



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA / FITOTECNIA

JOÃO PAULO NOBRE DE ALMEIDA

GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Amburana cearensis*
(Allemão) A.C. Smith EM FUNÇÃO DO PESO DE SEMENTES E FATORES
ABIÓTICOS

FORTALEZA

2014

JOÃO PAULO NOBRE DE ALMEIDA

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Amburana cearensis*
(Allemano) A.C. Smith EM FUNÇÃO DO PESO DE SEMENTES E FATORES
ABIÓTICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- A448g Almeida, João Paulo Nobre de.
Germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função do peso de sementes e fatores abióticos/ João Paulo Nobre de Almeida. – 2014.
109 f. il., color. enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Fortaleza, 2014.
Área de concentração: Fitotecnia.
Orientação: Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho.
1. Citoquímica. 2. Ecofisiologia vegetal. 3. Espectroscopia de ressonância magnética nuclear. I. Título.

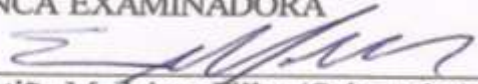
JOÃO PAULO NOBRE DE ALMEIDA

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Amburana cearensis*
(Allemão) A.C. Smith EM FUNÇÃO DO PESO DE SEMENTES E FATORES
ABIÓTICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Aprovada em: 20 / 02 / 2014

BANCA EXAMINADORA



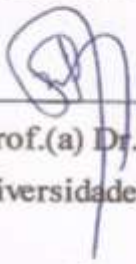
Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho (Orientador)

Universidade Federal do Ceará – UFC



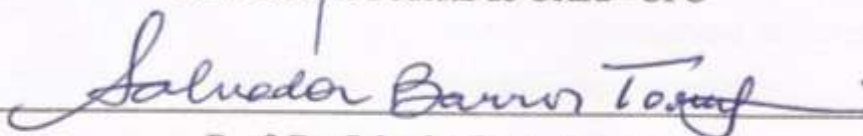
Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira

Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof.(a) Dr.(a) Maria Izabel Gallão

Universidade Federal do Ceará - UFC



Prof. Dr. Salvador Barros Torres

Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFERSA

A minha mãe, **Marlene de Freitas Nobre**, e ao meu Pai, **Francisco Glaidston de Almeida**, que foram o instrumento para concretizar o precioso dom que recebi do universo: “A VIDA”. Todo esforço seria inútil sem o amor incondicional de vocês.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, por me dar forças interior para desenvolver esse trabalho, por todas as portas abertas e por me amparar nos momentos difíceis.

À toda minha **família** e **amigos** pelo carinho, que compartilharam da minha caminhada. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

À **Universidade Federal do Ceará**, em especial ao **Departamento de Fitotecnia** pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pela bolsa concedida e pelo incentivo a pesquisa.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho**, pela simplicidade de sua sabedoria, pela paciência, pelo apoio que sempre me deu na realização desse trabalho e principalmente pela sua amizade.

Aos componentes da banca examinadora, **Prof. (a) Dr. (a) Maria Izabel Gallão, Prof. Dr. Salvador Barros Torres e Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira**, pelas observações e contribuições dadas ao trabalho;

Aos amigos de auxílio à pesquisa, **Bruno França da Trindade Lessa, Charles Lobo Pinheiro e Fernanda Melo Gomes** que compartilharam os prazeres e dificuldades desta jornada com os quais convivemos durante tantas horas e carregamos a marca de experiências comuns no desenvolvimento deste trabalho.

À todos os funcionários e amigos do **Laboratório de Análise de Sementes** pelo acolhimento pessoal, apoio e amizade que construímos durante a realização do experimento.

Aos amigos do mestrado com quem tive sorte de dividir momentos ímpares, de alegria, de distração, que confiaram e torceram por mim: **Bruno, Lucilânia (Branca), Francelino, Thiago, Lucas, Lydio, Hernandes e demais colegas**.

À **Prof.(a) Dr.(a) Maria Izabel Gallão** por me receber de forma muito atenciosa em seu laboratório e da ajuda de suas orientadas (Aline, Aryelli e Gleicyanne) durante a realização das análises de composição químicas e citoquímicas.

Ao **Prof. Dr. Edilberto Rocha Silveira** e sua orientada **Nayara Coriolano de Aquino** do Centro Nordestino de Aplicação e Uso da Ressonância Magnética Nuclear (CENAUREMN), que possibilitou a realização de uma parte da dissertação.

E a todos que não mencionei aqui, mas que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse realizado. Muito Obrigado.

"Por mais árdua que seja a luta, por mais distante que um ideal se apresente, por mais difícil que seja a caminhada, existe sempre uma maneira de vencer: A Nossa Fé."

(Autor Desconhecido)

RESUMO

Diante das necessidades de recuperação de áreas degradadas é crescente o interesse na propagação de espécies florestais nativas, o que demanda informações básicas sobre as suas características germinativas e ecofisiológicas. A *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith conhecida como cumaru é uma espécie bastante utilizada para recomposição da paisagem. O objetivo deste trabalho foi estudar a germinação e o crescimento de plântulas de cumaru em função do peso das sementes sob diferentes condições de temperatura, luz, estresse hídrico, bem como determinar nas sementes a curva de embebição, morfologia interna, composição química e identificação da cumarina. Inicialmente as sementes foram pesadas individualmente e separadas em três classes de peso (leves, médias e pesadas), sendo estas, submetidas à determinação dos teores de água, peso de mil de sementes e a testes de germinação em duas condições de luz (presença e ausência) e seis regimes de temperatura (20, 25, 30, 35, 40 e 20-30°C). Além destes ensaios, foi determinado a curva de embebição de cada classe de peso e avaliação da tolerância ao estresse hídrico sob diferentes potenciais (-0,2, -0,4, -0,6, -0,8 e -1,0 MPa). Os experimentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições para cada tratamento. Para a morfologia interna das sementes foram utilizadas técnicas usuais em citoquímica para a identificação das principais estruturas e substâncias de reservas. Para a visualização da cumarina nas sementes foi utilizada a espectroscopia por RMN. As condições ótimas para a germinação das sementes ocorreu na temperatura de 30°C, sendo estas insensíveis à luz e um maior vigor para sementes leves e médias. As melhores condições para o crescimento das plântulas ocorreram com as sementes leves e médias nas temperaturas de 25 e 30°C e na presença de luz, sendo as temperaturas de 35 e 40 °C prejudiciais. Sementes leves e médias apresentam o mesmo padrão de absorção de água, enquanto as pesadas não atingem a fase III da curva. O decréscimo do potencial hídrico do substrato prejudica a germinação e o crescimento de plântulas oriundas de sementes médias e pesadas em comparação às leves, sendo a partir de -0,6 MPa uma condição estritamente limitante na formação de plântulas. Os constituintes químicos presentes nas sementes de *A. cearensis* são quantitativamente diferenciados em função do peso das sementes, sendo as pesadas caracterizadas por um elevado teor de lipídios. A espectroscopia por RMN releva uma maior proporção de cumarina no extrato de sementes pesadas e médias, que possivelmente afetam as necessidades ecofisiológicas da espécie *A. cearensis*.

