas para baixas temperaturas (PEREZ e MORAES, 1991).

Os trabalhos realizados com sementes de espécies arbóreas nativas do Brasil, testando temperaturas constantes e alternadas têm demonstrado que dentro da faixa de 20 a 30 °C, as sementes que germinam bem em temperaturas constantes também têm bom desempenho germinativo em temperaturas alternadas. Esse comportamento foi constatado por Silva et al. (2002) em sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). As maiores porcentagens de germinação de sementes de favela (*Cnidoscylus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm) ocorreram na temperatura alternada de 20-30 °C (SILVA e AGUIAR, 2004).

Para sementes de algumas espécies foram definidas temperaturas ótimas para a germinação, a exemplo de 25 °C para estêvia (*Stevia rebaudiana* Bert.) (RANDI e FELIPPE, 1981), 30 e 35 °C para algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC) (PEREZ e MORAES, 1991), 25 e 30 °C para canudo de pito (*Mabea fistulifera* Mart.) (LEAL FILHO e BORGES, 1992), 28,1 e 30,2 °C para jangada-brava (*Heliocarpus popayanensis* L.) (BRANCALION et al., 2008) e 30 °C para cerejeira (*Amburana acreana* (Ducke) A.C. Sm.) (SILVA BELLO et al., 2008). Com relação às sementes de capixingui (*Croton floribundus* Spreng), a temperatura alternada de 20-30 °C proporcionou as maiores porcentagens de germinação, sendo indicada para condução de teste de germinação dessa espécie (ABDO e PAULA, 2006).

Quanto a influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev), Varela et al. (2005) observaram que a temperatura de 30 °C, juntamente com o substrato vermiculita, foi a combinação mais adequada para a germinação. Para sementes de barbatimão (*Stryphnodendron*

adstringens (Mart.) Coville) Martins et al. (2008) verificaram um maior percentual de germinação na temperatura de 25 °C, utilizando o substrato papel.

De acordo com Brancalion et al. (2010) o teste de germinação com sementes de espécies arbóreas brasileiras deve ser conduzido mediante o uso de temperatura constante de 25 °C para as espécies dos biomas Cerrado e Mata Atlântica e de 30 °C para as espécies do bioma Amazônia.

As sementes ainda constituem a via de propagação mais empregada na implantação de plantios, por isso a busca de informações sobre as condições ótimas para os testes de germinação das sementes, principalmente dando ênfase aos efeitos da temperatura, desempenha papel fundamental dentro da pesquisa científica e fornece informações valiosas sobre a propagação das espécies.

2.4. Efeito do estresse hídrico na germinação

No que se refere à influência dos fatores ambientais sobre o desenvolvimento dos vegetais, a tolerância ao estresse hídrico tem sido muito estudada, visando encontrar espécies mais resistentes ao período de seca. O período de germinação e estabelecimento das plântulas arbóreas é importante para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente em regiões onde a disponibilidade de água é limitada durante um período do ano. A capacidade das sementes de algumas espécies em germinar sob condições de estresse hídrico confere vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis à seca. Muitas pesquisas têm procurado avaliar a embebição de sementes pela determinação da pressão osmótica em solução salina, capaz de fazer cessar a absorção de água pela semente (LABOURIAU, 1983), com o intuito de determinar níveis críticos de germinação.

Durante o processo de germinação a água é o fator ambiental mais importante e está envolvida, direta ou indiretamente em todos os outros estágios subseqüentes do metabolismo da planta (STEFANELLO et al., 2006), pois a germinação se processa através da absorção de água pela semente mediante embebição, sendo a velocidade determinada pela sua disponibilidade, pela composição química da semente, permeabilidade do tegumento e qualidade fisiológica da semente (POPINIGIS, 1985; FANTI e PEREZ, 2004). Ainda segundo os autores, a água promove a reidratação dos tecidos e a intensificação da respiração e demais atividades metabólicas que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários e indispensáveis para a retomada do crescimento do eixo embrionário. Pelo fato de interferir na embebição e no alongamento celular do embrião, a diminuição do potencial hídrico do meio pode atrasar ou reduzir a taxa de germinação de sementes de muitas espécies (PEREZ et al., 2001). O estresse hídrico geralmente atua diminuindo a velocidade e a porcentagem de

germinação, mas existe grande variação entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais resistentes (BEWLEY e BLACK, 1994).

Estudos a respeito das relações hídricas são importantes para o conhecimento da biologia das sementes, uma vez que a habilidade das sementes ortodoxas tolerarem a dessecação pode servir como um mecanismo de sobrevivência durante longos períodos sob condições adversas, também tem sido um mecanismo adaptativo que permite a distribuição de plantas em climas hostis, pois sob baixos níveis de umidade no meio germinativo é comum o desenvolvimento de mecanismos protetores contra a dessecação ou para evitar a parada do desenvolvimento (BEWLEY e BLACK, 1994). Além disso, o conhecimento de como o estresse hídrico interfere na germinação tem um papel fundamental para a ecofisiologia na avaliação dos limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies, uma vez que os fatores ambientais são decisivos no processo de germinação (SOUSA, 2004).

Potenciais hídricos muito negativos reduzem o fluxo de água para célula, até o ponto extremo no qual a difusão de água por meio do simplasto cessa e o processo de germinação é diretamente afetado (SOUZA e CARDOSO, 2000). A disponibilidade e a velocidade do fluxo de água para a semente são determinadas pela diferença de potencial hídrico entre a semente e o solo (VILLELA et al., 1991).

Em condições de laboratório, estudos com a finalidade de verificar os efeitos do estresse hídrico na germinação vêm sendo realizados, utilizando-se soluções de manitol e polietileno glicol, pois estes compostos são quimicamente inertes e não-tóxicos às sementes (HARDEGREE e EMMERICH, 1994; ÁVILA et al., 2007). Os sais de alta solubilidade são os mais nocivos, porque as sementes, ao absorverem água, do substrato, absorvem também, os sais que, em excesso, provocam toxidez e, conseqüentemente acarretam distúrbios fisiológicos às sementes, produzindo decréscimo no potencial de germinação (TORRES et al., 2000).

Vários trabalhos têm sido conduzidos utilizando soluções de polietileno glicol com diferentes potenciais osmóticos para simular o estresse hídrico em sementes florestais, entre eles, destacam-se o de Jeller e Perez (2001), com canafístula-de-besouro (*Senna spectabilis* (D.C.) Irwin e Barneby); Fonseca e Perez (2003), com olho de dragão (*Adenantha pavonina* L.); Rosa et al. (2005), com timbó (*Ateleia glazioviana* Baill); Bakke et al. (2006), com jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret); Braga et al. (2008), com paricá (*Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke); Lima e Torres (2009), com joazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart) e Farias et al. (2009), com gliricidia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.).

2.5. Efeito do estresse salino na germinação

Além do estresse hídrico, a salinidade é uma condição de solo que ocorre principalmente em regiões semi-áridas, onde a baixa pluviosidade não permite a lixiviação do excesso de sais da camada de solo explorada pelos vegetais. A salinidade é um problema cada vez maior, pois com o aumento das áreas para fins de agricultura, a vegetação nativa é prejudicada, em consequência dos efeitos tóxicos e osmóticos dos sais na germinação e crescimento das plantas. Quanto aos mecanismos de adaptação à salinidade, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos referentes a mecanismos fisiológicos que levem à resistência das plantas a essa condição adversa do solo (CAMPOS e ASSUNÇÃO, 1990; FONSECA e PEREZ, 1999).

Um dos efeitos dos sais é a redução da porcentagem de germinação, a magnitude da redução desta variável, quando comparada ao controle serve como um indicador da tolerância da espécie à salinidade. As sementes são especialmente vulneráveis aos efeitos da salinidade, observando-se inicialmente uma diminuição na absorção de água, modificando conseqüentemente o processo de embebição. Cavalcante e Perez (1995) verificaram que a porcentagem e a velocidade de germinação de sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) foram inversamente proporcionais ao aumento da concentração de NaCl do meio, com supressão da germinação entre 300 e 330 mM de NaCl; além disso, a exposição das sementes ao estresse salino prolongado induziu dormência secundária nas sementes mais vigorosas.

Algumas espécies são pouco tolerantes a salinidade nos diversos estádios de desenvolvimento, incluindo o processo germinativo, as quais são conhecidas como glicófitas, enquanto aquelas mais tolerantes são denominadas halófitas (LARCHER, 2000). Entretanto, estas espécies respondem de maneira similar ao aumento da intensidade do estresse, variando apenas os limites de tolerância. A germinação ótima em sementes de halófitas ocorre frequentemente sob condições de água de baixa salinidade e a germinação da maioria das espécies é reduzida e retardada com aumento da salinidade, de modo que, a resposta pode variar muito dependendo da espécie.

Em sementes de joazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), Lima e Torres (2009) observaram maior redução na porcentagem e na velocidade de germinação quando as sementes foram submetidas ao estresse salino, de modo que o limite para germinação está entre -0,6 e -0,9 MPa. Pacheco et al. (2007) constataram que o aumento das concentrações de NaCl levaram a um decréscimo na germinação de sementes de pau de jangada (*Apeiba tibourbou* Aubl.), com germinação suprimida a 200 mM.

A porcentagem de germinação de sementes de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil.) não reduziu quando se utilizou os sais NaCl, KCl e CaCl₂, até o potencial osmótico de -0,4 MPa (FANTI e PEREZ, 2004). Dickman et al. (2005) estudando o efeito da

salinidade sobre a germinação de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) verificaram que o sal CaCl_2 inibiu de forma mais acentuada a germinação em relação ao NaCl. Trabalhando com sementes de grápia (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr.) Henicka et al. (2006) não observaram variação significativa na germinação até o potencial $-0,4$ MPa de NaCl, no entanto, houve redução da germinação à medida que os potenciais se tornaram mais negativos. Braga et al. (2009) constataram uma redução significativa na germinação de sementes de sucupira amarela (*Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth.) a partir do potencial de $-0,2$ MPa, nos sais NaCl e CaCl_2 .

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Condução do experimento

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes, do Departamento de Agronomia e no Laboratório de Sementes Florestais, do Departamento de Ciência Florestal, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE.

3.2. Obtenção de sementes

Os frutos de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke foram coletados diretamente de 10 árvores matrizes, com auxílio de podão, quando os mesmos dispersavam suas sementes. As árvores estavam localizadas em área de caatinga, na Estação Experimental da Fazenda Saco (7°59'00"S, 38°19'16"W), pertencente à Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), no município de Serra Talhada, no Sertão Pernambucano, entre os meses de julho a agosto de 2009 e 2010. Na estação as altitudes variam de 500 a 700 m (FERRAZ et al., 1998).

O clima da região é do tipo Bsw, segundo a classificação de Köppen (clima semi-árido e quente), com precipitação pluviométrica anual entre 600 e 700 mm e com temperatura média anual de 26°C (MELO, 1988). Após a coleta, os frutos foram encaminhados ao Laboratório de Sementes do Departamento de Agronomia, onde foi realizada a extração manual das sementes.

3.3. Determinações preliminares

3.3.1. Teor de água

A determinação do teor de água das sementes foi realizado pelo método padrão da estufa a 105 °C ± 3 °C (BRASIL, 2009), utilizando-se subamostras de 5 g de sementes da espécie em estudo, em quatro repetições. As sementes foram acondicionadas em cápsulas de alumínio de 6,0 cm de diâmetro, previamente pesadas. Logo após, nova pesagem foi realizada para obter o peso inicial, posteriormente foram postas para secar em estufa. Após 24 horas, as subamostras foram retiradas e colocadas em dessecador por aproximadamente dez minutos e pesadas em balança analítica com sensibilidade de 0,0001g para calcular a porcentagem do grau de umidade.

3.3.2. Peso de mil sementes

Para determinar o peso de 1000 sementes, foi efetuada a pesagem de oito subamostras de 100 sementes, em balança analítica com sensibilidade de 0,0001g. O peso de 1000 sementes foi calculado pela multiplicação por 10 do peso médio obtido nas

subamostras, segundo recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

3.3.3. Número de sementes por quilograma

O número de sementes por quilograma foi calculado a partir do resultado do item 3.3.2., por regra de três simples.

3.4. Experimento I: Efeito do substrato e temperatura

Antes da instalação dos experimentos, as sementes de *P. stipulacea* foram submetidas à escarificação mecânica, com lixa para massa nº120, no lado oposto a micrópila, para superação da dormência tegumentar (SILVA et al., 2009a).

As sementes foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 5%, durante 5 minutos, em seguida, lavadas com água corrente deionizada. Posteriormente, foram semeadas entre os substratos: vermiculita, areia, pó de coco, bagaço de cana-de-açúcar, Tropstrato®, papel toalha (organizado em rolos) e papel mata-borrão. Os substratos foram esterilizados em autoclave a 120°C por duas horas e colocados, posteriormente, em caixas plásticas transparentes (gerbox) de 11 x 11 x 3 cm, com tampa, sendo umedecidos com solução de nistatina a 0,2%, adotando-se 60% da capacidade de retenção de água dos substratos. Os substratos papel toalha e papel mata-borrão foram umedecidos com a mesma solução na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco.

Após a semeadura os gerbox foram conduzidos ao germinador do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.), sob luz contínua, utilizando-se temperaturas constantes de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C e alternada de 20-30 °C.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com os tratamentos distribuídos em arranjo fatorial 8 x 7 (oito temperaturas e sete substratos), em quatro repetições de 25 sementes cada. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software estatístico SISVAR (DEX/UFLA), versão 5.3/1999-2010. As médias foram comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Não houve necessidade de transformação dos dados, de acordo com os testes de normalidade e homogeneidade de variância.

3.5. Experimento II – Efeito do estresse hídrico

Para avaliação do estresse hídrico, as sementes da espécie em estudo foram submetidas à temperatura de 25 °C em *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.). Em seguida, foram realizados os testes de germinação e vigor, utilizando-se o substrato papel mata-borrão, distribuído em caixas plásticas transparentes (gerbox) de 11 x 11 x 3

cm, com tampa, umedecido com soluções de polietileno glicol (PEG 6000), nos seguintes níveis de potencial osmótico: 0; -0,05; -0,1; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa. Para simular o déficit hídrico, foram utilizadas as concentrações indicadas por Villela et al. (1991). O potencial osmótico de nível zero (0) foi aplicado à testemunha (controle), com a quantidade de água deionizada equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco.