Palavras-chave: Cumaru. Ecofisiologia. Citoquímica. Espectroscopia RMN

ABSTRACT

Given the needs of reclamation is increasing interest in the propagation of native species, which requires basic information about their germination characteristics and ecophysiological. The *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith known as cumaru is a species widely used for restoration of the landscape. The aim of this study was to investigate the germination and seedling growth of *cumaru* depending on the weight of the seeds under conditions of light, temperature, drought stress, as well as to determine the seed imbibition curve, internal morphology, chemical composition and quantification of the coumarin. Initially seeds were individually weighed and separated into three weight classes (light, medium and heavy), these being submitted to the determination of water content, thousand seeds weight and germination tests in two light conditions (presence and absence) and six schemes temperatures (20, 25, 30, 35, 40, and 20-30 °C). In addition to these tests, it was determined the imbibition curve of each weight class and made assessment of drought stress tolerance under different potentials (-0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa). The experiments were arranged in a completely randomized design in four replications for each treatment. For the internal morphology of seeds were used in cytochemistry usual techniques for the identification of the main structures and substances reserves. To visualize the coumarin in the seeds by NMR spectroscopy was used. The optimum conditions for seed germination occurred at 30 °C, which are insensitive to light and vigor seeds for light and medium. The best conditions for seedling growth occurred with the light and medium seeds at 25 and 30 °C and in the presence of light, with temperatures of 35 and 40 °C harmful. Light and medium seeds showed the same pattern of water absorption, while not reach the heavy phase III of the curve. The decrease in the water potential of the substrate affect the germination and growth of seedlings from seed medium and heavy compared to the light, and from -0.6 MPa in a condition strictly limiting seedling development. The chemical constituents present in the seeds of *A. cearensis* are quantitatively different depending on the weight of the seeds, and the heavy characterized by a high content of lipids. The NMR spectroscopy falls greater proportion of coumarin in seed extract heavy and medium, possibly affecting ecophysiological needs of the species *A. cearensis*.

Keywords: Cumaru. Ecophysiology. Cytochemistry. Spectroscopy NMR

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Germinação e desenvolvimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função do peso da semente, luz e temperatura.

Figura 1: Histograma de frequência (A) e boxplot (B) para a distribuição de peso de uma amostra de 400 sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	41
Figura 2: Primeira contagem e porcentagem final (%) da germinação em sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função das condições de luz (A), classes de pesos (B) e regimes de temperaturas (C).....	46
Figura 3: Porcentagem média de sobrevivência das plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) sob diferentes regimes de temperatura.....	51
Figura 4: Comprimento total de plântulas (CT) de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função das condições de luz (A), classes de pesos (B) e regimes de temperaturas (C).....	52

CAPÍTULO II – Tolerância ao estresse hídrico na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função do peso da semente.

Figura 1: Histograma de frequência (A) e boxplot (B) para a distribuição de peso de uma amostra de 400 sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	67
Figura 2: Incremento sobre a massa inicial obtido durante a embebição de três classes de peso de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	70
Figura 3: Porcentagem de germinação de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes (A) e potenciais osmóticos (B)...	72
Figura 4: Primeira contagem da germinação de semente de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	74
Figura 5: Índice de velocidade da germinação de semente de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	75
Figura 6: Comprimento do epicótilo (cm) de plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	77

Figura 7: Comprimento do hipocótilo+raiz (cm) de plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	78
Figura 8: Comprimento total das plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetido a diferentes níveis de estresse hídrico.....	79
Figura 9: Relação raiz/parte aérea de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes (A) e potenciais osmóticos (B)...	81
Figura 10: Massa seca do epicótilo de plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes (A) e potenciais osmóticos (B)...	82
Figura 11: Massa seca do hipocótilo+raiz (g.plântula ⁻¹) em função do peso das sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	83
Figura 12: Massa seca total (g. plântula ⁻¹) em função do peso das sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	84

CAPÍTULO III - Composição química e citoquímica de diferentes pesos de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith.

Figura 1: Histograma de frequência (A) e boxplot (B) para a distribuição de peso de uma amostra de 400 sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	95
Figura 2: Perfil das sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) classificadas em pesada (A), média (B) e leve (C).....	99
Figura 3: Cortes transversais em sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) corados com Azul Toluidina a pH 4,0 evidenciando a parede celular e o formato das células (→).....	100
Figura 4: Cortes transversais em sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) corados com Reação do PAS. Parede celular das células cotiledonares (→).....	101
Figura 5: Cortes transversais em sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) corados Xylidine Ponceau a pH 2,5 que revela o conteúdo protéico do citoplasma das células cotiledonares (*). Verifica-se a presença de estruturas globulares que não foram coradas (→).....	102

Figura 6: Cortes transversais em sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) corados com Sudam III evidenciando a presença de lipídeos (▲) no citoplasma das células cotiledonares.....	102
Figura 7: Espectro de RMN ¹ H (CDCl ₃ , 300 MHz) do extrato clorofórmico das sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	104

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I – Germinação e desenvolvimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função do peso da semente, luz e temperatura.

Tabela 1: Teor de água (TA) e Peso de mil sementes (PMS) em função das classes de pesos para sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	44
Tabela 2: Resumo da ANAVA das variáveis IVG (índice de velocidade de germinação), CEP (comprimento do epicótilo), CRH (comprimento da raiz + hipocótilo), MSEP (massa seca do epicótilo), MSRH (massa seca da raiz + hipocótilo) e MST (massa seca total) de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	45
Tabela 3: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes temperaturas, na presença e ausência de luz.....	49
Tabela 4: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) de diferentes classes de peso sob diferentes regimes de temperatura.....	50
Tabela 5: Comprimento do epicótilo (CEP), massa seca da raiz + hipocótilo (MSRH) e total (MST) de plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes temperaturas na presença e ausência de luz.....	53
Tabela 6: Comprimento do epicótilo (CEP) de plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso da semente.....	55
Tabela 7: Médias do comprimento da raiz + hipocótilo (CRH) e massa seca do epicótilo (MSEP) de plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) para a interação tripla luz x peso x temperaturas.....	56

CAPÍTULO II – Tolerância ao estresse hídrico na germinação e crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função do peso da semente.

Tabela 1: Resumo da ANAVA das variáveis IVG (índice de velocidade de germinação), CEP (comprimento do epicótilo), CRH (comprimento da raiz + hipocótilo), MSEP (massa seca do epicótilo), MSRH (massa seca da raiz + hipocótilo) e MST (massa seca total) de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	72
---	----

Tabela 2: Valores médios para a primeira contagem da germinação de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	74
Tabela 3: Valores médios para o índice de velocidade da germinação de semente de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	75
Tabela 4: Valores médios do comprimento do epicótilo (cm) de plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	77
Tabela 5: Valores médios para o comprimento (cm) do hipocótilo+raiz de plântulas de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	79
Tabela 6: Valores médios para o comprimento total de plântulas (cm) de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	80
Tabela 7: Valores médios para a massa seca do hipocótilo+raiz de plântulas em função do peso de sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) submetida a diferentes níveis de estresse hídrico.....	83
Tabela 8: Valores médios para a massa seca total de plântulas em função do peso das sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.....	84

CAPÍTULO III - Composição química e citoquímica de diferentes pesos de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith

Tabela 1: Peso de mil sementes e teor de água em função das classes de pesos para sementes de cumaru (<i>Amburana cearensis</i> [Allemão] A.C. Smith).....	99
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Considerações gerais sobre a espécie	17
2.2 Temperatura e luz na germinação de sementes	19
2.3 A germinação e suas relações com o peso da semente	21
2.4 Efeitos do estresse hídrico durante a germinação	23
2.5 Curva de absorção de água em sementes	25
2.6 Morfologia interna e composição química em sementes	27
REFERÊNCIAS	29

CAPÍTULO I - Germinação e desenvolvimento de plântulas de <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Smith em função do peso da semente, luz e temperatura.....	37
Resumo	37
Abstract	38
1 Introdução	39
2 Material e Métodos	41
3 Resultados e Discussão	44
4 Conclusões	58
Referências	59

CAPÍTULO II - Tolerância ao estresse hídrico na germinação e crescimento de plântulas de <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Smith em função do peso da semente.....	63
Resumo	63
Abstract	64
1 Introdução	65
2 Material e Métodos	67
3 Resultados e Discussão	70
4 Conclusões	86
Referências	87
CAPÍTULO III - Composição química e citoquímica de diferentes pesos de sementes de <i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Smith.....	91
Resumo	91
Abstract	92
1 Introdução.....	93
2 Material e Métodos.....	95
2.1 Análise Citoquímica.....	96
2.2 Determinações Químicas.....	97
2.3 Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN ¹ H).....	98
3 Resultados e Discussão.....	99
4 Conclusões.....	106
Referências	107

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, o semiárido brasileiro vem sofrendo grandes impactos ambientais em função da exploração insustentável de seus recursos naturais, principalmente no que diz respeito ao desmatamento de árvores nativas. Visando a necessidade de recuperação de áreas degradadas, é crescente o interesse na propagação de espécies florestais, que para um melhor entendimento de suas estratégias de sobrevivência e evolução é necessário estudos a respeito do comportamento germinativo, fisiológico e bioquímico das sementes.