Esta mesma quantidade de solução de PEG 6000 foi colocada para umedecer o papel mata-borrão, no início dos testes de germinação e a cada 48 horas, quando necessário foi realizada a troca do papel com novas soluções, para não alterar os potenciais.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em quatro repetições de 25 sementes cada. Para análise dos dados, foi utilizado o software estatístico ESTAT (FCA/UNESP), versão 2.0/2001. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial, empregando-se a equação que melhor se ajustou aos mesmos.

3.6. Experimento III – Efeito do estresse salino

Para avaliar o efeito do estresse salino, as sementes *P. stipulacea* foram semeadas entre o substrato papel mata-borrão, distribuído em caixas plásticas transparentes (gerbox) de 11 x 11 x 3 cm, com tampa, umedecido com soluções aquosas de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂) e cloreto de potássio (KCl), nas concentrações: 0; 25; 50; 75; 100; 150 e 200 mM, na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida as sementes foram colocadas em germinador tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.), regulado à temperatura de 25 °C.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em quatro repetições de 25 sementes cada. A análise dos resultados foi realizada com o auxílio do software estatístico ESTAT (FCA/UNESP), versão 2.0/2001. Foi realizada a análise de variância e regressão polinomial dos dados, utilizando-se a equação de melhor ajuste.

3.7. Características avaliadas

O número de sementes germinadas foi avaliado diariamente, adotando-se como critério de germinação, o surgimento do hipocótilo, com a conseqüente emergência dos cotilédones, que ocorreu aos dez dias após o semeio.

3.7.1. Germinação

A porcentagem de germinação correspondeu ao total de plântulas normais germinadas, desde a semeadura até o término do experimento, aos dez dias após a semeadura.

3.7.2. Vigor

O vigor foi determinado por meio da avaliação da primeira contagem, da velocidade de germinação, comprimento da raiz e parte aérea, massa seca da raiz e parte aérea e tempo médio de germinação.

3.7.2.1. Primeira contagem

Correspondeu à porcentagem de sementes germinadas no período de ocorrência das primeiras plântulas normais, dois dias após semeadura.

3.7.2.2. Velocidade de germinação

Essa variável foi determinada juntamente com o teste de germinação, cuja contagem das plântulas normais foi realizada diariamente, à mesma hora, a partir da primeira contagem até que o valor se tornou constante. Para o cálculo da velocidade de germinação foi utilizado o índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962), em que $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$, na qual $G_1, G_2 \dots G_n$ é igual ao número de sementes germinadas, e $N_1 + N_2 \dots N_n$ corresponde ao número de dias após a semeadura.

3.7.2.3. Comprimento da raiz e parte aérea

No final do experimento, com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, foram medidos os comprimentos da raiz primária e parte aérea das plântulas normais de cada repetição. O comprimento médio foi obtido somando-se as medidas de cada parte da plântula (raiz e parte aérea), em cada repetição, dividindo, a seguir, pelo número de plântulas normais mensuradas, sendo os resultados expressos em centímetros/plântula (NAKAGAWA, 1999).

3.7.2.4. Massa seca da raiz e parte aérea

Ao final do experimento, as plântulas normais anteriormente medidas em cada repetição foram acondicionadas em sacos de papel, previamente identificados e levadas à estufa de ventilação forçada, regulada a 80 °C, durante 24 horas. Após esse período, as plântulas de cada repetição foram retiradas da estufa, e pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g, sendo os resultados médios expressos em mg/plântula (NAKAGAWA, 1999).

3.7.2.5. Tempo médio de germinação

Foi calculado de acordo com a fórmula de Silva e Nakagawa (1995), com os resultados expressos em dias após a semeadura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes de *P. stipulacea* foi de 10,4%. O peso de mil sementes foi equivalente a 42,8 g (CV = 2,03%), o que corresponde a 23.364 sementes por quilo. O teor médio de água obtido está de acordo com os relatos de Bradbeer (1988), em que para maioria das sementes ortodoxas o teor de água é de cerca de 5 a 20% com base em sua massa fresca.

4.1. Efeito do substrato e temperatura na germinação

Pelos resultados obtidos na análise de variância, foi possível verificar que houve interação significativa ($P < 0,05$) entre temperatura e substrato para todas as variáveis avaliadas. De acordo com Figliolia et al. (1993), a interação significativa entre temperatura e substrato podem ser explicadas pela capacidade de retenção de água e a quantidade de luz que o substrato permite chegar à semente e podem ser responsáveis por diferentes respostas obtidas, até para a mesma temperatura.

Em relação à porcentagem de germinação (Tabela 1), constatou-se que a temperatura constante de 10 °C combinada com os substratos papel mata-borrão e papel toalha proporcionaram maiores porcentagens de germinação (92 e 89%, respectivamente), não diferindo estatisticamente das combinações: temperatura de 15°C e 20 °C, com o substrato entre pó de coco; 25 °C entre papel toalha e temperatura alternada de 20-30 °C com os substratos entre vermiculita e bagaço de cana. O substrato escolhido para ser usado nos testes de germinação está em função do tamanho das sementes, de suas exigências quanto à umidade e iluminação, bem como, da facilidade que oferece para a realização das contagens e avaliação de plântulas (MARCOS-FILHO et al., 1987).

A temperatura de 20-27 °C combinada com os substratos vermiculita, pó de coco e papel proporcionaram bons resultados sobre a germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) (PACHECO et al., 2006). Resultados diferentes foram encontrados por Araújo Neto et al. (2003) e Kopper et al. (2010), os quais observaram que a alternância de temperatura não favoreceu a germinação de sementes de monjoleiro (*Acacia polyphylla* DC.) e jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) no substrato papel filtro, respectivamente.

De modo geral, os resultados satisfatórios observados neste estudo, para germinação das sementes em relação ao substrato vermiculita tem sido verificado em vários outros trabalhos (NOGUEIRA et al., 2002; REGO et al., 2009). Este substrato, além de ter favorecido bons resultados é leve e de fácil manuseio. Andrade et al. (2000) verificaram, estudando a germinação de jenipapo (*Genipa americana* L.) em vermiculita, que substratos formados por partículas maiores apresentam maiores facilidades para

emergência das plântulas por apresentar maior espaço vazio, menor densidade e maior arejamento.

Esse comportamento foi constatado por Silva et al. (2002) com sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). Outras espécies, contudo, requerem temperatura alternada (20-30 °C) para que ocorra boa germinação, como verificaram Silva e Aguiar (2004) para sementes de favela (*Cnidoscylus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm). Nesse contexto, Oliveira et al. (1989) relataram que, sob temperaturas alternadas a germinação de sementes florestais é favorecida, pelo fato de simularem as flutuações térmicas do solo florestal em condições naturais.

Tabela 1 - Germinação (%) de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos. UFRPE/Recife, 2011.

Substratos	Temperaturas (°C)							
	10	15	20	25	30	35	40	20-30
EV	37 Dc	50 Cb	78 Ba	50 Cb	71 Ba	60 Ca	0 Ea	90 Aa
EA	45 Ac	37 Ac	50 Ab	15 Bd	11 Bc	19 Bd	0 Ca	50 Ac
EPMB	92 Aa	62 Ca	59 Cb	74 Ba	60 Ca	43 Db	0 Ea	76 Bb
EPC	57 Bb	71 Aa	83 Aa	64 Ab	43 Bb	19 Cd	0 Da	71 Ab
EBC	57 Bb	68 Ba	71 Ba	9 Dd	60 Ba	35 Cc	0 Da	83 Aa
EPT	89 Aa	73 Ba	65 Bb	83 Aa	64 Ba	70 Ba	0 Ca	75 Bb
ET	41 Bc	33 Bc	54 Ab	36 Bc	38 Bb	3 Ce	0 Ca	51 Ac

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%) = 20,71. Entre vermiculita (EV); Entre areia (EA); Entre papel mata-borrão (EPMB); Entre pó de coco (EPC); Entre bagaço de cana (EBC); Entre papel toalha (EPT); Entre Tropstrato® (ET)

O comportamento das sementes variou entre os substratos testados, entretanto, as sementes germinaram bem em temperaturas constantes, variando de 10 a 25 °C e na alternada de 20-30 °C. Ramos et al. (2006) comentaram que a temperatura ideal de germinação, geralmente, varia dentro da faixa de temperatura encontrada no local e na época ideal para a emergência e estabelecimento das plântulas.

Brancalion et al. (2010) sugerem que o teste de germinação com sementes de espécies arbóreas brasileiras seja conduzido mediante o uso de temperatura constante de 25 °C para as espécies dos biomas Cerrado e Mata Atlântica. Com relação aos substratos utilizados nos testes de germinação, os efeitos da disponibilidade de água estão estreitamente correlacionados com o substrato, sob o qual a semente foi dispersa ou quando submetidas a testes de germinação. Desse modo, algumas características do substrato devem ser observadas como: aeração, estrutura, capacidade de retenção de

água e o grau de infestação de patógenos, que tendem a variar de um substrato para outro (POPINIGIS, 1985).

No presente estudo a temperatura de 35°C proporcionou redução na germinação das sementes em todos os substratos testados e, quando utilizou-se a temperatura de 40 °C houve inibição total da germinação em todos os substratos testados. A germinação das sementes é um processo complexo que envolve muitas reações e fases, cada uma delas, afetada pela temperatura (MALAVASI, 1988).

Trabalhos realizados com espécies arbóreas nativas do Brasil, testando diferentes regimes de temperatura têm demonstrado que sementes que germinam bem em temperaturas constantes também têm bom desempenho germinativo em temperatura alternada.

Os resultados referentes à primeira contagem de germinação de *P. stipulacea*, no segundo dia após semeadura estão expressos na Tabela 2. Nas temperaturas de 10, 35 e 40 °C não foi observada germinação nos primeiros dias de avaliação em todos os substratos testados, enquanto as maiores porcentagens de germinação obtidas na primeira contagem foram alcançadas com as interações: temperatura de 20°C com o substrato pó de coco; 25 °C com os substratos papel mata borrão e papel toalha e temperatura alternada de 20-30 °C utilizando-se areia e bagaço de cana.

Tabela 2 - Primeira contagem (%) da germinação de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.

Substratos	Temperaturas (°C)							
	10	15	20	25	30	35	40	20-30
EV	0 Ca	20 Bc	14 Ba	22 Bb	38 Ab	0 Ca	0 Ca	25 Bb
EA	0 Da	24 Bc	9 Ca	15 Cb	11 Cc	0 Da	0 Da	42 Aa
EPMB	0 Da	51 Bb	8 Da	74 Aa	12 Cc	0 Da	0 Da	21 Cb
EPC	0 Aa	0 Ad	16 Aa	8 Ab	2 Ac	0 Aa	0 Aa	3 Ac
EBC	0 Da	15 Cc	0 Db	3 Db	33 Bb	0 Da	0 Da	50 Aa
EPT	0 Ca	64 Ba	0 Cb	80 Aa	64 Ba	0 Ca	0 Ca	55 Ba
ET	0 Aa	5 Ad	0 Ab	12 Ab	8 Ac	0 Aa	0 Aa	8 Ac

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%) = 62,27. Entre vermiculita (EV); Entre areia (EA); Entre papel mata-borrão (EPMB); Entre pó de coco (EPC); Entre bagaço de cana (EBC); Entre papel toalha (EPT); Entre Tropstrato® (ET)

Resultados similares foram constatados com estas combinações para outras espécies. Martins et al. (2008) verificaram para a espécie barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville), um maior percentual de germinação de suas sementes nos primeiros dias de avaliação na temperatura de 25 °C utilizando o substrato papel. As

temperaturas de 25 e 20-30 °C, juntamente com os substratos papel mata-borrão e areia, favoreceram a porcentagem de germinação de sementes de pau de jangada (*Apeiba tibourbou* Aubl.) (PACHECO et al., 2007). Em sementes de fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.), os melhores resultados para primeira contagem de germinação foram encontrados utilizando a temperatura de 25 °C e o substrato pó de coco (PACHECO et al., 2010).

Nos testes de germinação, a área de contato do substrato umedecido com a semente é muito importante e pode não ser crítica para a germinação total, mas afeta a velocidade de germinação (PETERSON e COOPER, 1979). De acordo com Carneiro e Guedes (1992), quanto maior o contato das sementes com o substrato, menor o tempo necessário para que a germinação total seja alcançada.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2009b) trabalhando com sementes de flor-de-seda (*Calotropis procera* (Aiton) R. Br.) na temperatura de 25°C combinada com o substrato papel toalha. Borges e Rena (1993) relataram que sementes de espécies florestais tropicais germinam melhor em temperaturas entre 20 e 30°C.

As melhores combinações para velocidade de germinação (Tabela 3) foram obtidas quando as sementes foram postas para germinar na temperatura de 20 °C nos substratos entre vermiculita (6,29) e pó de coco (6,59); na temperatura de 25 °C entre os substratos papel mata-borrão e papel toalha (9,25 e 10,25, respectivamente) e, na temperatura alternada de 20-30 °C, com o substrato entre bagaço de cana (8,92).

Tabela 3 - Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.

Substratos	Temperaturas (°C)							
	10	15	20	25	30	35	40	20-30
EV	1,71 Cb	4,72 Bc	6,29 Aa	5,00 Bb	5,59 Bb	2,88 Cb	0,00 Da	7,35 Ab
EA	2,02 Cb	3,98 Bd	4,05 Bb	1,88 Cd	1,37 Cd	1,02 Cc	0,00 Da	5,81 Ac
EPMB	3,51 Da	7,29 Bb	4,33 Cb	9,25 Aa	4,82 Cb	2,49 Db	0,00 Ea	6,86 Bb
EPC	2,22 Cb	4,28 Bd	6,59 Aa	5,65 Ab	3,62 Bc	0,85 Dc	0,00 Da	5,16 Ac
EBC	2,56 Cb	5,82 Bc	5,16 Bb	0,83 Dd	6,37 Bb	2,04 Cb	0,00 Da	8,92 Aa
EPT	4,39 Ca	8,65 Ba	4,77 Cb	10,25Aa	8,00 Ba	4,37 Ca	0,00 Da	8,54 Ba
ET	1,82 Bb	2,85 Ae	3,54 Ab	3,50 Ac	3,25 Ac	0,17 Cc	0,00 Ca	4,31 Ac

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%)= 22,67. Entre vermiculita (EV); Entre areia (EA); Entre papel mata-borrão (EPMB); Entre pó de coco (EPC); Entre bagaço de cana (EBC); Entre papel toalha (EPT); Entre Tropstrato® (ET)

Em geral, a temperatura considerada ótima é aquela em que ocorre o máximo de germinação no menor tempo (VALADARES e PAULA, 2008). Em sementes de *P.*

stipulacea foi observado que as temperaturas constantes 10, 20 e 25 °C e a alternada de 20-30 °C proporcionaram os maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação. Guimarães et al. (2007), trabalhando com sementes de araçarana (*Calyptranthes clusiifolia* (Miq.) O. Berg.), utilizando a temperatura de 25°C com os substratos areia, papel e vermiculita obtiveram maior velocidade de germinação.

No entanto, na temperatura de 25 °C ocorreu menor velocidade de germinação em sementes de cumaru (*Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith.) em todos os substratos testados (GUEDES et al., 2010), sendo que as temperaturas mais elevadas favoreceram a velocidade do processo de germinação, o que discorda dos resultados alcançados para a temperatura de 40 °C, que não houve germinação (Tabela 1) e como consequência, vigor (Tabelas 2 e 3).

Na temperatura de 30 °C a velocidade do processo germinativo foi favorecida quando se utilizou o substrato papel toalha, no entanto houve redução na velocidade de germinação quando as sementes foram submetidas à temperatura constante de 35 °C na maioria dos substratos testados, com exceção do papel toalha.

O índice de velocidade de germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) e coroa de frade (*Melocactus bahiensis* (Britton & Rose) Luetzelb.) foi maior quando se utilizou a temperatura de 25 °C (ALVES et al., 2002; LONE et al., 2007). Resultados similares foram obtidos com sementes de jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) semeadas sobre papel na temperatura constante de 25 °C (KOPPER et al., 2010).

A análise do tempo médio de germinação das sementes de *P. stipulacea* (Tabela 4) mostrou que o processo de germinação foi influenciado devido à variação da temperatura, ocorrendo atraso na germinação nas temperaturas mais baixas, aproximadamente seis dias em média, como foi constatado a 10 °C em todos os substratos testados.

Os menores tempos médios foram verificados quando as sementes foram submetidas às temperaturas constantes de 25 e 30 °C, semeadas entre os substratos areia, papel mata-borrão, papel toalha.

A avaliação do tempo médio de germinação é importante para se conhecer a ocupação de uma espécie em uma comunidade (FERREIRA et al., 2001). Em sementes de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook f. ex S.) o tempo médio de germinação foi satisfatório quando utilizou-se o substrato papel toalha em todas as temperaturas testadas (PACHECO et al., 2008). A temperatura de 30 °C promoveu o menor tempo médio de germinação de sementes de jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul.), quando semeadas no substrato areia (LIMA et al., 2006). Para sementes de murta (*Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg.) Rego et al. (2009) encontraram os menores

valores para o tempo médio de germinação nas temperaturas de 20 e 25 °C nos substratos papel toalha, vermiculita e areia.

Tabela 4 – Tempo médio de germinação (dias) das sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.

Substratos	Temperaturas (°C)							
	10	15	20	25	30	35	40	20-30
EV	5,50 Ab	2,86 Cb	3,33 Ca	2,71 Ca	2,31 Cb	4,55 Bb	0,00 Da	3,08 Ca
EA	5,65 Ab	2,51 Dc	3,31 Ca	2,00 Db	2,00 Db	4,55 Bb	0,00 Ea	2,25 Db
EPMB	6,78 Aa	2,16 Dc	3,67 Ca	2,00 Db	3,34 Ca	4,39 Bb	0,00 Ea	2,95 Ca
EPC	6,70 Aa	4,25 Ca	3,46 Da	2,88 Ea	2,99 Ea	5,57 Ba	0,00 Fa	3,60 Da
EBC	5,69 Ab	3,15 Cb	3,56 Ca	2,21 Db	2,44 Db	4,35 Bb	0,00 Ea	2,45 Db
EPT	5,08 Ab	2,21 Cc	3,57 Ba	2,03 Cb	2,00 Cb	4,00 Bc	0,00 Da	2,26 Cb
ET	5,71 Ab	2,96 Cb	4,03 Ba	2,64 Ca	3,08 Ca	3,50 Bc	0,00 Da	3,10 Ca

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%)= 15,29. Entre vermiculita (EV); Entre areia (EA); Entre papel mata-borrão (EPMB); Entre pó de coco (EPC); Entre bagaço de cana (EBC); Entre papel toalha (EPT); Entre Tropstrato® (ET)

Os valores do tempo médio de germinação obtidos neste trabalho assemelham-se aos encontrados por Silva Bello et al. (2008) para sementes de cerejeira (*Amburana acreana* (Ducke) A. C.Sm.), pois temperaturas mais baixas os autores verificaram retardamento no processo germinativo, enquanto em temperaturas mais altas as sementes germinaram de forma mais rápida. Bewley e Black (1994); Carvalho e Nakagawa (2000) mencionaram que baixas temperaturas podem resultar em menor velocidade de germinação em virtude da redução da atividade enzimática no metabolismo da semente, sendo que temperaturas mais altas acarretam uma maior velocidade no processo de absorção de água e intensificação das atividades enzimáticas e processo de germinação. Nesse contexto, Ferreira e Borghetti (2004) comentaram que o tempo necessário para que ocorra a germinação de uma determinada amostra de sementes depende, sobretudo, da espécie em estudo e das condições as quais foram submetidas.

A melhor condição para o crescimento da raiz primária (Tabela 5) foi encontrada quando se combinou a temperatura de 10 °C com o substrato entre papel mata-borrão; 20 °C utilizando areia e pó de coco; 25 °C com papel toalha; 30 °C com Tropstrato®; 35 °C juntamente com areia, papel mata borrão e bagaço de cana e a temperatura alternada de 20-30 °C utilizando-se vermiculita. Guedes et al. (2010) observaram que o substrato vermiculita, nas temperaturas constantes de 30 e 35°C e alternadas de 20-30 °C, proporcionou melhor crescimento da raiz primária das plântulas de *A. cearensis*.

Tabela 5 - Comprimento de raiz (cm) das plântulas oriundas da germinação de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.

Substratos	Temperaturas (°C)							
	10	15	20	25	30	35	40	20-30
EV	1,76 Ca	1,22 Cb	2,70 Ba	2,24 Bb	3,34 Ab	2,11 Ba	0,00 Da	3,56 Aa
EA	1,32 Ba	0,76 Cb	2,42 Aa	1,70 Bc	1,66 Bd	1,99 Aa	0,00 Da	2,30 Ab
EPMB	1,76 Aa	1,16 Bb	1,87 Ab	0,69 Cd	1,57 Bd	1,95 Aa	0,00 Da	2,22 Ab
EPC	0,77 Cb	0,87 Cb	2,41 Aa	1,79 Bc	2,65 Ac	1,94 Ba	0,00 Da	2,85 Ab
EBC	0,84 Bb	0,90 Bb	1,15 Ac	0,66 Bd	1,74 Ad	1,42 Aa	0,00 Ca	1,52 Ac
EPT	2,01 Ca	1,29 Db	3,03 Ba	3,52 Aa	2,70 Bc	1,90 Ca	0,00 Ea	1,11 Dc
ET	1,37 Ca	1,81 Ca	2,28 Ba	2,63 Bb	4,51 Aa	2,20 Ba	0,00 Da	2,65 Bb

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%)= 25,04. Entre vermiculita (EV); Entre areia (EA); Entre papel mata-borrão (EPMB); Entre pó de coco (EPC); Entre bagaço de cana (EBC); Entre papel toalha (EPT); Entre Tropstrato® (ET)

Na temperatura de 25 °C foi observada maior redução no desenvolvimento do sistema radicular das plântulas utilizando os substratos papel mata-borrão e bagaço de cana (0,69 e 0,66, respectivamente).

Possivelmente no substrato vermiculita houve maior aeração, o que agiliza o processo de utilização das reservas presentes nas sementes. Segundo alguns autores, a vermiculita é um substrato utilizado com resultados satisfatórios para a germinação de sementes de espécies florestais (FIGLIOLIA et al., 1993; SILVA et al., 2002), devido a características como leveza, fácil manuseio e a boa capacidade de retenção de água, não exigindo o umedecimento diário e, assim, proporcionando bom desempenho germinativo das sementes. Pacheco et al. (2007) observaram a melhor combinação para o comprimento da raiz primária quando as sementes de pau de jangada (*Apeiba tibourbou* Aubl.) foram submetidas à temperatura constante de 30 °C e semeadas sobre papel mata-borrão, areia, pó de coco e Tropstrato®.

Na Tabela 6, encontram-se os resultados do comprimento da parte aérea, pelos quais se constatou os menores valores nas temperaturas de 10 °C, comparando com as demais temperaturas, independente dos substratos testados e, a de 40 °C não foi verificado crescimento da parte aérea das plântulas.

As interações: temperaturas de 15, 25, 30 e 20-30 °C com vermiculita; temperatura de 30 °C e alternada de 20-30 °C empregando o substrato areia; temperaturas de 20, 30 e 20-30 °C utilizando como substrato o pó de coco; temperaturas de 15, 20, 30 e 20-30 °C juntamente com o substrato bagaço de cana; temperaturas de 20 e 20-30 °C em papel toalha; temperaturas de 25, 30 e 20-30 °C com o substrato Tropstrato® e ainda a

temperatura de 35 °C com papel mata-borrão proporcionaram os maiores comprimentos da parte aérea, não diferindo estatisticamente entre si (Tabela 6).

Tabela 6 - Comprimento da parte aérea (cm) das plântulas oriundas de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.

Substratos	Temperaturas (°C)							
	10	15	20	25	30	35	40	20-30
EV	2,37 Ca	4,82 Aa	4,60 Ab	5,09 Aa	4,88 Aa	3,59 Ba	0,00 Da	5,54 Aa
EA	2,33 Ba	3,18 Bc	4,62 Ab	3,95 Ab	4,43 Aa	3,19 Ba	0,00 Ca	4,67 Aa
EPMB	1,06 Cb	1,98 Bd	3,75 Ab	3,27 Ab	2,27 Bb	3,33 Aa	0,00 Da	3,32 Ab
EPC	1,80 Db	4,59 Ba	5,85 Aa	4,71 Ba	5,52 Aa	2,99 Ca	0,00 Ea	5,24 Aa
EBC	2,32 Ca	5,24 Aa	5,59 Aa	3,82 Bb	5,17 Aa	3,35 Ba	0,00 Da	5,39 Aa
EPT	2,62 Ca	4,15 Bb	5,60 Aa	4,20 Bb	4,24 Ba	4,05 Ba	0,00 Da	5,87 Aa
ET	2,17 Ba	4,01 Ab	4,52 Ab	4,41 Aa	4,96 Aa	2,93 Ba	0,00 Ca	5,02 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%)= 17,58. Entre vermiculita (EV); Entre areia (EA); Entre papel mata-borrão (EPMB); Entre pó de coco (EPC); Entre bagaço de cana (EBC); Entre papel toalha (EPT); Entre Tropstrato® (ET)

O bom desempenho do pó de coco em relação ao comprimento da parte aérea corroboram com os resultados obtidos por Silveira et al. (2002), que constataram um incremento da parte aérea das plântulas de tomateiro. Resultados semelhantes aos do presente estudo foram obtidos por Kissmann et al. (2008) quando observaram maior comprimento da parte aérea de plântulas de olho de dragão (*Anadenanthera pavonina* L.) oriundas de sementes submetidas a temperaturas de 30 e 20-30 °C, independentemente do substrato. Por outro lado, Pacheco et al. (2010) constataram maior comprimento da parte aérea de plântulas de fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) na temperatura de 30 e 35 °C utilizando papel toalha. Sales (2009) indicou a temperatura de 20-30 °C combinada com os substratos vermiculita e areia, para germinação e vigor de sementes de visgueiro (*Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp.). Trabalhando com angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), Rebouças (2009) verificou resultado semelhante ao obtido neste trabalho, em que a temperatura de 30 °C favoreceu o crescimento do hipocótilo no substrato pó de coco.

Na Tabela 7, observa-se que nas temperaturas mais baixas (10 a 20 °C), em todos os substratos testados, apenas foi constatada diferença estatística em relação à massa seca da raiz das plântulas quando as sementes foram semeadas entre os substratos pó de coco e Tropstrato® a 10 °C. Quando foi utilizada a temperatura de 25 °C e o substrato Tropstrato®, obteve-se a melhor combinação para massa seca da raiz das plântulas (3,43 mg/plântula). A temperatura de 30 °C proporcionou bons resultados de

massa seca da raiz na maioria dos substratos estudados, com exceção do papel mata-borrão e papel toalha.

Analisando a temperatura de 35 °C pode-se notar que nos substratos entre areia, pó de coco e Tropstrato® houve um aumento na massa seca do sistema radicular das plântulas. A temperatura alternada de 20-30 °C demonstrou resultados significativos de massa seca de raiz em quase todos os substratos testados, apenas, o papel mata-borrão e papel toalha não foram eficientes nessa temperatura(Tabela 7).

Tabela 7 – Massa seca da raiz (mg/plântula) das plântulas oriundas da germinação de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.