A germinação de sementes é influenciada por uma sequência de fatores extrínsecos e intrínsecos, cuja interação destes é fundamental para que o processo germinativo ocorra normalmente. Com relação aos fatores internos, cita-se a vitalidade, longevidade, dormência, quantidade de reservas nutritivas da semente, entre outras. Já os externos têm-se a água, temperatura, luz, umidade e substrato (BEWLEY et al., 2013).

Os métodos adequados para análises de sementes de espécies florestais têm sido alvo de grandes interesses, especialmente quando visa à obtenção de informações que expressem a qualidade fisiológica da semente (CRUZ; CARVALHO, 2003), principalmente quando se refere às reservas acumuladas que são responsáveis pelo fornecimento de nutrientes e energia necessários para a plena manifestação das funções vitais das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Sendo assim, o peso da semente é uma variável fundamental no processo de produção, pois está diretamente relacionado à qualidade da semente (SILVA; MAIA; MORAES 2007), uma vez que as sementes mais pesadas mantêm-se mais bem nutridas durante seu desenvolvimento, sendo mais vigorosas em função de embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Com a finalidade de estabelecer uma classe de peso adequada para a multiplicação de diversas espécies, vários autores já comprovaram correlação positiva entre peso de sementes e/ou plântulas em espécies cultivadas, como feijão, arroz, trigo, milho, cacau e mamão (RUDOLFS, 1923; SCHMIDT, 1924; CICERO; ORSI, 1977; FRAZÃO *et al.*, 1984; MARTINS *et al.*, 2005). Entretanto, no que diz respeito às espécies florestais, estudos ainda são bastante escassos e alguns resultados são controversos em função das espécies.

Vale salientar que o conhecimento da composição das reservas é de interesse prático da tecnologia de sementes, visto que, tanto o potencial de armazenamento de sementes como o vigor são influenciados pelo teor dos compostos presentes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Nesse sentido, a utilização de técnicas citoquímicas para visualização

das reservas possibilita uma determinação precisa de compostos macromoleculares nas sementes (CORTELAZZO; VIDAL, 1991). Outros componentes presentes no interior das sementes são os promotores e inibidores da germinação, incluindo entre eles os compostos fenólicos que influenciaram na dormência de muitas espécies florestais.

O processo germinativo também é mediado pelos fatores ambientais, como temperatura, luz e água, e os seus estudos pode nos auxiliar para entender melhor o comportamento de vigor da semente. Os limites da temperatura de germinação fornecem subsídios de interesses biológico e ecológico, auxiliando os estudos ecofisiológicos e de sucessão vegetal (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PINÃ-RODRIGUES, 1993) que tanto pode agir sobre a velocidade de absorção de água, como também sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Já a condição de luminosidade pode promover ou inibir o processo germinativo das sementes de acordo com a intensidade e qualidade da mesma, e ainda das características do fitocromo presente no eixo embrionário da semente, já que o mesmo é o responsável pela percepção da luz (KENDRICK; FRANKLAND, 1981; TAKAKI, 2001).

A água é o fator que exerce a mais determinante influência sobre o processo de germinação, que resulta na hidratação dos tecidos, intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas que culminam no crescimento do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Nesse sentido, há necessidade de estudos relacionados com a germinação de espécies nativas sob condições de estresses artificiais como ferramenta para avaliar os limites de sobrevivência e adaptação destas espécies às condições de estresses naturais (GUEDES *et al.*, 2011). Estudos também são necessários para entendimento do processo de embebição em sementes florestais, uma vez que inicia uma série de processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente que culminam na emissão da radícula (MARCOS FILHO, 2005).

Levando em consideração os mecanismos internos e externos do processo germinativo, o presente trabalho objetivou estudar o comportamento da germinação e o crescimento de plântulas de cumaru em função do peso das sementes em diferentes condições de luminosidade, temperatura e estresse hídrico, bem como determinar a curva de embebição das sementes, a morfologia interna, a composição química de suas principais reservas e a identificação da cumarina.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações gerais sobre a espécie

Amburana cearensis (Allemão) A.C. Smith, pertencente à família Fabaceae, é uma espécie com árvore de caule ereto, que chega a atingir 10 a 12 m de altura (ANDRADE LIMA, 1989) e até 20 m na zona da mata (LORENZI, 2002). É uma espécie silvestre, própria da caatinga nordestina e também conhecida popularmente no Brasil como cumaru, amburana, amburana-de-cheiro, cerejeira, cerejeira-rajada, cumaru-do-Ceará, imburana, imburana-de-cheiro e umburana (CORRÊA, 1978; LORENZI, 2002).

O cumaru apresenta ampla distribuição geográfica na América do Sul, sendo característica de floresta estacional, ocorrendo em floresta estacional semidecidual; em floresta estacional decidual submontana (oeste da Bahia); em floresta ombrófila densa (floresta atlântica) e com frequência em caatinga (Mendonça *et al.*, 1998). A espécie embora seja considerada nativa do nordeste é encontrado desde Minas Gerais ao norte da Argentina, sul da Bolívia e nordeste do Peru (MAIA, 2004).

A árvore é muito ornamental, principalmente pelos ramos e tronco de cor vinho ou marron-avermelhado (LORENZI, 2002). As folhas são alternadas, com 11-15 folíolos ovados, flores brancas, miúdas e muito aromáticas (LIMA, 1989), cujos frutos são vagens aladas e quase pretas. Quando maduros os frutos contêm uma semente achatada, manchada de marrom e branca, oleaginosa, de cheiro forte cumarínico e agradável (LEAL, 1995). O seu tegumento apresenta textura lenhosa, sendo a testa de coloração marmoreada, rugosa e opaca. O comprimento da semente varia de 12,55mm a 17,55mm e a largura varia de 8,35mm a 11,50mm. Em seção transversal é elíptica, com lados ovalados e em seção longitudinal é oblonga (CUNHA; FERREIRA, 2003).

O cumaru é utilizado na recuperação de solos e restauração florestal de áreas degradadas, tanto na fase inicial como nas fases posteriores do reflorestamento, inclusive como mata ciliar, em locais com inundações periódicas de curta duração (MAIA, 2004). Como forrageira, suas folhas e vagens são consumidas pelos caprinos, tanto verdes como secas e pelos bovinos, depois de secas. É também de grande importância para a apicultura e meliponicultura, pelo fato de fornecer néctar na estação seca do ano, figurando entre as 18 espécies mais utilizadas pelas abelhas nativas para coleta de pólen e/ou néctar, além da utilização da sua madeira na construção de colmeias (MARINHO *et al.*, 2002).

Do ponto de vista econômico, o cumaru apresenta valiosa importância comercial, dadas as suas várias aplicações, sendo largamente empregada em carpintaria perfumaria e em projetos paisagísticos. Sua madeira é utilizada na fabricação de móveis, portas, janelas e caixotaria, devido à sua reconhecida durabilidade (MAIA, 2004), sendo empregada para mobiliário fino, lambris, balcões, folhas fraqueadas decorativas, tanoaria, esculturas e marcenaria em geral (LORENZI, 2002). Aquino *et al.* (2005) propõem a aplicação do pó da madeira em tonéis de aguardente de cana-de-açúcar, com o objetivo de acelerar o processo de maturação da bebida, devido à riqueza de compostos fenólicos. As sementes são utilizadas como aromatizante e repelente de insetos para roupas e estantes (MAIA, 2004).