Substratos	Temperaturas (°C)							
	10	15	20	25	30	35	40	20-30
EV	1,36 Aa	1,93 Aa	2,00 Aa	1,86 Ab	2,14 Aa	1,72 Ab	0,00 Ba	2,34 Aa
EA	1,71 Aa	1,63 Aa	2,09 Aa	2,11 Ab	2,89 Aa	2,47 Aa	0,00 Ba	2,70 Aa
EPMB	1,28 Aa	1,58 Aa	1,50 Aa	0,89 Ab	0,80 Ab	1,47 Ab	0,00 Aa	0,99 Ab
EPC	0,54 Ba	1,54 Aa	1,60 Aa	1,68 Ab	2,08 Aa	2,13 Aa	0,00 Ba	2,04 Aa
EBC	0,96 Aa	1,18 Aa	1,47 Aa	1,23 Ab	2,28 Aa	1,78 Ab	0,00 Ba	1,58 Aa
EPT	1,47 Aa	1,44 Aa	1,86 Aa	1,71 Ab	0,96 Ab	1,25 Ab	0,00 Ba	0,54 Bb
ET	1,24 Ba	2,54 Aa	1,88 Aa	3,43 Aa	2,60 Aa	2,76 Aa	0,00 Ca	2,00 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%)= 47,74. Entre vermiculita (EV); Entre areia (EA); Entre papel mata-borrão (EPMB); Entre pó de coco (EPC); Entre bagaço de cana (EBC); Entre papel toalha (EPT); Entre Tropstrato® (ET)

As raízes tiveram bom desenvolvimento em condições mais amplas de temperatura e substrato, provavelmente pelo fato de se encontrarem protegidas pelos substratos, os quais ofereceram condições adequadas ao crescimento das mesmas (GUEDES et al., 2010).

Na temperatura de 25 °C constatou-se maior massa seca nas plântulas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, independente do substrato (ALVES et al., 2002). A esse respeito, Pacheco et al. (2010) verificaram que as melhores combinações para sementes de *Dimorphandra mollis* foram temperatura de 25 °C, com substrato papel toalha, seguido pela areia, fibra de coco e vermiculita nas temperaturas de 30 e 35 °C.

Avaliando a massa seca da parte aérea das plântulas (Tabela 8) pode-se verificar que em todas as temperaturas foram observados valores significativos nos substratos estudados. Na temperatura de 10 e 20 °C não houve diferença estatística entre os substratos utilizados. A temperatura de 15°C e os substratos entre areia e papel mata-borrão proporcionaram valores mais baixos quando comparados com a massa seca das plântulas dos demais substratos.

Tabela 8 – Massa seca da parte aérea (mg/plântula) das plântulas oriundas da germinação de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. submetidas a diferentes temperaturas e substratos, UFRPE/Recife, 2011.

Substratos	Temperaturas (°C)							
	10	15	20	25	30	35	40	20-30
EV	3,84 Ba	7,65 Aa	4,85 Ba	8,69 Aa	7,35 Aa	4,02 Ba	0,00 Ca	6,84 Aa
EA	4,36 Ba	5,46 Bb	5,31 Ba	7,55 Aa	6,32 Aa	4,59 Ba	0,00 Ca	5,91 Aa
EPMB	2,35 Ba	4,67 Ab	5,31 Aa	5,42 Ab	4,87 Ab	4,19 Aa	0,00 Ca	3,55 Ab
EPC	3,56 Ca	8,09 Aa	6,12 Ba	8,13 Aa	7,94 Aa	4,49 Ca	0,00 Da	5,49 Ba
EBC	4,32 Ba	7,46 Aa	6,47 Aa	7,27 Aa	6,10 Aa	4,87 Ba	0,00 Ca	5,58 Ba
EPT	3,82 Ba	6,50 Aa	5,88 Aa	5,86 Ab	1,92 Cc	2,29 Cb	0,00 Da	4,48 Bb
ET	4,05 Ca	7,39 Aa	6,54 Ba	9,15 Aa	8,10 Aa	5,28 Ca	0,00 Da	6,29 Ba

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV (%)= 25,95. Entre vermiculita (EV); Entre areia (EA); Entre papel mata-borrão (EPMB); Entre pó de coco (EPC); Entre bagaço de cana (EBC); Entre papel toalha (EPT); Entre Tropstrato® (ET)

Na temperatura de 25 °C foram observados os maiores valores para massa seca da parte aérea das plântulas quando se utilizou os substratos entre vermiculita, areia, pó de coco, bagaço de cana e Tropstrato® (8,69; 7,55; 8,13; 7,27 e 9,15 mg/plântula, respectivamente), enquanto as plântulas de menor massa seca foram provenientes de sementes semeadas entre papel mata-borrão e papel toalha.

Na temperatura de 30 °C é importante ressaltar que os substratos entre papel mata-borrão e papel toalha não foram adequados para incrementar o desenvolvimento da parte aérea das plântulas de *P. stipulacea*. A mesma observação pode ser feita a respeito da temperatura de 35 °C com o uso do substrato papel toalha. A massa seca da parte aérea das plântulas foi menor na temperatura alternada de 20-30 °C quando se utilizou os substratos papel mata-borrão e papel toalha (Tabela 8).

Resultados semelhantes foram obtidos por Alves et al. (2002), os quais observaram que na temperatura de 25 °C, independente do substrato utilizado, foi encontrado o maior valor de massa seca de plântulas de *Mimosa caesalpiniaefolia*. Rosseto et al. (2009) verificaram maior massa seca de plântulas de *Parkia pendula* verificou maior massa seca de plântulas na temperatura de 35 °C semeadas em papel toalha.

Valadares e Paula (2008) observaram os melhores resultados de massa seca das plântulas de coração-de-negro (*Poecilanthe paviflora* bentham) utilizando as mesmas temperaturas testadas neste estudo.

4.2. Efeito do estresse hídrico

O estresse hídrico promovido por soluções de PEG 6000 exerceu efeito negativo para maioria das variáveis analisadas neste estudo.

A germinação (Figura 1A) manteve-se acima de 70% até -0,1 MPa, Entretanto houve um declínio gradativo com a redução do potencial osmótico além desse valor, atingindo 50% em -0,2 MPa e com valores nulos no potencial osmótico de -0,8 MPa.

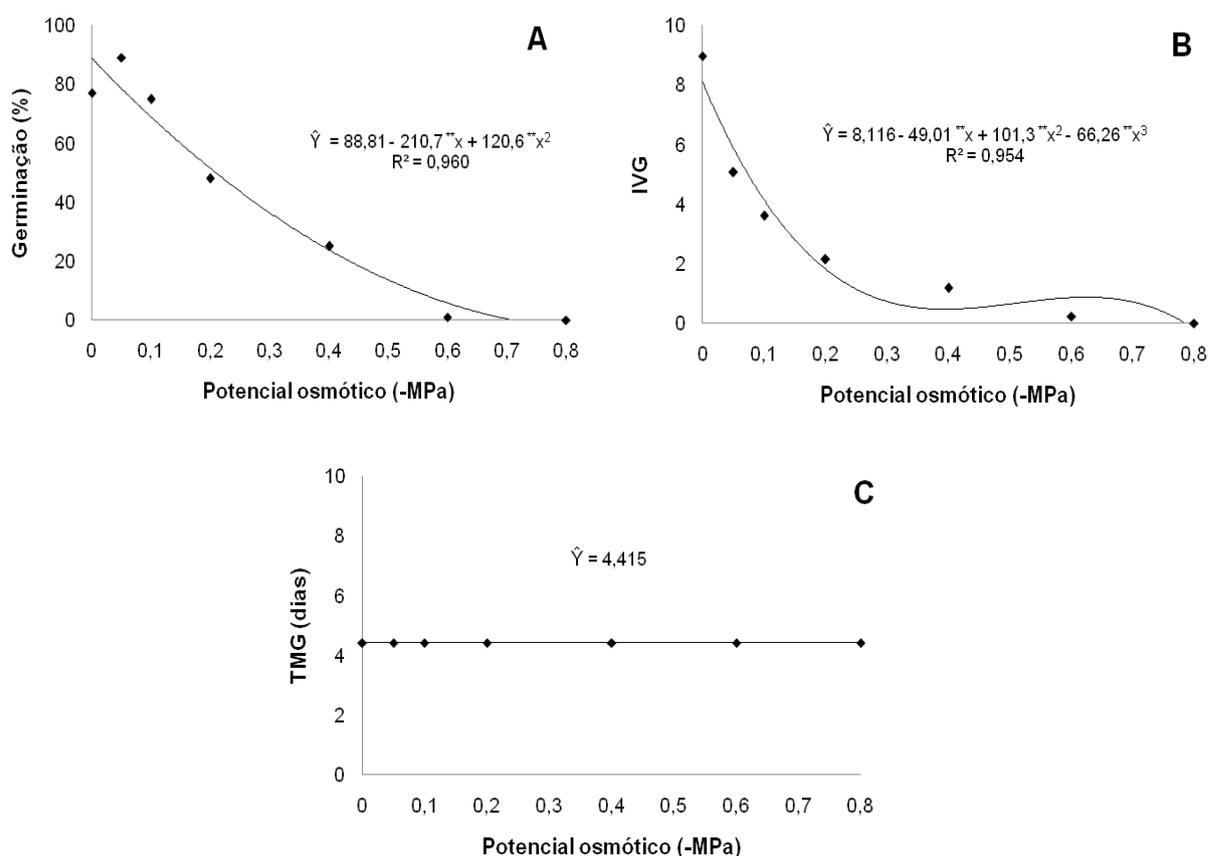


Figura 1. Porcentagem de germinação (A), Índice de velocidade de Germinação (IVG) (B), Tempo Médio de Germinação (TMG) (C) de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, em função de diferentes potenciais osmóticos em solução de polietileno glicol (PEG 6000). UFRPE/Recife, 2011.

Este comportamento pode ser atribuído a redução da absorção de água pelas sementes e não a um efeito tóxico do PEG, uma vez que tal efeito não tem sido relatado na literatura, sendo este composto considerado inerte e não tóxico (BRACCINI et al., 1998). Embora o PEG não seja absorvido devido o seu alto peso molecular, as soluções preparadas com este composto podem ter uma viscosidade elevada, que aliada à baixa difusão de O₂ pode comprometer a disponibilidade de oxigênio para o processo germinativo das sementes (BRACCINI et al., 1996; YOON et al., 1997).

Outro fato que pode estar relacionado com o decréscimo na taxa de germinação de sementes de *P. stipulacea* submetidas ao déficit hídrico mais acentuado, é o prolongamento da fase estacionária do processo de embebição, em virtude da menor atividade enzimática, o que segundo Falleri (1994) pode resultar em menor desenvolvimento meristemático, ocasionando um atraso na protrusão da raiz primária.

Resultado similar aos obtidos neste trabalho foi observado por Lima e Torres (2009), ao testar o PEG como agente osmótico em sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart, os quais constataram que o limite de germinação situou-se entre -0,6 e -0,9 MPa. Em *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. observou-se que o percentual de germinação reduziu significativamente a partir de -0,5 MPa, ao passo que em potenciais mais negativos (-1,5 e -2,0 MPa) não houve germinação (FARIAS et al., 2009).

O efeito do estresse osmótico na germinação de sementes tem sido alvo de vários estudos, os quais têm demonstrado uma ampla faixa de tolerância entre as mesmas, tanto para arbóreas como herbáceas de importância agrônômica e silvicultural. Estudando o efeito de diferentes potenciais osmóticos na germinação de sementes de *Senna spectabilis* (D.C.) Irwin e Barneby, Jeller e Perez (2001) verificaram ausência de germinação no potencial de -0,8 MPa. A germinação das sementes de *Anadenanthera pavonina* L. (FONSECA e PEREZ, 2003), *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret (BAKKE et al., 2006) e de *Ateleia glazioviana* Baill (ROSA et al., 2005) foi sensível ao estresse hídrico simulado pelo PEG, em potenciais mais negativos. Braga et al. (2008) observaram um decréscimo significativo na germinação de sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) a partir do potencial de -0,1 MPa em soluções de PEG, sendo esta inibida em -0,3 MPa.

O aumento do déficit hídrico por meio do incremento nas concentrações de PEG na solução foi responsável por decréscimos significativos nos índices de velocidade de germinação (Figura 1B), verificando-se maior velocidade de germinação (8,98) nas sementes que não foram submetidas ao estresse hídrico (testemunha), havendo uma redução gradual com o aumento das concentrações de PEG, alcançando zero em -0,8 MPa. Desta forma há evidências que as sementes necessitaram de maior tempo de embebição e germinação, resultando assim, em menor velocidade de germinação.

A velocidade de germinação das sementes de *P. stipulacea* foi mais sensível ao estresse hídrico do que a percentagem final de germinação. Este comportamento tem sido observado em outros estudos como Tambelini e Perez (1998) em sementes de *Stryhnodendron polyphyllum* Mart. e, Silva et al. (2001) para sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. Quando as condições ambientais se desviam das mais adequadas é necessário o uso de testes de vigor para identificação do potencial fisiológico, pois estes

permitem maior sensibilidade na diferenciação do potencial de desempenho das sementes (TILLMANN e MIRANDA, 2006).

Em condições de estresse hídrico tanto a porcentagem como a velocidade de germinação podem ser reduzidas, existindo, contudo, um amplo espectro de tolerância entre as sementes das espécies, desde aquelas muito sensíveis até as mais tolerantes (BEWLEY e BLACK, 1994).

Diversos trabalhos têm demonstrado redução na velocidade de germinação a medida que o potencial osmótico torna-se mais negativo. Delachiave e Pinho (2003) observaram maior tempo requerido para germinação de sementes *Senna occidentalis* Link, quando o potencial osmótico foi reduzido até -0,2 MPa. Comportamento similar foi observado em sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret (BAKKE et al., 2006), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (FARIAS et al., 2009) e *Crataeva tapia* L. (GALINDO, 2010).

Para os valores de tempo médio de germinação, não foi verificado efeito significativo de ordem linear, quadrática ou cúbica (Figura 1C). Ao contrário do observado por Oliveira e Gomes-Filho (2009), avaliando o efeito do estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de dois genótipos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), os quais observaram aumentos significativos no tempo médio de germinação, com a maior restrição hídrica. Moterle et al. (2006) também relataram atraso na germinação de sementes de cultivares de milho-pipoca (*Zea mays* L.) submetidas ao estresse hídrico simulado por PEG 6000.

Quanto ao comprimento da raiz primária de plântulas de *P. stipulacea* (Figura 2A), os dados se ajustaram a modelos de resposta quadrática, alcançando o máximo de crescimento (3,18 cm) no nível de potencial osmótico de -0,4 MPa, comportamento distinto foi observado para o comprimento da parte aérea (Figura 2B). Ávila et al. (2007) relataram que este comportamento pode está relacionado ao fato de que plantas submetidas a condições de estresse hídrico apresentam maior desenvolvimento da raiz como estratégia para absorver água em maiores profundidades. Entretanto, foi observado que acima de -0,4 MPa houve uma redução significativa no crescimento radicular das plântulas. De acordo com Kramer e Kozlowski (1972), a absorção permanente de água é essencial à contínua expansão celular, uma vez que o crescimento das células cessa mesmo quando estas se encontram ligeiramente plasmolisadas.

O comprimento da parte aérea se comportou de forma distinta daquele observado para o comprimento da raiz, havendo decréscimo significativo nos valores desta característica à medida que os potenciais se tornaram mais negativos (Figura 2B).

De acordo com Taiz e Zeiger (2006) a deficiência hídrica além de afetar o processo germinativo das sementes, ocasiona redução no crescimento de plântulas pelo fato de diminuir a expansão celular.

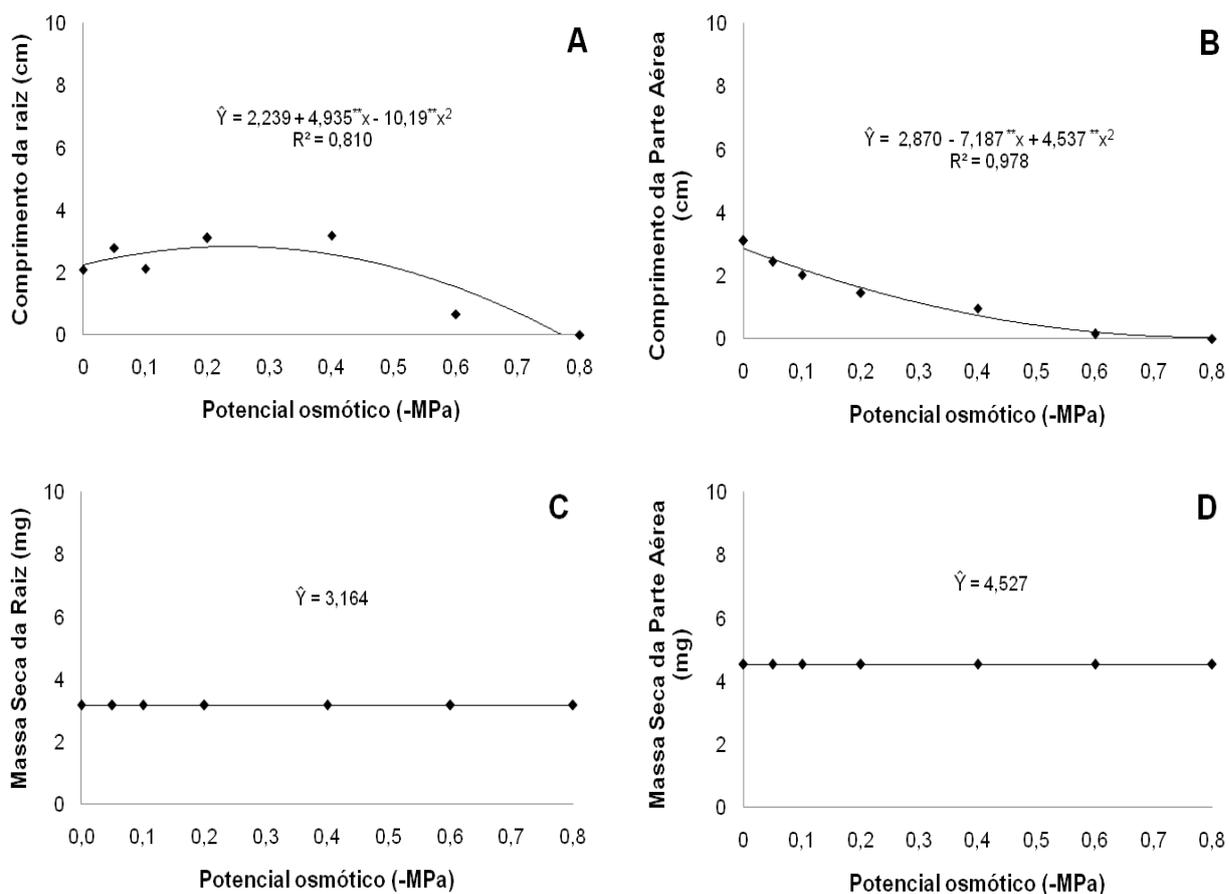


Figura 2. Comprimento da raiz (A), comprimento da parte aérea (B), massa seca da raiz (C), massa seca da parte aérea (D) de plântulas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, em função de diferentes potenciais osmóticos em solução de polietileno glicol (PEG 6000). UFRPE/Recife, 2011.

O comprimento da parte aérea de plântulas de joazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) foi reduzido significativamente com a redução do potencial osmótico, não tendo crescimento satisfatório a partir de -0,6 MPa (LIMA e TORRES, 2009). O potencial osmótico de -0,6 MPa afetou significativamente o crescimento das plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., resultando no menor de comprimento das mesmas (CARVALHO et al., 2007).

Para os resultados referentes à matéria seca da raiz e parte aérea de plântulas obtidas neste estudo (Figura 2C, D) constatou-se um padrão similar ao observado para o tempo médio de germinação, para os quais os dados não se ajustaram a modelos de regressão polinomial. No entanto, em outros trabalhos constatou-se efeito negativo do estresse hídrico, simulado por diferentes potenciais e agentes osmóticos, sobre o

crescimento e desenvolvimento das plântulas. Moraes et al. (2005) verificaram decréscimo da matéria seca das plântulas de *Phaseolus vulgaris* L. quando o potencial osmótico da solução de PEG foi reduzido.

Para pepino (*Cucumis sativus* L.) também houve redução significativa na massa seca das plântulas a partir do potencial osmótico de -0,2 MPa (TORRES et al., 1999). A massa seca de soja (*Glycine max* L.) decresceu em função da restrição hídrica (MORAES e MENEZES, 2003).

As sementes de *P. stipulacea* demonstraram-se tolerantes as restrições hídricas nas fases iniciais da germinação. Segundo Galindo (2010), este fato tem importância ecológica, pois confere caráter adaptativo, proporcionando elevada capacidade de estabelecimento de suas plântulas em áreas onde as mais sensíveis à seca não são capazes de sobreviver. Pelo fato da referida planta ser pioneira e rústica e estar enraizada na cultura dos habitantes do Nordeste, as informações contidas neste trabalho tornam-se importantes por contribuírem para ampliação e conservação da diversidade biológica das espécies nativas da caatinga.

4.3. Efeito do estresse salino

A porcentagem de germinação (Figura 3) de sementes de *P. stipulacea* reduziu significativamente a partir da concentração de 25 mM em todos os sais testados, sendo que quando foram submetidas à solução de NaCl observou-se maior efeito do estresse, pois a partir de 25 mM ocorreu decréscimo no poder germinativo das sementes, com valores nulos de germinação na concentração de 200 mM. Para o CaCl_2 e KCl a redução na germinação ocorreu de forma gradativa à medida que houve o aumento das concentrações.

O efeito do NaCl sobre a germinação foi semelhante ao observado em sementes de *Mimosa tenuiflora* ((Willd.) Poiret) por Bakke et al. (2006), cuja germinação foi baixa na concentração de 150 mM, sendo classificada pelos autores como glicófito. Segundo Tobe et al. (2000) a diminuição do percentual de germinação devido ao aumento do estresse salino pode estar relacionada tanto com o efeito osmótico (seca fisiológica produzida), como ao efeito tóxico, ocasionado pela alta concentração de íons no protoplasma. Entretanto, o decréscimo na germinação está relacionado à maior ou menor tolerância à salinidade que cada espécie possui (LARCHER, 2000).

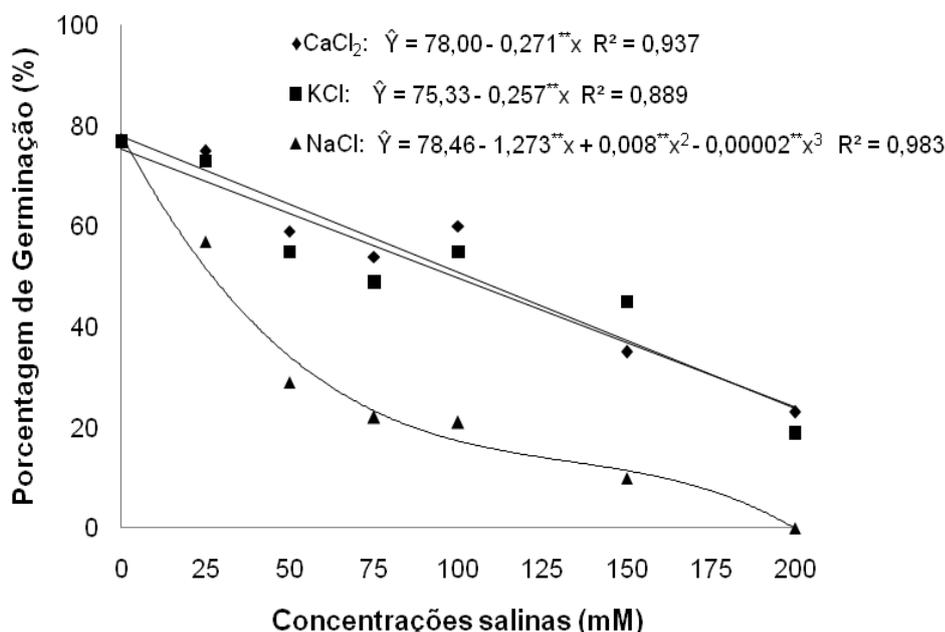


Figura 3. Porcentagem de germinação de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl_2 , KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.

A germinação de sementes de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil.) não foi afetada quando se utilizou os sais NaCl, KCl e CaCl_2 , até o potencial osmótico de -0,4 MPa, contudo, a partir de -0,6 MPa foram verificadas reduções significativas na viabilidade

(FANTI e PEREZ, 2004). Diferente dos resultados obtidos nesse estudo, Jeller e Perez (1997) e Dickman et al. (2005) constataram que o sal CaCl_2 inibiu de forma mais acentuada a germinação de sementes de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e girassol (*Helianthus annuus* L.) que o NaCl. Braga et al. (2009) verificaram que a germinação de sementes de sucupira amarela (*Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth.) foi reduzida significativamente a partir do potencial de -0,2 MPa, nos sais NaCl e CaCl_2 .

As sementes de grápia (*Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr.) germinaram sem variação significativa até o potencial -0,4 MPa de NaCl, porém houve redução da germinação à medida que os potenciais se tornaram mais negativos (HENICKA et al., 2006). Segundo Prisco et al. (1981) os sais impedem a mobilização de reservas, podendo, seus efeitos comprometerem a atividade enzimática responsável pela hidrólise e translocação das substâncias de reserva para o eixo embrionário, afetando deste modo a germinação. Dessa forma, a ocorrência excessiva de sais solúveis no substrato ocasiona redução do potencial osmótico e, como consequência, diminuição do gradiente de potencial hídrico entre o substrato e a semente, impedindo a embebição e afetando o processo germinativo (O'LEARY, 1995).

A velocidade foi mais afetada que a porcentagem final de germinação pelo aumento dos níveis de sais na solução (Figura 4), alcançado-se mais de 50% de redução significativa a partir de 25 mM nos três sais testados. Ainda foram observadas reduções mais acentuadas no índice de velocidade de germinação (IVG) à medida que as concentrações se elevaram, destacando-se mais uma vez o efeito mais prejudicial do NaCl que ocasionou velocidade de germinação inferior ao observado para soluções de CaCl_2 e KCl. Flowers (2004) relatou que a diminuição da absorção de água e a entrada dos íons que provocam efeitos tóxicos às sementes, especialmente o Na^+ e o Cl^- são as principais causas da redução da velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos, enquanto para Franco et al. (1999), os íons Ca^{2+} são importantes para manutenção da membrana plasmática e contribuem para diminuição do extravasamento de K^+ , o qual é responsável pela síntese de proteínas, amido e ativação de várias enzimas no processo germinativo.

Resultados similares aos obtidos para o índice de velocidade de germinação (IVG) foram observados por Cavalcante e Perez (1995); Bakke et al. (2006); Farias et al. (2009), os quais constataram que a velocidade de germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., respectivamente, foi inversamente proporcional ao aumento da concentração de NaCl no meio. Pacheco et al. (2007), verificaram que o aumento das concentrações de NaCl levaram a um decréscimo na germinação de sementes de pau de jangada (*Apeiba tibourbou* Aubl.), não sendo notada germinação a 200 mM. O mesmo ocorreu com

sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) a partir de 45 e 60 mM de NaCl (DUARTE et al., 2006).

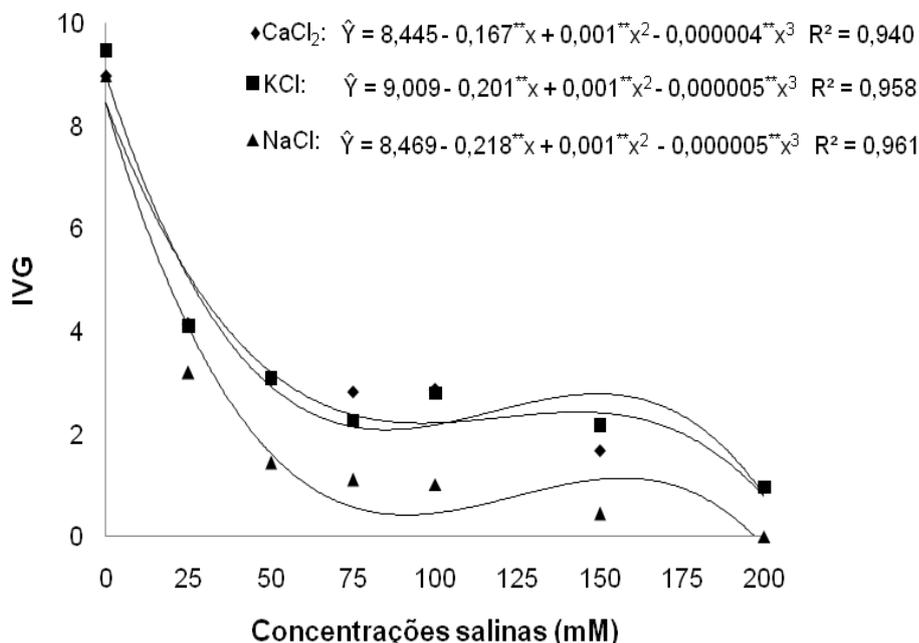


Figura 4. Índice de Velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.