A espécie tem propriedades medicinais, sendo a casca da árvore e as sementes utilizadas na produção de medicamentos populares destinadas ao tratamento de afecções pulmonares, tosses, asma, bronquite e coqueluche (LORENZI; MATOS, 2002). Das cascas do caule foram isoladas várias substâncias, incluindo cumarina, isocampferídio, fisetina, alfalona e amburosídio A, que estão relacionadas às atividades antinociceptiva, antiinflamatória e relaxante muscular (CANUTO, 2002); a casca do caule é usada na forma de banho e empregada contra dores reumáticas (SILVEIRA; PESSOA, 2005). Industrialmente, a forma farmacêutica disponível é o xarope de cumaru, o qual é produzido pelo Programa Farmácias Vivas, Farmácia-Escola/UFC e laboratórios farmacêuticos privados, como o Selachii e o Bionatus (CANUTO *et al.*, 2008).

As principais informações sobre a espécie são escassas e dispersas, particularmente sobre sua biologia e ecologia, visto que ainda não é uma espécie domesticada e sua extração é quase que exclusivamente extrativista (LEITE, 2005). Há a necessidade de preservação desta espécie, pois apesar de sua importância econômica e social ser incontestável, devido ao uso de sua madeira e da grande utilização de partes da planta na medicina popular, pelas populações carentes da caatinga nordestina, essa espécie encontra-se em processo de extinção e seu uso predatório continua a dizimar grandes áreas (ALMEIDA *et al.*, 2010). A referida espécie, segundo as listas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2013) e da International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN, 2013) encontra-se ameaçada de extinção.

2.2 Temperatura e luz na germinação de sementes

As espécies da caatinga têm como seu meio principal de propagação as sementes. Por isso, a busca de informações sobre a germinação de sementes referentes aos efeitos da temperatura e luz é de extrema importância, levando-se em consideração o interesse na propagação de espécies florestais nativas para fins de recuperação de área degradadas, alimentícias e medicinais. Assim, estudos da germinação de sementes são importantes para fornecer não só informações úteis à tecnologia de sementes como também para a compreensão da ecofisiologia das espécies vegetais (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

As condições ótimas de germinação das sementes são padronizadas para cada espécie com a finalidade de repetição do teste em diferentes locais, sendo testados vários fatores para que a germinação seja a mais rápida, regular e completa da maioria das sementes de um determinado lote. As informações obtidas permitem ajustes de semeadura e/ou comparação de diferentes lotes de sementes (BRASIL, 2009).

Temperatura e luz são os principais fatores ambientais que afetam a germinação de sementes no solo, desde que haja disponibilidade de água e oxigênio (ROSA; FERREIRA, 2001; VELTEN; GARCIA, 2005). Em determinadas espécies o requerimento de luz para germinação das sementes é fortemente influenciado pela temperatura (SMITH, 1975), e a faixa de temperatura dentro da qual as sementes podem germinar é característica de cada espécie (BEWLEY et al., 2013).

De acordo com Pons (2000), a temperatura afeta a germinação e pode induzir a dormência de sementes. Algumas sementes, sob baixas temperaturas são indiferentes a luz, germinando tanto na luz como no escuro, porém, em temperaturas amenas, apresentam fotossensibilidade, germinando somente na luz e, quando em temperaturas mais elevadas, podem apresentar dormência ou mesmo a perda de viabilidade (TAKAKI, 2005).

Os limites extremos de temperatura para germinação fornecem informações de interesse ecológico (LABOURIAU; PACHECO, 1978), sendo importante a determinação das temperaturas mínima, ótima e máxima para cada espécie. É considerada temperatura ótima a temperatura na qual a mais alta porcentagem de germinação é obtida, no mais curto espaço de tempo (PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA; PEIXOTO, 2004).

No que refere ao comportamento germinativo de espécies sensíveis à luz, encontram-se sementes que germinam somente após rápida exposição à luz, outras que necessitam de período amplo de exposição, outras em que a germinação é desencadeada somente no escuro (VIDAVER, 1980) e outras sementes que insensíveis à luz. As sementes

de espécies pioneiras fotoblásticas respondem com germinação plena apenas quando são submetidas à luz vermelha, enquanto as pertencentes aos demais grupos ecológicos, como as secundárias e as clímax, têm a capacidade de germinar à sombra do dossel, sem luz solar direta (KAGEYAMA; VIANA, 1991).

Os estudos relacionados à temperatura e tipo de luz adequada para a germinação de sementes de espécies nativas vem sendo determinada por alguns pesquisadores. A exemplo, tem-se definido para germinação de sementes *Myracrodruon urundeuva* Allemão, as temperaturas mínima e máxima encontradas entre 10 e 15°C e entre 35 e 40°C, respectivamente, sendo as suas sementes fotoblásticas negativas preferenciais (SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002); a temperatura constante de 25°C foi a mais indicada para uma melhor germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC., sendo as mesmas fotoblástica positiva preferenciais (ARAÚJO NETO; AGUIAR; FERREIRA, 2003). A temperatura ótima para germinação de sementes de *Licania rigida* Benth., é de 30°C, sendo suas sementes fotoblásticas neutras (DINIZ *et al.*, 2008). Em sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke – Fabaceae, a faixa ótima de temperatura encontra-se entre 25 a 30°C, sendo que elas germinam, na presença e na ausência de luz (NOGUEIRA *et al.*, 2012).

Um dos fatores em que a temperatura e a luz influenciam é no tamanho/peso das sementes. Sementes com massa menor que 0,1 mg apresentam necessidade de luz e temperaturas alternadas para a germinação, enquanto sementes com massa igual ou maior que 1,0 mg não apresentam estes requerimentos (GRIME *et al.*, 1981; THOMPSON; GRIME 1983). Em geral, sementes pequenas se apresentam associadas com a presença de luz em habitats abertos (JANKOWSKA-BLASZCZUK; DAWS, 2007) e temperaturas alternadas (VELTEN; GARCIA, 2005). Sementes grandes não apresentam esses requerimentos e são capazes de originar plântulas maiores de crescimento inicial lento que emergem de maiores profundidades do solo (JURADO; WESTOBY, 1992; LEISHMAN *et al.*, 2000). Milberg, Andersson e Thompson 2000 afirmaram que as espécies que apresentam grandes sementes são menos dependentes de luz que espécies com pequenas sementes

No entanto, o significado ecológico da relação entre o tamanho/peso da semente com o requerimento de luz e flutuação de temperaturas parece estar ligado à necessidade de evitar a germinação em locais muito profundos no solo, onde há dificuldade para as sementes pequenas emergirem (PONS, 1992; THOMPSON; GRIME, 1983).

2.3 A germinação e suas relações com o peso da semente

A classificação das sementes de maior tamanho, ou as que apresentam maior peso é uma estratégia que pode ser utilizada para uniformização da emergência de plântulas no campo e para obtenção de mudas com tamanhos semelhantes e/ou de maior vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). No entanto, essa classificação especificada por tamanho das sementes, talvez não seja uma medida eficiente que se correlacione com as reservas das mesmas. O peso da semente é um indicativo mais preciso para determinar uma classificação de lotes homogêneos adequado para multiplicação e estabelecimento das espécies. Uma possível explicação para esse fato seria que o tamanho de sementes na maioria dos habitats varia, normalmente, entre cinco a seis ordens de magnitude (LEISHMAN *et al.* 2000; JURADO; ESTRADA; MOLÈS, 2001). A desvantagem de uma semente grande é ainda mais complexa pelo fato de que sementes graúdas possuem, em geral, tegumento pesado (MALAVASI; MALAVASI, 2001). No caso de *Erigeron canadensis* L. e *Tragopogon pratensis* L., os tegumentos participam com 15 % e 61 %, respectivamente, do peso total da semente (FENNER, 1983). Diante destas afirmações, apesar de não existir tamanho de semente ideal para todos os propósitos de pesquisa, Leishman *et al.* (2000) afirmaram que a massa de reserva representa a melhor fonte para discutir estabelecimento de plântulas.

Existem diversas referências na literatura sobre as expectativas e sobre os dados observados da influência do tamanho/peso da semente no estabelecimento, sobrevivência e crescimento de mudas de espécies pioneiras e clímaxes, onde as observações nem sempre aderem com as expectativas teóricas, visto a interdependência e a multiplicidade de fatores do ambiente que influenciam antes, durante e depois do processo de germinação da semente (MALAVASI; MALAVASI, 2001).

O peso das sementes influencia vários aspectos da ecologia das espécies vegetais, uma vez que pode refletir as relações entre plantas e os agentes dispersores e predadores de sementes e as taxas de sobrevivência dos indivíduos na fase de plântulas (WESTOBY, 1998). No mesmo ambiente, sementes grandes e/ou pesadas, provavelmente, são submetidas a maiores níveis de temperatura ambiente do que sementes pequenas e/ou leves devido ao fato de que as primeiras são menos propensas a serem enterradas (GRIME, 1979). Outra discussão a respeito dos aspectos ecológicos das espécies é que o peso da semente por si só, não pode ser tomado como indicador de tolerância à sombra (MALAVASI; MALAVASI, 2001). Nesse sentido, (AUGSPURGER, 1984) já havia determinado antes que a sobrevivência na sombra não era correlacionada com o peso da semente e sim com o estágio sucessional da

espécie. Essa afirmação foi reforçada por Fenner 1985, conferindo que mudas das espécies características dos estágios avançados da sucessão vegetal são mais tolerantes à sombra independentemente do peso da semente.

Atributos ecológicos influenciados direta ou indiretamente pelo peso das sementes, incluem também o fator estresse hídrico, uma vez que com o aumento no tamanho/peso da semente, a relação entre a superfície e o volume da semente diminui, resultando no fato de que sementes grandes podem ser incapazes de obter água para iniciar o processo de germinação em solos secos (HARPER; BENTON, 1966).

Recentemente, Carvalho e Nakagawa (2012) referenciam que quanto maior for a reserva de nutrientes na semente, maior será o vigor da plântula dela resultante, bem como seu potencial de sobrevivência. No entanto, os fatores como temperatura, suprimento de água, nutriente, integridade luminosa e a duração do fotoperíodo, afetam o desenvolvimento da semente e o acúmulo de reservas afetará o seu vigor.

Portanto, o peso da semente é uma variável fundamental no processo de produção das sementes, pois está diretamente relacionado com a sua qualidade (SILVA; MAIA; MORAES, 2007). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), as sementes mais pesadas foram mais bem nutridas durante seu desenvolvimento, sendo mais vigorosas em função de embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas. Os mesmos autores observam que esta também pode apresentar uma correlação positiva com o vigor da plântula e o desempenho no campo.

A separação de sementes por peso é uma prática que pode ser ajustada durante o seu beneficiamento, tornando-os os lotes mais uniformes durante a etapa de separação das sementes por equipamentos disponíveis no mercado para esse propósito. A exemplo, um aparelho amplamente utilizado na indústria de sementes é a mesa de gravidade, uma vez que, melhora a qualidade do lote através da remoção de sementes danificadas, vazias, infectadas ou outros materiais indesejáveis (BAUDET; MISRA, 1991). Além deste, Carvalho e Nakagawa (2012), menciona também o separador de pedras, o aspirador e o separador pneumático que foram projetados especificamente para funcionar com base nas diferenças apresentadas entre os componentes do lote de sementes no peso ou peso específico.

Vários trabalhos foram concretizados para conferir a influência do peso da semente na germinação e na qualidade fisiológica, principalmente em espécies cultivadas, como feijão, arroz, trigo, milho, cacau, mamão (RUDOLFS, 1923; SCHMIDT, 1924; CICERO; ORSI, 1977; FRAZÃO *et al.*, 1984; MARTINS *et al.*, 2005), sendo escassos estudos em espécies florestais.

No entanto, existem ainda poucas informações disponíveis sobre a influência do peso das sementes e alguns resultados são controversos em função das espécies. Doni Filho (1974) trabalhando com sementes leves, médias e pesadas de *Eucalyptus grandis*, verificou que a altura das plantas e o peso da matéria seca da parte aérea das plantas, aos 60 dias, originadas de sementes médias e pesadas, foram maiores do que as de sementes leves. Trabalhando com cacau, Frazão *et al.* (1984), mostraram que a utilização de sementes pesadas (1,9 a 2,3 gramas) possibilitou a obtenção de mudas mais vigorosas do que as de sementes leves (0,9 a 1,3 gramas) e médias (1,4 a 1,8 gramas). Ribeiro *et al.* (2012) verificaram que as sementes mais pesadas de *Tabebuia heptaphylla* produzem mais massa fresca e apresentam maiores porcentagens de germinação, recomendando classificar as sementes em função do peso, para garantir produção de mudas de maneira mais homogênea no viveiro.

É importante salientar também que, em algumas circunstâncias, as sementes de menor peso para outras espécies germinam mais rápido do que as pesadas ou ainda são totalmente indiferentes à classificação por pesos. Pereira *et al.* (2011) estudando a germinação de sementes de jatobá-do-cerrado, concluíram que sementes médias (entre 3,5 e 4,5 g) apresentam maior capacidade de emissão da raiz primária, que sementes grandes (> 5,0 g) e que as sementes pequenas requerem um tempo maior para emissão da raiz primária, porém, um tempo menor para abrir e expandir os eófilos quando comparadas às sementes grandes.

2.4 Efeitos do estresse hídrico durante a germinação

Diversas adaptações fisiológicas às condições estressantes são características determinantes das plantas do bioma caatinga, sendo o estudo desses parâmetros de vital importância para o entendimento dos ecossistemas do semiárido (TROVÃO *et al.*, 2007). As condições em que as sementes se encontram no solo para a germinação nem sempre são ótimas, como é o caso dos solos com déficit hídrico, que são de ocorrência natural nas regiões áridas e semiáridas (GUEDES *et al.*, 2011).

Entre os diversos fatores ambientais capazes de influenciar a germinação, a disponibilidade de água é um dos mais importantes, pois se constitui a matriz onde ocorre a maioria dos processos bioquímicos e fisiológicos (KHAJEH-HOSSEINI; POWEL; BINGHAM, 2003). A necessidade de se conhecer o período de germinação, estabelecimento e de desenvolvimento das plântulas arbóreas é de fundamental importância para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente em regiões onde a disponibilidade de água é escassa durante uma época do ano (AZERÊDO, 2009). Nesse contexto, Larcher (2000), ressalta a

importância de se conhecer como o estresse afeta a germinação de sementes, na avaliação dos limites de tolerância e capacidade de adaptação das espécies em tais condições.

Em condições naturais, o estresse hídrico desempenha estímulos diretos no estabelecimento das espécies, influenciando em um retardamento natural no tempo de germinação das sementes e conseqüentemente, no desenvolvimento das plantas. Dessa forma, a germinação é distribuída no tempo e no espaço, aumentando a probabilidade das plântulas encontrarem condições ambientais adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento (BEWLEY et al., 2013).

No começo da embebição, os potenciais osmóticos negativos podem retardar e diminuir tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação, inviabilizando a sequência dos eventos germinativos da semente durante a absorção de água (BANSAL; BHATI; SEM, 1980). Para cada espécie existe um valor de potencial osmótico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (BEWLEY et al., 2013). Este efeito depende do tipo de planta e do grau e duração da deficiência hídrica (PAIVA, 2007).

A utilização de substâncias químicas que restringem a velocidade de entrada de água nas sementes é de fundamental importância para um melhor entendimento das estratégias de sobrevivência das espécies em ambientes com déficit de água. Dentre elas, destaca-se o polietilenoglicol (PEG), por ser um polímero de alto peso molecular, não iônico, inerte, além de não penetrar na parede celular da semente (STEUTER; MOZAFAR; GOODIN, 1981).

Com isso, torna-se importante entender os mecanismos que conferem às sementes de algumas espécies a capacidade de germinar sob condições de estresse hídrico e, conseqüentemente, vantagens ecológicas em relação a outras que são sensíveis à seca (ROSA et al., 2005).