Pelos dados do tempo médio de germinação foi possível observar que o aumento da concentração de sais promoveu atraso na germinação das sementes de *P. stipulacea* (Figura 5), sendo que os mesmos se ajustaram a equações de regressão quadráticas (CaCl₂ e NaCl) e cúbica (KCl), com incremento no tempo médio de germinação das sementes a partir de 25 mM. Oliveira e Gomes-Filho (2009) obtiveram resultados semelhantes em sementes de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) quando houve acréscimo na concentração de NaCl.

O comportamento do tempo médio de germinação pode ser explicado pelo fato, de que quando há restrição na disponibilidade hídrica, a absorção de água pela semente se torna lenta e, de acordo com Lopes et al. (1996a) a falta de água no início do processo germinativo pode causar um bloqueio da emissão da raiz primária ou até morte do embrião. Para Larcher (2000), outro fato importante que poderia explicar o efeito negativo dos sais sobre a velocidade do processo germinativo é que a água pode ser retida pelo efeito osmótico ocasionado por soluções salinas e, além disso, nos casos em que a quantidade de sais ultrapassam o nível que a planta tolera poderá ocorrer distúrbios funcionais pelo efeito do sal no protoplasma.

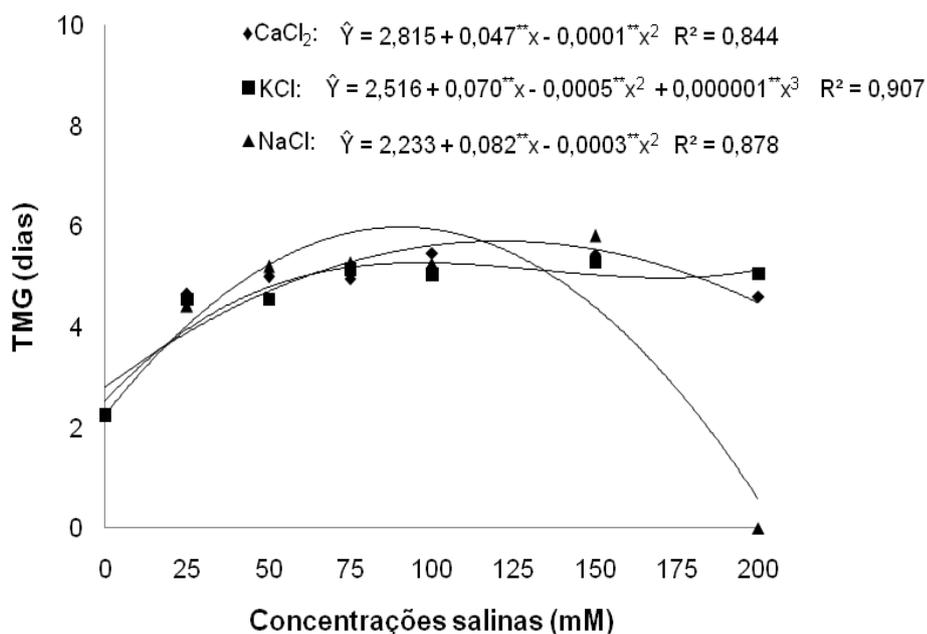


Figura 5. Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.

As ações de elementos tóxicos podem causar alterações fisiológicas na planta, sendo que a capacidade de adaptação dos vegetais superiores à salinidade vai depender da constituição fisiológica e do estágio de crescimento da planta (NOBREGA NETO et al., 1999).

Os dados de comprimento da raiz primária das plântulas não se ajustaram a equações de regressão que expliquem o comportamento do CaCl₂ (Figura 6). O aumento das concentrações de sais proporcionados pelo NaCl e KCl, resultaram em comportamentos semelhantes aos obtidos nas demais variáveis avaliadas, uma vez que quando ocorreu acréscimo de sais na solução houve reduções no comprimento da raiz. No entanto, constatou-se que na concentração de 200 mM, o KCl proporcionou redução de 28,8%, sendo menor que a encontrada para o NaCl, que ocorreu inibição total do comprimento da raiz.

O vigor de plântulas de milho (*Zea mays* L.) submetidas ao estresse salino foi idêntico ao encontrado neste trabalho, para o comprimento da raiz e parte aérea, utilizando os potenciais osmóticos de -0,4; -0,8; -1,2 e -1,6 MPa (89, 178, 268 e 357 mM, respectivamente) e os mesmos sais testados (CONUS et al., 2009). Torres et al. (2000) observaram redução no comprimento das plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.), a partir do potencial osmótico -0,4 MPa em soluções de NaCl.

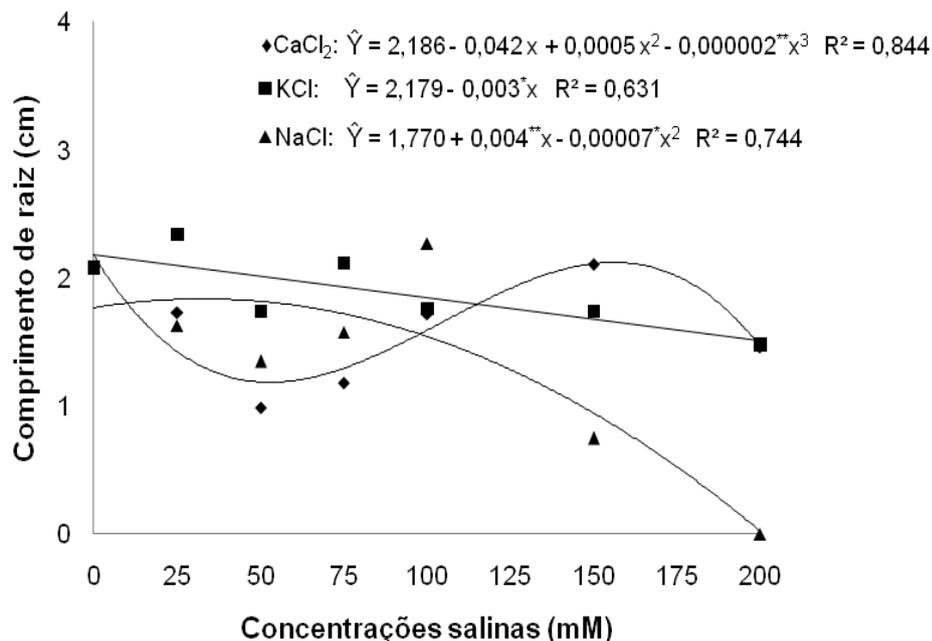


Figura 6. Comprimento da raiz primária de plântulas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.

Quanto ao comprimento da parte aérea das plântulas de *P. stipulacea* verifica-se (Figura 7) que houve reduções lineares à medida que as concentrações de sais da solução se elevaram. Para as sementes submetidas ao estresse do CaCl₂ e KCl houve decréscimos no comprimento da parte aérea de 3,1 para 1,1 e 1,5 cm, respectivamente, na concentração de 200 mM, quando comparados com a testemunha. Entre todos os sais testados o que proporcionou menor comprimento das plântulas foi o NaCl, independente das concentrações utilizadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Moterle et al. (2006), que observaram redução linear no comprimento da parte aérea das plântulas de cultivares de milho-pipoca à medida que o potencial osmótico da solução de KCl foi diminuído.

O NaCl proporcionou efeito mais drástico sobre o comprimento das plântulas de joazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.) em relação ao PEG 6000 (LIMA e TORRES, 2009). O comprimento das plântulas de soja (*Glycine max* L.), em soluções de KCl e MgCl₂ diminuiu com a redução do potencial osmótico (MORAES e MENEZES, 2003).

Pelos dados da Figura 8 percebe-se que a massa seca do sistema radicular das plântulas de *P. stipulacea* foi afetada de maneira significativa pelos níveis de salinidade. Os dados do CaCl₂ não se ajustaram a nenhum modelo de regressão polinomial, com média de 2,45 mg/plântula. O NaCl novamente foi o sal que provocou maior redução no conteúdo de massa seca do sistema radicular, quando comparado com os demais sais.

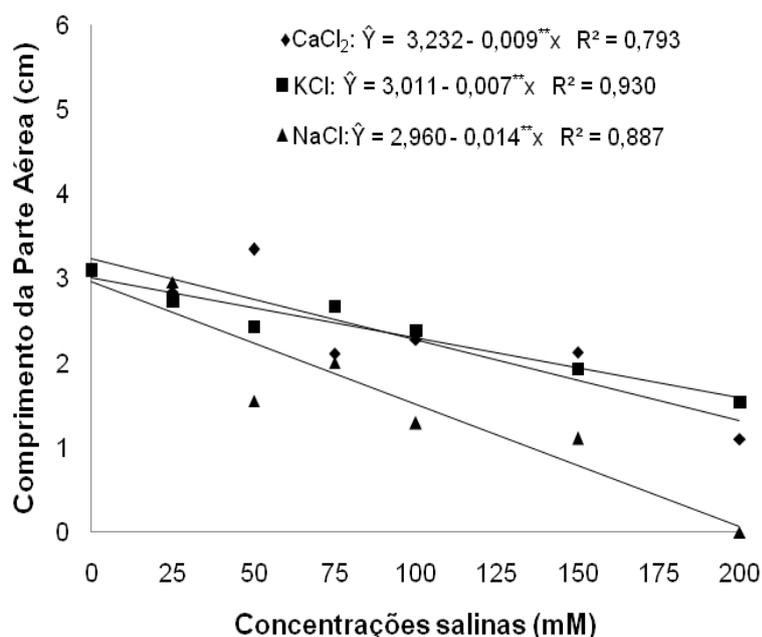


Figura 7. Comprimento da parte aérea de plântulas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.

Souza e Cardoso (2000) atribuíram esse resultado à desestabilização do metabolismo nutricional das plântulas, causando assim decréscimo na massa seca das mesmas. Salisbury e Ross (1991) destacaram que a restrição do crescimento das plântulas pode ocasionar a diminuição do acúmulo de nutrientes na raiz e parte aérea, resultando em menor produção da massa seca.

Em sementes de camapú (*Physalis angulata* L.) o decréscimo na massa seca da raiz foi a partir da concentração de 50 mM, utilizando o NaCl (SOUZA et al., 2007b). Redução significativa na massa seca das plântulas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) foram observadas em soluções nutritivas com doses crescentes de NaCl (SILVA et al., 2000).

Os resultados referentes à massa seca da parte aérea evidenciam que o estresse salino ocasionou um declínio com o incremento de sais na solução (Figura 9). A massa seca decresceu linearmente em função da concentração de CaCl₂ e NaCl. No entanto, quando se utilizou o KCl, as plântulas de *P. stipulacea* suportaram o estresse nas concentrações salinas de 50 até 150 mM, com incrementos na massa seca da parte aérea praticamente constantes.

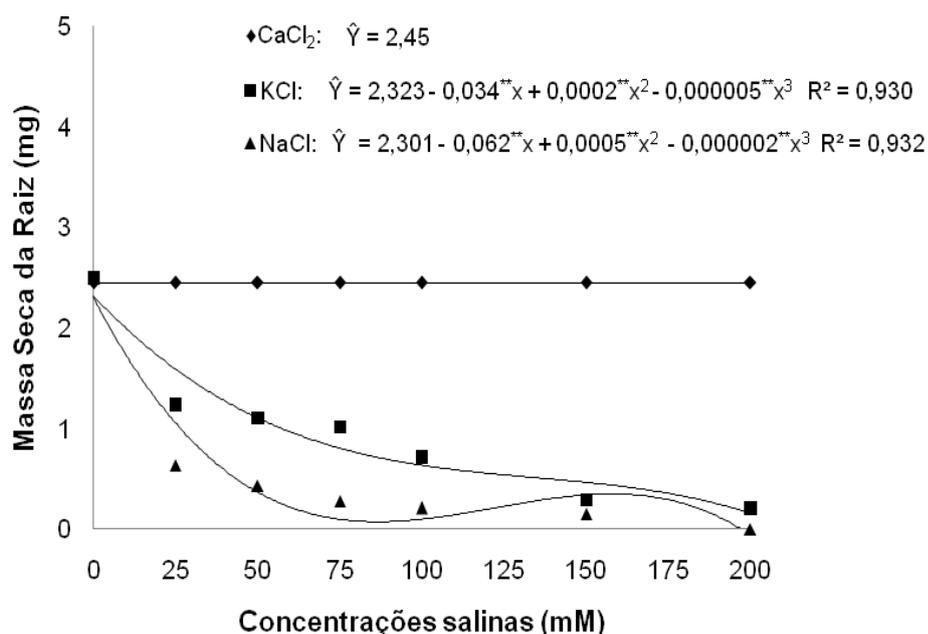


Figura 8. Massa seca radicular de plântulas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.

A salinidade em grandes concentrações provoca redução na taxa de assimilação metabólica, na atividade de enzimas que atuam na respiração e fotossíntese, diminuindo assim, a obtenção de energia para desenvolvimento e diferenciação das células em tecidos e, conseqüentemente, redução na produção de massa seca (SHANNON et al., 1998; TAIZ e ZEIGER, 2006).

O conteúdo de massa seca das plântulas de melão (*Cucumis melo* L.) foi afetado de forma significativa pelos diferentes níveis de salinidade (QUEIROGA et al., 2006). Resultados semelhantes foram encontrados por Galindo (2010) em plântulas de trapia (*Crataeva tapia* L.) utilizando os níveis de salinidade: 1,5; 3,0; 4,5 e 6 dS m⁻¹, simulados pelo NaCl.

Trabalhando com sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e maxixe (*Cucumis anguria* L.), Viana et al. (2001) e Góis et al. (2008) testando o efeito do estresse salino em plântulas, observaram reduções na produção de massa seca com o acréscimo de sais na solução.

A redução da massa seca das plântulas advém do desvio da energia utilizada no crescimento para a sua manutenção, restringindo assim os gastos metabólicos de energia relacionada à adaptação a salinidade e diminuição no ganho de carbono (AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000).

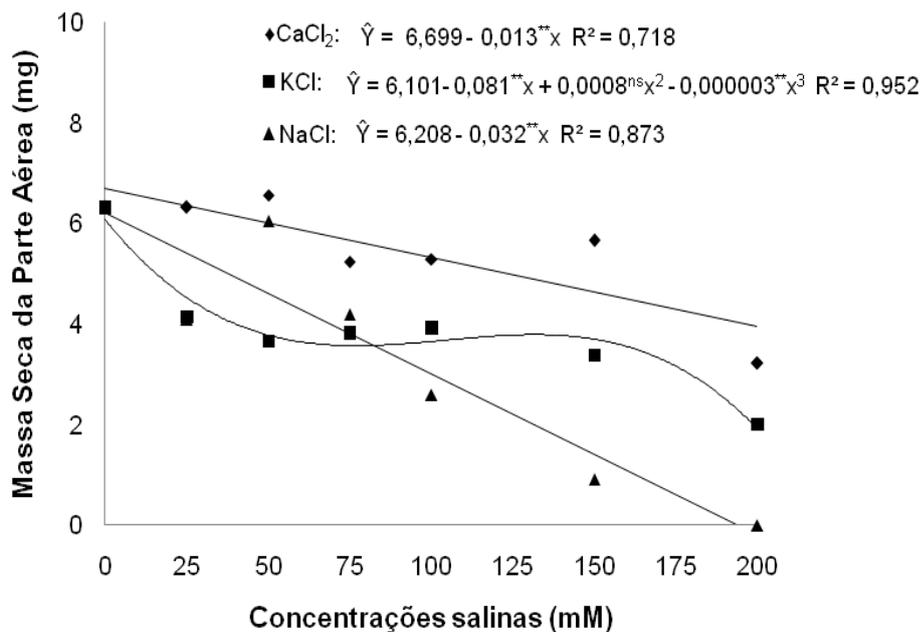


Figura 9. Massa seca da parte aérea de plântulas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke em função de diferentes concentrações em soluções de CaCl₂, KCl e NaCl. UFRPE/Recife, 2011.

5. CONCLUSÕES

- Para avaliação da germinação e vigor das sementes de *P. stipulacea* as combinações são: temperatura de 20°C e substrato pó de coco; temperatura de 25°C em papel toalha e temperatura alternada de 20-30°C com os substratos bagaço de cana e vermiculita;
- Não se recomenda a utilização da temperatura de 35°C com os substratos testados e, a temperatura de 40°C, porque houve morte do embrião;
- Os estresses hídrico e salino afetam mais a velocidade do que a porcentagem de germinação de sementes de *P. stipulacea*, independente da substância utilizada para simular o estresse;
- O estresse hídrico simulado pelo PEG 6000 até o potencial de -0,1 MPa não afeta o processo germinativo de sementes de *P. stipulacea*;
- O potencial osmótico de -0,8 MPa em solução de PEG 6000 inibe completamente a germinação de sementes de *P. stipulacea*;
- Níveis crescentes de PEG 6000 no meio germinativo promovem reduções expressivas a partir do potencial de -0,05 MPa no vigor de sementes de *P. stipulacea*;
- O estresse salino causado por CaCl₂ e KCl prejudica menos a germinação e o vigor do que o estresse promovido pelo NaCl;
- A tolerância das sementes de *P. stipulacea* ao estresse salino simulado pelo NaCl é baixa, com limite máximo de germinação a 150 mM, sendo classificada como glicófita pouco tolerante aos sais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDO, M.T.V.N.; PAULA, R.S. Temperaturas para a germinação de sementes de capixingui (*Croton floribundus* - Spreng - Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, RS, v.28, n.3, p.135-140, 2006.
- ABREU, D.C.A.; NOGUEIRA, A.C.; MEDEIROS, A.C.S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de cataia (*Drimys brasiliensis* Miers. Winteraceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, RS, v.27, n.1, p.149-157, 2005.
- ALVES, E.U. et al. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PA, v.24, n.1, p.169-178, 2002.
- ALVES, E.U. et al. Substratos para testes de emergência de plântulas e vigor de sementes de *Erythrina velutina* Willd., Fabaceae. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v.29, n.1, p.69-82, 2008.
- ANDRADE, A.C.S. et al. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.35, n.3, p.609-615, 2000.
- ANDRIOLO, J.L. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro sem solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.17, n.3, p.215-219, 1999.
- 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, SP, v.26, n.2, p.249-256, 2003.
- ÁVILA, M.R. et al. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, MG, v.29, n.1, p.98-106, 2007.
- AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: parte I análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.4, n.2, p.159-164, 2000.
- BAKKE, I.A. et al. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret seed germination. **Caatinga**, Mossoró, RN, v.19, n.3, p.261-267, 2006.
- BARBOSA, M.R.V. et al. Vegetação e flora do cariri paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, RJ, v.11, n.3, p.313-322, 2007.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1994. **Seeds: physiology of development and germination**. Plenum Press, New York, 445 p.
- BEZERRA, D.A.C. **Estudo fitoquímico, bromatológico e microbiológico de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret e *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke**. 2008. 62p. Dissertação (Pós-Graduação em Zootecnia – Sistemas Agrossilvopastoris). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.83-135.

BRACCINI, A.L. et al. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.18, n.2, p.10-16, 1996.

BRACCINI, A.L. et al. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, n.9, p.1451-1459. 1998.

BRADBEER, J.W. 1988. **Seed dormancy and germination**. Glasgow: Blackie Son, 146p.

BRAGA, L.F. et al. Efeito da temperatura na germinação de sementes de puruí (*Borojoa sorbilis* (Duque) Cuatre. - Rubiaceae): morfologia das sementes e das plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.21, n.2, p.47-52, 1999.

BRAGA, L.F. et al. Germinação de sementes de pinho-cuiabano sob deficiência hídrica com diferentes agentes osmóticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v.36, n.78, p.157-163, 2008.

BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; ALMEIDA, T.A. Germinação de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. submetidas a estresse salino e aplicação de poliamina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, SP, v.11, n.1, p.63-70, 2009.

BRANCALION, P.H.S. et al. Efeito da luz e de diferentes temperaturas na germinação de sementes de *Heliocarpus popayanensis* L. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.32, n.2, p.225-232, 2008.

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**, Lavras, MG, v.32, n.4 p. 15 - 21, 2010.

BRASIL. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 6 de Agosto de 2003. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=11267>>. Acesso em: 15 de Janeiro de 2011.

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

CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Efeito do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.25, n.6, p.837-843, 1990.

CARNEIRO, J.W.P.; GUEDES, T.A. Influência do contato das sementes de stevia (*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni.) no substrato avaliada pela função da Weibull. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.4, n.1, p.65-68, 1992.

CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHINMA, N. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.4, p.553-535, 2002.

CARVALHO, D.M. et al. Avaliação do efeito do estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro, Caxambu - MG, 2007.

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

CAVALCANTE, A.M.B.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.30, n.2, p.281-289, 1995.

CONUS, L.A. et al. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, MG, v.31, n.4, p.67-74, 2009.

DAU, L.; LABOURIAU, L.G. Temperature control of seed germination in *Pereskia aculeata* Mill. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, RJ, v.46, n.2, p.311-322, 1974.

DAVIDE, A.C. et al. Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais pertencentes à família Lauraceae quanto à capacidade de armazenamento. **Cerne**, Lavras, MG, v.9, n.1, p.29-35, 2003.

DELACHIAVE, M.E.A.; PINHO, S.Z. Germination of *Senna occidentalis* Link: seed at different osmotic potential levels. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Botucatu, SP, v.46, n.2, p.163-166, 2003.

DICKMANN, L. et al. Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas a estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, MT, v.3, p.64-75, 2005.

DUARTE, G.L. et al. Physiological quality of wheat of seeds submitted saline stress. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, RS, v.28, n.1, p.122-126, 2006.

FABRICANTE, J.R.; ANDRADE, L.A. Análise estrutural de um remanescente de caatinga no seridó paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, RJ, v.11, n.3, p.341-349, 2007.

FALLERI, F. Effect of water stress on germination in six provenances of *Pinus pinaster* Ait. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.22, n.3, p.591-599, 1994.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.39, n.9, p.903-909, 2004.

FARIAS, S.G.G. et al. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricidia (*Gliricidia sepium* (JACQ.) STEUD.). **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.22, n.4, p.152-157, 2009.

FERRAZ, E.M.N. et al. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, SP, v.21, n.1, p.7-15. 1998.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 316p.

FERREIRA, A.G. et al. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, SP, v.15, n.2, p.231-242, 2001.

FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, J.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.173-174.

FLORENTINO, A.T.N.; ARAÚJO, E.L.; ALBUQUERQUE, U.P. Contribuição de quintais agroflorestais na conservação de plantas da caatinga, município de Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, SP, v.21, n.1, p.37-47, 2007.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.307-319, 2004.

FONSECA, S.C.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Ação do polietileno glicol na germinação de sementes de *Adenantha pavonina* L. e o uso de poliaminas na atenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.25, n.1, p.1-6, 2003.

FONSECA, S.C.L.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito de sais e da temperatura na germinação de sementes de olho de dragão (*Anadenantha pavonina* L. Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.21, n.2, p.70-77, 1999.

FRANCO, O.L. et al. Effects of CaCl₂ on the growth and osmoregulator accumulation in NaCl stressed cowpea seedlings. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, SP, v.11, n.3, p.145-51, 1999.

GALINDO, E.A. **Tecnologia de sementes de *Crataeva tapia* L.** 2010. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia.

GENTIL, D.F.O.; TORRES S.B. Umedecimento do substrato e germinação de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.23, n.2, p.113-116, 2001.

GÓIS, V.A.; TORRES, S.B.; PEREIRA, R.A. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossóro, RN, v.21, n.4, p.64-67, 2008.

GUEDES, R.S. et al. Substratos e temperaturas para testes de germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.34, n.1, p.57-64, 2010.

GUIMARÃES, D.M et al. Influência de diferentes substratos e níveis de temperatura sobre o processo germinativo de sementes de *Calyptanthes clusiifolia* (Miq.) O. Berg. (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, RS, v.5, supl.2, p.816-818, 2007.

HARDEGREE, S.P.; EMMERICH, W.E. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.22, n.1, p.1-7, 1994.

HENICKA, G.S. et al. Germinação de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel.) J.F. Macbr.: temperatura, fotoblastismo e estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, MT, v.4, n.1, p.37-46, 2006.

HEYDECKER, W. Stress and seed germination. In: KHAN, A.A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1973. p.237-282.

IOSSI, E. et al. Efeitos de substratos e temperaturas na germinação de sementes de tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'Brien). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, RS, v.25, n.2, p.63-69, 2003.

JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeito da salinidade e da sementeira em diferentes profundidades na viabilidade e no vigor de *Copaifera langsdorffii* Desf. - Caesalpinaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.19, n.1, p.219-225, 1997.

JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberelina em sementes de *Senna spectabilis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v.11, n.1, p.93-104, 2001.

KISSMANN, C. et al. Tratamentos para quebra de dormência, temperaturas e substratos na germinação de *Adenantha pavonina* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v.32, n.2, p.668-674, 2008.

KOPPER, A.C.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PR, v.32, n.2, p.160-165, 2010.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745p.

LABOURIAU, L.F.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria geral da OEA, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1983. 174p.

LABOURIAU, L.G.; PACHECO, A. On the frequency of isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v.19, n.3, p.507-512, 1978.

LACERDA, M.R.B. et al. Germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*, Benth.) em diferentes substratos em condições de viveiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DA UFRPE, 5., 2003, Recife, PE. **Resumos expandidos...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2003. CD-Rom.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LEAL FILHO, N.; BORGES, E.E.L. Influência da temperatura e da luz na germinação de sementes de canudo de pito (*Mabea fistulifera* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.14, n.1, p.57-60, 1992.

LIMA, B.G.; TORRES, S.B. Estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.22, n.4, p.93-99, 2009.

LIMA, J.D. et al. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.4, p.513-518, 2006.

LONE, A.B. et al. Germinação de *Melocactus bahiensis* (Cactaceae) em diferentes substratos e temperaturas. **Scientia Agraria**, Curitiba, PR, v.8, n.4, p.365-369, 2007.

LOPES, H.M. et al. Influência do potencial osmótico e da temperatura na embebição e no crescimento da radícula de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.18, n.2, p.167-72, 1996.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-7, 1962.

MAIA, N.G. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D & Z. Computação Gráfica e Editora, 2004. 413p.

MALAVASI, M.M. Germinação de sementes. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. (Coord.). **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p.25-40.

MARCOS-FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

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

MARCOS-FILHO, J. Germinação de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS-FILHO, J.; SILVA, W.R. **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.11-39.

MACHADO, C.F. et al. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) (Nicholson)). **Cerne**. Lavras, MG, v.8, n.2, p.17-25, 2002.

MARTINS, C.C.; MACHADO, C. G.; NAKAGAWA, J. Temperatura e substrato para teste de germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae)). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.32, n.4, p.633-639, 2008.

MELO, N. **Áreas de exceção da Paraíba e dos sertões de Pernambuco**. SUDENE, PSU/SER, Recife: SUDENE (Série de estudos regionais, 19). 1988.

MONIZ-BRITO, K. L.; AYALA-OSUÑA, J.T. Influência de diferentes substratos na , germinação de sementes de *Ziziphus joazeiro* Mart., Rhamnaceae. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, Feira de Santana, BA, v.5, n.2, p.63-67, 2005.

MORAES, G.A.F.; MENEZES, N.L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.33, n.2, p.219-226, 2003.