Estudos avaliando os níveis de tolerância das sementes de angico-branco ao estresse hídrico simulados por PEG 6000 demonstraram que as sementes possuem moderada tolerância ao estresse (REGO et al., 2011). Em relação às sementes de pau-de-jangada (*Apeiba tibourbou*) pelos resultados analisados observaram que o limite de resistência da espécie ao estresse hídrico situa-se entre -0,4 e -0,6 MPa (GUEDES et al., 2013). Houve redução na velocidade de germinação em sementes de *caesalpinia peltophoroides*, de -0,2 a -0,4 MPa (FERRAZ-GRANDE; TAKAKI, 2006). Em sementes de *Cnidoscylus juercifolius* (faveleira) estudos revelaram que estas apresentaram bom desempenho germinativo até o potencial de -0,3 MPa, sendo o limite de tolerância ao estresse hídrico entre -0,7 e -0,9 MPa (SILVA et al., 2004). O limite para germinação de sementes de *Erythrina falcata* está entre -

0,2 e -0,4 MPa (PELEGRINI *et al.*, 2013). Com relação às sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. (angico-de-bezerro) observou-se que o seu processo germinativo é comprometido a partir de potenciais hídricos inferiores a -0,6 MPa (AZERÊDO, 2009). Em sementes de sabiá, não havendo germinação a partir de -1,0 MPa (MOURA *et al.*, 2011). O efeito do estresse hídrico na germinação e na formação de plântulas de *Amburana acreana* revelou que o potencial -0,2 MPa já reduzem a formação de plântula, embora a germinabilidade não seja alterada nessas condições (BELLO *et al.*, 2008).

Portanto, os estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes submetidas à condição de estresses artificiais são ferramentas para um melhor entendimento da capacidade de sobrevivência e adaptação destas espécies em condições de estresses naturais, bem como a avaliação da sensibilidade dessas espécies em estudo para um melhor entendimento da agressividade e estratégias de dominância das mesmas em ambientes adversos (PEREIRA *et al.*, 2012).

2.5 Curva de absorção de água em sementes

A deficiência hídrica geralmente é considerada o fator limitante da germinação de sementes não dormentes, afetando a percentagem, a velocidade e a uniformidade de germinação. A água apresenta várias funções de grande importância, contribuindo para amolecer o tegumento, favorecer as trocas gasosas, intensificar a velocidade respiratória, induzir a síntese e atividade de enzimas e hormônios e contribuir significativamente para a regularidade da digestão, translocação e assimilação das reservas e crescimento subsequente (MARCOS FILHO, 2005).

O estudo da curva de embebição é de suma importância, especialmente, para o desenvolvimento de técnicas de pré-germinação que buscam melhorar a qualidade fisiológica das sementes (LOPES; ROSSETO; CARNEIRO, 2000). A primeira etapa da germinação de uma semente é a hidratação cuja intensidade depende da taxa de absorção de água (CARNEIRO *et al.*, 2001). Da absorção de água resulta a reidratação dos tecidos, com conseqüente intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes necessários para a retomada de crescimento por parte do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A embebição da maioria das sementes segue um padrão trifásico (BEWLEY *et al.*, 2013) em que a fase inicial do processo (fase I) constitui um fenômeno essencialmente físico. Tanto as sementes vivas quanto as sementes mortas ou dormentes, exceto por

impermeabilidade do tegumento, absorvem água durante esta fase. Em geral, essa primeira fase de captação de água ocorre durante oito a dezesseis horas; nesse período, surgem os primeiros sinais da reativação do metabolismo, com aumento acentuado da atividade respiratória e liberação de energia para a germinação (MARCOS FILHO, 2005).

Na segunda etapa (fase II) ocorrem atividades metabólicas, porque as reservas estão sendo convertidas em compostos necessários para a germinação (BEWLEY et al., 2013). As reduções drásticas da velocidade de hidratação e da intensidade de respiração caracterizam a fase II, cuja ocorrência e duração são variáveis de acordo com a espécie considerada (MARCOS FILHO, 2005). A importância da curva com as fases de embebição está relacionada tanto a estudos de permeabilidade de tegumento, como na determinação da duração de tratamentos com reguladores vegetais, condicionamento osmótico e pré-hidratação em sementes (ALBUQUERQUE; RODRIGUES; MENDONÇA, 2000; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A fase III caracteriza-se pela retomada de absorção de água, culminando com a emissão da raiz primária (BEWLEY et al., 2013). Nessa fase, só atingem as sementes não dormentes e viáveis, sendo que nesse estágio, o eixo embrionário já iniciou seu crescimento, de maneira que as novas células em formação e crescimento exigem água, e é por isso que o conjunto semente-plântula volta a absorver grandes volumes de água (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

No entanto, há poucas informações no que diz respeito o estudo da curva de embebição em sementes de espécies florestais. Em sementes de *Eucalyptus grandis*, após 27 horas de embebição em água, observou-se protrusão da radícula, sendo a fase I alcançada nas primeiras 8 horas de embebição (FRAIZ, 2011). A embebição das sementes de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. Howard) obedecem o padrão, pois nas primeira 24 horas há rapidamente adsorção de água (fase 1) e, de 24 até 72 horas, há pouca absorção de água (fase 2), porém nesta última hora, a semente recomeça absorver água (fase 3) (SILVA; CARVALHO, 2008).

Outros autores constataram o modelo trifásico da germinação em espécies nativas da caatinga, em que a Fase 3 teve início após 51h de embebição em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* (DANTAS et al., 2008a), 72h de embebição em *Tabebuia impetiginosa* (SILVA et al., 2004) e 152h de embebição em *Schinopsis brasiliensis* (DANTAS et al., 2008b). A germinação das sementes de *Sideroxylon obtusifolium* apresenta as três fases de embebição bem definidas, ocorrendo à protrusão da radícula após 144h de embebição (SILVA, 2010).

2.6 Morfologia interna e composição química em sementes

O interesse na propagação de espécies florestais nativas é crescente, o que demanda informações básicas sobre a morfologia das sementes dessas espécies (SILVA; CARVALHO, 2008), bem como o conhecimento da composição química das sementes para fins alimentícios, fitoterápicos e industriais. A morfologia de sementes nativas ainda é pouco estudada, tornando restritos os conhecimentos sobre as mesmas, tendo em vista que uma maior preocupação está voltada para as espécies de interesse econômico, principalmente alimentar (RIBEIRO, 2006).

O conhecimento da composição química das sementes é fundamental para o estabelecimento de diretrizes visando a sua utilização como fontes de alimentos e matérias primas de ampla aplicação industrial (MARCOS FILHO, 2005). Estudos a respeito das alterações morfológicas nas sementes durante a germinação são acompanhadas por mudanças fisiológicas, e algumas dessas modificações metabólicas nos compostos de reserva podem ser detectadas *in situ* por meio de técnicas citoquímicas específicas, possibilitando a determinação precisa de compostos macromoleculares nas sementes, nos diferentes tecidos da mesma (CORTELAZZO; VIDAL, 1991).

Do ponto de vista fisiológico, as reservas acumuladas são responsáveis pelo fornecimento de nutrientes e energia necessários para a plena manifestação das funções vitais das sementes, principalmente durante as etapas de indução e superação de dormência (MARCOS FILHO, 2005). Além disso, o estudo do conteúdo de reserva é de interesse prático da tecnologia de sementes, uma vez que o potencial de armazenamento e vigor de sementes são influenciados pela composição química (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A quantidade e proporção da composição das reservas das sementes podem variar entre gêneros ou ainda entre espécies de mesmo gênero, de acordo com suas estratégias de dispersão e estabelecimento (MELO, 2013). O ambiente onde crescem as plantas, a adubação e muitos outros fatores são capazes de alterar esta constituição, aumentando ou diminuindo a quantidade de certos componentes (LIBERAL; COELHO, 1980). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a composição química quantitativa das sementes é definida geneticamente, podendo em alguns casos ser influenciada pelas condições ambientais e tratos culturais.

Entretanto, trabalhos que abordam essa diferenciação de constituintes químicos dentro da mesma espécie em função do peso das sementes são limitantes e desconhecidos,

necessitando de estudos que justifiquem essa abordagem. Assim sendo, este estudo poderá contribuir para o estabelecimento quantitativo e qualitativo das principais reservas presentes em sementes de plantas de larga ocorrência no local, além de subsidiar futuros estudos sobre germinação e manejo das mesmas (RIBEIRO, 2006). Os atributos morfológicos da semente que incluem o tamanho/peso, embora possa ainda ser um fator inerente do genótipo, dependendo das modificações ambientais, essa característica também pode representar um fator de seleção das espécies para colonizar determinados ecossistemas (MELO, 2013). Nesse sentido quanto maior for a reserva de nutrientes na semente, maior será o vigor da plântula dela resultante, bem como seu potencial de sobrevivência (CARVALHO; NAKAGAWA 2012).

Dentre as reservas destacam-se os carboidratos, as proteínas e os lipídios. As proteínas são consideradas uma importante reserva alimentar na maioria das espécies e estão presentes em menor proporção em relação aos carboidratos e lipídios, mas não são menos importantes, pois são compostos essenciais para todas as células vivas (MARCOS FILHO, 2005; TAIZ; ZEIGER, 2009). A utilização de açúcares solúveis pode ser utilizada durante a germinação ou no estágio de plântula (FÉLIX, 2012), sendo o amido, a sacarose, os oligossacarídeos e os polissacarídeos os principais compostos derivados dos carboidratos (BUCKERIDGE *et al.* 2004). Já os lipídios nas sementes são acumulados na forma de triglicerídeos e armazenados em organelas chamadas corpos lipídicos (MELO, 2013), sendo uma importante fonte de energia e carbono para a germinação e o desenvolvimento das plântulas (BUCKERIDGE *et al.* 2004).

Estudos sobre análises citoquímica e composição das reservas em sementes florestais revelam, por exemplo, em sementes de *Moringa oleifera* L., material protéico presente no citoplasma das células (GALLÃO; DAMASCENO; BRITO, 2006); sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*) apresentam como principal componente de reserva amido e proteína (NASCIMENTO *et al.*, 2007); sementes de *Caesalpinia peltophoroides* possuem alto conteúdo de lipídios (CORTE *et al.*, 2006); sementes de faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus* Pax & L. Hoffman) apresentam nos seus cotilédones corpos oleosos e protéicos em suas células (PEREIRA *et al.*, 2010).

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. C. F.; RODRIGUES, T. J. D.; MENDONÇA, E. A. F. Absorção de água por sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth determinada em diferentes temperaturas e disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 01, p. 206-215, 2000.
- ALMEIDA, J. R. G. S.; GUIMARÃES, A. G.; SIQUEIRA, J. S.; SANTOS, M. R. V.; LIMA J. T.; NUNES, X. P.; QUINTANS JÚNIOR, L. J. *Amburana cearensis* – uma revisão química e farmacológica. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 6, n. 11, p.1-8, 2010.
- ANDRADE LIMA, D. **Plantas da caatinga**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989. 243p.
- AQUINO, F. W. B.; RODRIGUES, S.; NASCIMENTO, R. F.; CASIMIRO, A. R. S. Phenolic compounds in imburana (*Amburana cearensis*) powder extracts. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 221, p. 739-745, 2005.
- ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 249-256, 2003.
- AUGSPURGER, C.K. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. **Journal of Ecology**, Quito, v. 72, p. 777-795, 1984.
- AZERÊDO, G. A. **Qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.** 2009. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- BAUDET, L.; MISRA, M. Atributos de qualidade de sementes de milho beneficiadas em mesa de gravidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.13, n.2, p.91-96, 1991.
- BANSAL, R. P.; BHATI, P. R.; SEM, D. N. Differential specificity in water inhibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 22, n. 2, p. 327-331, 1980.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD K.J.; HILHORST H.W.M.; NONOGAKI H. **Seeds: Physiology of development, germination and dormancy**, 3rd ed. New York: Springer. 2013. 392p.
- BELLO, E. P. B. C. S.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; GUIMARÃES, S. C.; MENDONÇA, E. A. F. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 16-24, 2008.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. **Interpretação de resultados de germinação**. In Germinação: do básico ao aplicado (FERREIRA A. G; BORGHETTI F., orgs.). Artmed, Porto Alegre, p. 209-222. 2004

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p

BUCKERIDGE, M. S. **Acúmulo de reservas**. In: FERREIRA, A. G., BORGHETTI, F. (Eds.) *Germinação: Do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre, 2004, pp. 324.

CANUTO, K. M. **Contribuição ao conhecimento químico de plantas do Nordeste: *Herisantia tiubae* (K. Schumann) Briz e *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A. C. Sm.** 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2002.

CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R.; BEZERRA, A. M. E.; LEAL, L. K. A. M.; VIANA, G. S. B. **Uso de Plantas Jovens de *Amburana cearensis* A. C. Smith: Alternativa para Preservação e Exploração Econômica da Espécie**. Embrapa Semiárido, Petrolina, 2008. 24 p. (Documentos, 208).

CARNEIRO, J. W. P.; GONÇALVES, A. C. A., GUEDES, T. A., BRACCINI, A. L.; AMARAL, D. Massa de água acumulada durante a embebição de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.): avaliação de modelos lineares e não lineares. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 9-16, 2001.

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

CICERO, S. M; ORSI, E. W. L. Influência do peso da semente de arroz (*Oriza sativa* L.) sobre a germinação. **Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”**, v. 34, p. 339-346, 1977.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: IBDF, 1978, p. 687.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Bent. (Leguminosae – Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 941-949, 2006.

CORTELAZZO, A. L.; VIDAL, B. C. Soybean seed proteins: detection in situ and mobilization during germination. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 14, n. 01, p. 27-33. 1991.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. Biometria de frutos e germinação de sementes de *Couratari stellata* A. C. Smith (Lecythidaceae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 3, p. 381-388, 2003.

CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, R. A.. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith – cumaru - Leguminosae Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 89-96, 2003.

DANTAS, B. F.; SOARES, F. S. J.; LÚCIO, A. A.; ARAGÃO, C. A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 214- 219, 2008a.

DANTAS, B. F.; CORREIA, J. S.; MARINHO, L. B.; ARAGÃO, C. A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p.1-7, 2008b.

DINIZ, F. O.; MOREIRA, F. J. C.; SILVA, F. D. B.; FILHO, S. M. Influência da luz e temperatura na germinação de sementes de oiticica (*Licania rígida* Benth.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 476-480. 2008.

DONI FILHO, L. **Influência do beneficiamento, em algumas características de um lote de sementes de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, baseado na separação pelo tamanho e peso específico**. 1974. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1974.

FENNER, M. Relationships between seed weights, ash content and seedling growth in twenty-four species of Compositae. **New Phytologist**, Reino Unido, n. 95, p. 697-706, 1983.

FENNER, M. **Seed ecology chapman and hall**, New York.145 p, 1985.

FELIX, R. A. Z. **Efeito alelopático de extratos de *Amburana cearensis* (Fr.All.) A.C. Smith sobre a germinação e emergência de plântulas**. 2012. 90 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, São Paulo. 2012.

FERRAZ-GRANDE, F. G. A.; TAKAKI, M. Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 37-42, 2006.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: **florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.

FRAIZ, A. C. R. **Indução de tolerância ao déficit hídrico e estresse térmico durante a germinação de sementes e produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden**. 2001. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras. 2001.

FRAZÃO, D. A. C.; COSTA, J. D.; CORAL, F. J.; AZEVEDO, J. A.; FIGUEIREDO, F. J. C. Influência do peso da semente no desenvolvimento e vigor de mudas de cacau. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 6, n. 3, p. 31-40, 1984.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de moringa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n.01, p. 106-109. 2006.

GRIME, J. P. **Plant strategies and segetation Processes**. Chichester, New York: John Wiley. 1979. 150p.