MORAES, G.A.F.; MENEZES, N.L.; PASQUALLI, L.L. Comportamento de sementes de feijão sob diferentes potenciais osmóticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.35, n.4, p.776-780, 2005.

MOTERLE, L. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, RS, v.28, n.3, p.169-176, 2006.

NOBREGA NETO, G.M. et al. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento inicial de leucena. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.3, n.2, p.257-60, 1999.

NOGUEIRA, A. C.; PORTELA, O.; NAZÁRIO, P. Comportamento germinativo das sementes de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Botânica do Brasil, 2002. P. 29.

NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p.2.1-2.24.

NASCIMENTO, W.M.O. et al. Temperatura e substrato para germinação de sementes de *Parkia platycephala* Benth. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista de Agricultura Tropical**, Cuiabá, MT, v.7, n.1, p.119-129, 2003.

O'LEARY, J.W. Adaptive components of salt tolerance. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. p.577-585.

OLIVEIRA, A.B.; GOMES-FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PR, v.31, n.3, p.48-56, 2009.

OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Propostas para padronização de metodologias em análise de sementes florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.11, n.1/2/3, p. 1-42, 1989.

OLIVEIRA, T.V.S.; RANAL, M.A.; SANTANA, D.G. Emergência de plântulas de *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) ocorrente na região do triângulo mineiro. **Informativo ABRATES**, Pelotas, RS, v.13, n. 3, p. 337, 2003.

PACHECO, M.V. et al. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae) **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.3, p.359-367, 2006.

PACHECO, M.V. et al. Germinação de sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. em função de diferentes substratos e temperatura. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, n.73, p.19-25, 2007.

PACHECO, M.V. et al. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook f. ex S. Moore. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v.18, n.2, p.143-150, 2008.

PACHECO, M.V. et al. Germination and vigor of *Dimorphandra mollis* benth. seeds under different temperatures and substrates. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.34, n.2, p.205-213, 2010.

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

PEREZ, S.C.J.G.A.; FANTI, S.C.; CASALI, C.A. Influência da luz na germinação de canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia**, Campinas, SP, v.60, n.3, p.155-166, 2001.

PEREZ, S.C.J.G.A.; FANTI, S.C.; CASALI, C.A. Influência do armazenamento, substrato, envelhecimento precoce e profundidade de semente na germinação de canafístula. **Bragantia**, Campinas, SP, v.58, n.1, p.57-68, 1999.

PEREZ, S.C.J.G.A.; MORAES, J.A.P.V. Influência do estresse hídrico e do pH no processo germinativo da algarobeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.26, n.7, p.981-988, 1991.

PETERSON, J.R.; COOPER, P.G. Some considerations of water in the germination test. **Seed Science Technology**, Zurich, v.7, n.3, p.329-340, 1979.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; NOGUEIRA, E.S.; PEIXOTO, M.C. Estado da arte da pesquisa em tecnologia de sementes de espécies florestais da Mata Atlântica. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FREIRE, J.M.; LELES, P.S.S; BREIER, T.B. **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: EDUR, 2007. cap. 4. p.105-141.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; VIEIRA, J.D. teste de germinação. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. (ed.). **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. p.70-90.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PRISCO, J.T. et al. Effect of NaCl salinity on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. seeds. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, SP, v.4, n.2, p.63-71, 1981.

QUEIROGA, R.C.F. et al. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.24, n.3, p.215-319, 2006.

RAMOS, M.B.P.; VARELA, A.P.; MELO, M.F.F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. Leguminosae - Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.1, p.163-168, 2006.

RAMOS, N.P. et al. Germinação de sementes de *Zeyhera tuberculosa* (Vell.) Bur. (ipê-felpudo). **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, MT, v.7, n.1, p.41-52, 2003.

RANDI, A.M.; FELIPPE, G.M. Efeito da temperatura, luz e reguladores de crescimento na germinação de *Stevia rebaudiana* Bert. **Ciência e Cultura**, Rio de Janeiro, RJ, v.33, n.3, p.404-417, 1981.

REBOUÇAS, A. C. M. N. **Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de três espécies arbóreas medicinais da caatinga**. 2009. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

REGO, S.S. et al. Germinação de sementes de *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) Berg. em diferentes substratos e condições de temperaturas, luz e umidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, MG, v.31, n.2, p.212-220, 2009.

ROSA, L.S. et al. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (timbó). **Cerne**, Lavras, MG, v.11, n.3, p.306-314, 2005.

ROSA, M.F. et al. **Utilização da casca de coco como substrato agrícola**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 52).

ROSSETO, J. et al. Germinação de sementes de *Parkia pendula* (willd.) Benth. Ex walp. (fabaceae) em diferentes temperaturas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.47-55, 2009.

SALES, A.G.F.A. **Dormência, germinação e vigor de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walpers e *Samanea tubulosa* (Benth.) Barnelly & Grimes.** 2009. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C. W. **Plant physiology.** Belmont: Wadsworth Publ. 1991. 682p.

SANTOS, S.R.G.; AGUIAR, I.B. Germinação de sementes de branquilha (*Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs) em função do substrato e do regime de temperatura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.22, n.1, p.120-126, 2000.

SHANNON, M.C. et al. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in Califórnia. **Crop Science**, Madison, v.38, n.2, p.394-398, 1998.

SILVA BELLO, E.P.B.C. et al. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) A. C.Sm. submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, MG, v.30, n.3, p.16-24, 2008.

SILVA, D.S. et al. Caracterização física de bagaço de cana-de-açúcar com diferentes tamanhos de partículas e períodos de compostagem. **Anais do VI Encontro Nacional Sobre Substratos Para Plantas-Materiais Regionais Como Substrato**, 9 a 12 de Setembro, Fortaleza-CE, 2008b.

SILVA, F.A.M. et al. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, MG, v.6, n.1, p.52-59, 2000.

SILVA, J.B.; NAKAGAWA, J. Estudos e fórmulas para cálculo de velocidade de germinação. **Informativo: Abrates**, Brasília, DF, v.13, n.3, p.62-73, 1995.

SILVA, J.P.F.; SOARES, D.G.; PAREYN, F.G.C. Manejo florestal da caatinga: uma alternativa de desenvolvimento sustentável em projetos de assentamentos rurais do semi-árido em Pernambuco. **Estatística Florestal da Caatinga**, Natal, RN, v.1, n.1, p.5-17, 2008a.

SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B. Efeito dos substratos e temperaturas na germinação de sementes de *Cnidoculus phyllacanthus* Pax & Hoffm. (faveleira). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.26, n.1, p.9-14, 2004.

SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B. RODRIGUES, T.J.D. Seed germination of *Bowdichia virgilioides* Kunth, under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.5, n.1, p.115-118, 2001.

SILVA, L.M.M.; RODRIGUES, T.J.D.; AGUIAR, I.B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.26, n.6, p.691-697, 2002.

SILVA, R.B. et al. Germinação de sementes de carcará (*Piptadenia stipulacea* (benth.) Ducke) submetidas a diferentes substratos e condições de luz. In: 12º Congresso Nordestino de Ecologia. 2009a, Gravatá e: **Anais... 1CD-ROM**.

SILVA, J. R. et al. Temperatura e substrato na germinação de sementes de flor-de-seda. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.22, n.1, p.175-179, 2009b.

SILVEIRA, E.B. et al. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.2, p.211-216, 2002.

SOUZA, E.B. et al. Germinação de sementes de *Anadenanthera pavonina* L. em função de diferentes temperaturas e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.31, n. 3, p.437-443, 2007a.

SOUSA, M.P. **Germinação de sementes de *Plantago ovata*: estresse hídrico e salino, teor de prolina e atividade das enzimas amilase e ascorbato peroxidase.** 2004. 80f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SOUZA, N.K.R.; ALCÂNTARA JÚNIOR, J.P.; AMORIM, S.M.C. Efeito do estresse salino sobre a produção de fitomassa em *Physalis angulata* L. (Solanaceae). **Revista Acadêmica**, Curitiba, PR, v.5, n.4, p.379-384, 2007b.

SOUZA, G.M.; CARDOSO, V.J.M. Effects of different environmental stresses on seed germination. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.28, n. 3, p.621-630, 2000.

STEFANELLO, R. et al. Influência da luz, temperatura e estresse hídrico na germinação e no vigor de sementes de Anais. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v.12, n.1, p.45-50, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 719p. 2006.

TAMBELINI, M.; PEREZ, S.C.J.G. Efeito do estresse hídrico simulado com PEG (6000) ou manitol na germinação de sementes de barbatimão (*Stryphonodendron polyphyllum* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PR, v.20, n.1, p.226-232, 1998.

TILLMANN, M.A.A.; MIRANDA, D.M. Análise de sementes. In: PESKE, S.T.; LUCCA FILHO, O.A.; BARROS, A.C.S.A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed. Universitária, UFPel, 2006. P. 160-257.

TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, Oxford, v.85, n.3, p.391-396, 2000.

TORRES, S.B.; VIEIRA, E.L.; MARCOS-FILHO, J. Efeitos da salinidade na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.22, n.2, p.39- 44, 2000.

TORRES, S.B.; VIEIRA, E.L.; MARCOS-FILHO, J. Efeitos do estresse hídrico na germinação e no desenvolvimento de plântulas de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.21, n.2, p.59-63, 1999.

YOON, Y. et al. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.2, p.248-250, 1997.

VALADARES, J.; PAULA, R.C. temperaturas para germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora* Bentham (Fabaceae - Faboideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, MG, v.30, n.2, p.164-170, 2008.

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.) Yakovlev) - Leguminosae, Caesalpinioideae. **Acta Amazonica**, Manaus, AM, v.35, n.1, p.35-39, 2005.

VIANA, S.B.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. Germinação e formação de mudas de alface em diferentes níveis de salinidade de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.5, n.2, p.62-66, 2001.

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

7. APÊNDICE 1

Tabela 1. Resumo das Análises de Variância dos Experimentos

Quadrados Médios do Experimento I								
Fontes de Variação	G	PC	IVG	TMG	CR	CPA	MSR	MSPA
Temperatura (T)	14013,785 ^{**}	5507,591 ^{**}	136,610 ^{**}	80,716 ^{**}	18,881 ^{**}	81,112 ^{**}	12,113 ^{**}	151,275 ^{**}
Substrato (S)	5771,333 ^{**}	3252,166 ^{**}	53,604 ^{**}	3,500 ^{**}	5,171 ^{**}	9,574 ^{**}	4,744 ^{**}	20,251 ^{**}
Interação (TxS)	872,666 ^{**}	992,520 ^{**}	8,711 ^{**}	0,677 ^{**}	1,256 ^{**}	1,166 ^{**}	0,781 [*]	3,451 ^{**}
Quadrados Médios do Experimento II								
Fontes de Variação	G	PC	IVG	TMG	CR	CPA	MSR	MSPA
Regressão grau 1	30232,465 ^{**}	-	171,433 ^{**}	5,229 ^{ns}	19,572 ^{**}	29,678 ^{**}	4,387 ^{ns}	17,891 ^{ns}
Regressão grau 2	1375,371 ^{**}	-	43,809 ^{**}	109,737 ^{ns}	9,796 ^{**}	1,961 ^{**}	95,755 ^{ns}	46,479 ^{ns}
Regressão grau 3	332,135 ^{ns}	-	18,474 ^{**}	7,864 ^{ns}	1,744 ^{ns}	0,207 ^{ns}	62,555 ^{ns}	78,760 ^{ns}
Quadrados Médios do Experimento III (NaCl)								
Fontes de Variação	G	PC	IVG	TMG	CR	CPA	MSR	MSPA
Regressão grau 1	14477,811 ^{**}	-	129,650 ^{**}	26,807 ^{**}	9,240 ^{**}	25,199 ^{**}	12,207 ^{**}	122,853 ^{**}
Regressão grau 2	2206,688 ^{**}	-	64,584 ^{**}	66,980 ^{**}	1,770 [*]	0,165 ^{ns}	1,053 ^{**}	0,070 ^{ns}
Regressão grau 3	540,377 ^{**}	-	28,541 ^{**}	3,005 ^{ns}	0,618 ^{ns}	0,688 ^{ns}	0,223 ^{**}	2,116 ^{ns}
Quadrados Médios do Experimento III (KCl)								
Fontes de Variação	G	PC	IVG	TMG	CR	CPA	MSR	MSPA
Regressão grau 1	7893,762 ^{**}	-	110,289 ^{**}	12,565 ^{**}	1,344 [*]	6,129 ^{**}	1,076 ^{**}	28,767 ^{**}
Regressão grau 2	5,153 ^{ns}	-	37,208 ^{**}	9,661 ^{**}	0,004 ^{ns}	0,007 ^{ns}	23,989 ^{**}	0,955 ^{ns}
Regressão grau 3	568,099 ^{ns}	-	30,669 ^{**}	2,234 ^{**}	0,000 ^{ns}	0,064 ^{ns}	0,257 ^{**}	7,927 [*]
Quadrados Médios do Experimento III (CaCl ₂)								
Fontes de Variação	G	PC	IVG	TMG	CR	CPA	MSR	MSPA
Regressão grau 1	8808,145 ^{**}	-	108,607 ^{**}	8,198 [*]	0,002 ^{ns}	10,942 ^{**}	0,010 ^{ns}	22,164 ^{**}
Regressão grau 2	10,711 ^{ns}	-	28,241 ^{**}	16,520 ^{**}	0,438 ^{ns}	0,218 ^{ns}	0,067 ^{ns}	2,914 ^{ns}
Regressão grau 3	11,158 ^{ns}	-	18,108 ^{**}	1,457 ^{ns}	3,268 ^{**}	0,054 ^{ns}	1,778 ^{ns}	1,690 ^{ns}

^{**} Significativo a 1% pelo teste F a 5% de probabilidade

^{*} Significativo a 5% pelo teste F a 5% de probabilidade

^{ns} Não-significativo

(G = Germinação; PC = Primeira Contagem; IVG = Índice de Velocidade de Germinação; TMG = Tempo Médio de Germinação; CR = Comprimento da Raiz Primária; CPA = Comprimento da Parte Aérea; MSR = Massa Seca da Raiz; MSPA = Massa Seca da Parte Aérea)