GRIME, J. P.; MASON, G.; CURTIS, A. V.; RODMAN, J.; BAND, S. R.; MOWFORTH, M. A. G.; NEAL, A. M.; SHAW, S. A comparative study of germination characteristics in a local flora. **Journal of Ecology**, Quito, v. 69 p. 1017-1059, 1981.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. G.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; J. M.; SANTOS, S. R. N.; COSTA, E. G. Tratamentos pré-germinativos e temperaturas para a germinação de sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 131-140, 2011.

HARPER, J. L.; BENTON, R. A. The behaviour of seeds in soil: II. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. **Journal of Ecology**, Quito, v. 54, n. 1, p. 151-166, 1966.

IBAMA. **Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção. Portaria n°. 37-N de 3 de abril de 1992. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 05 ago. 2013.

IUCN. **International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources**. Red List. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

JANKOWSKA-BLASCZUK, M.; DAWS, M. I. Impact of red: far red ratios on germination of temperate forest herbs in relation to shade tolerance, seed mass and persistence in the soil. **Functional Ecology**, London, v. 21, p. 1055-1062. 2007.

JURADO, E.; WESTOBY, M. Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. **Journal of Ecology**, Quito, v. 80, p. 407-416. 1992

JURADO, E.; ESTRADA, E.; MOLÈS, A. Characterizing plant attributes with particular emphasis on seeds in Tamaulipan thornscrub in semi-arid México. **Journal of Arid Environments**, v. 48, p. 309-321, 2001.

KAGEYAMA, P. Y.; VIANA, V. M. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1991. p. 197-215.

KENDRICK, R. E.; FRANKLAND, B. **Fitocromo e crescimento vegetal**. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, 1981. 76 p.

KHAJEH-HOSSEINI, M.; POWELL, A. A.; BINGHAM, I. J. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 715-725, 2003.

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

- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531 p.
- LEAL, L. K. A. M. **Estudos farmacológicos do extrato hidroalcoólico e constituintes químicos de *Torresea cearensis* Fr. All. (cumaru)**. 1995. 128 f. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 1995.
- LEISHMAN, M. R.; WRIGHT, I. J.; MOLES, A. T.; WESTOBY, M. The evolutionary ecology of seed size. In: FENNER, M. (Ed.). **The ecology of regeneration in plant communities**. 2000. Wallingford, CABIPublishing. p. 31-57.
- LEITE, E. J. State-of-knowledge on *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Smith (Leguminosae-Papilionoideae) for genetic conservation in Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v.13, n.01, p. 49-65, 2005.
- LIBERAL, O. H. T.; COELHO, R. C. **Manual do laboratório de análise de sementes**. Niterói: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, 1980. 95 p.
- LIMA, D. A. **Plantas da caatinga**. Academia Brasileira de Ciências: Rio de Janeiro, 1989. p.106-107.
- LOPES, H. M.; ROSSETO, C.A.V.; CARNEIRO, V. Embebição de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.) em diferentes potenciais osmóticos por dois métodos. **Revista Brasileira de sementes**, Londrina, v. 22, n.01, p. 81-87, 2000.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368p.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2002. 512 p.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura e Arte, p.159-169. 2004.
- MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Influência do tamanho e do peso da semente na germinação e no estabelecimento de espécies de diferentes estágios da sucessão vegetal. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 211-215, 2001.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARINHO, I. V.; FREITAS, M. F.; ZANELLA, F. C. V.; CALDAS, A. L. Espécies Vegetais da Caatinga Utilizadas pelas Abelhas Indígenas Sem Ferrão como Fonte de Recursos e Local de Nidificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 1., 2002, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Editora Universitária, 2002.
- MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; ARAÚJO, E. F.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P. et al. Influência do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo formosa. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 12-17, 2005.

MELO, R. B. **Caracterização das reservas das sementes e avaliação da germinação e formação de plântulas de nove espécies arbóreas de florestas alagáveis da Amazônia.** 2013. 72 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília. 2013.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do cerrado. Pp. 287-556. **In:** M.S. & S.P. Almeida (Eds.) Cerrado: Ambiente e Flora. Embrapa- CPAC. Planaltina, DF. 1998.

MILBERG, P.; ANDERSSON, L.; THOMPSON, K. Large seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. **Seed Science Research**, v. 10, p. 99-104, 2000.

MOURA, M. R.; LIMA, R. P; FARIAS, S. G. G.; ALVES, A. R ; SILVA, R. B. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 230-235, 2011.

NASCIMENTO, P. L.; MESQUITA, J. M.; BRITO, E. S. e GALLÃO, M. I. Mobilização de reservas das sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) após a germinação. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 966-968, 2007.

NOGUEIRA, F. C. B.; SILVA, J. W. L.; BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 26, n. 4, p. 772-778, 2012.

PAIVA, A. S. **Disponibilidade hídrica na germinação de sementes e no crescimento de plântulas da leguminosa forrageira *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. cv. Java.** 2007. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, Manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 511-519, 2013.

PEREIRA, G. M.; FERREIRA, M. C.; FREIRE, D. L.; CUNHA, J. R.; MELO, Y. L.; LICHSTON, J. E.; VOIGT, E. L. Aspectos histoquímicos da mobilização de reservas em sementes de faveleira (*Cnidoscolus phyllacantus* Pax & Hoffman). **In:** IV congresso brasileiro de mamona e i simpósio internacional de oleaginosas energéticas, 2003, João Pessoa. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1957-1961.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 537-545, 2012.

PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae – Caesalpinoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n.1, p. 141-148, 2011.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; PEIXOTO, M.C. Tecnologia de sementes: testes de qualidade. In: FERREIRA, A.G; BORGHETTI, F. **Germinação** - do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 265-282.

PONS, T. L. Seed response to light. In: FENNER, F. **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, UK: CAB International, 1992.

PONS, T. L. Seed responses to light. In: Fenner, M. (Ed.) **The ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, CABI Publishing, p. 237-260. 2000.

REGO, S. S., FERREIRA, M. M., NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, SOUSA, R. K.; BRONDANI, G. E.; ARAUJO, M. A. E SILVA, A. L. L. Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 4, p. 37-42, 2011.

RIBEIRO, C. A. D.; COSTA, M. P.; SENNA, D. S.; CALIMAN, J. P. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 161-168. 2012.

RIBEIRO, V. K. **Análise das reservas de sementes de espécies arbóreas da restinga do município de Ipojuca - PE**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2006.

ROSA, L. S.; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSS, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (timbó). **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 306-314, 2005.

ROSA, S. G. T.; FERREIRA, A. G. Germinação de sementes de plantas medicinais lenhosas. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 15, p. 147-154. 2001.

RUDOLFS, N. Influence of temperature and initial weight of seeds upon the growth rate of *Phaseolus vulgaris*, L. seedlings. **Journal of Agricultural Research**, v. 25, p. 537-539, 1923.

SCHMIDT, D. The effect of the weight of the seed on the growth of the plant. **Bull. New Jersey Agricultural Experiment Station.**, New Brunswick, v. 404, p. 5-19, 1924.

SILVA, B. M. S.; CARVALHO, N. M. Efeitos do estresse hídrico sobre o desempenho germinativo da semente de faveira (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard. – Fabaceae) de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 55-65, 2008.

SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C.; ABREU, G. B.; FARIA, J. M. R.; MELO, D. L. B. Germination studies on *Tabebuia impetiginosa* MART. Seeds. **Cerne**, Lavras, n. 1, p.1-9, 2004.

SILVA, F. S. S. **Qualidade de sementes e produção de mudas de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de duas procedências**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2010.

SILVA, G. M.; MAIA, M. S.; MORAES, C. O. C. Influência do peso da semente sobre a germinação e o vigor de cevadilha vacariana (*Bromus auleticus* Trinius). **Revista Brasileira de Agrociência**. Nota Técnica. Pelotas, v. 13, n. 1, p. 123-126, 2007.

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, v.26, n.6, p.691-697, 2002.

SILVEIRA, E. R.; PESSOA, O. D. L. **Constituintes micromoleculares de plantas do nordeste com potencial farmacológico: com dados de RMN 13C**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2005. 216p.

SMITH, H. Light quality and germination: ecological implications. In: HEYDECHER, W. (Ed.). **Seed ecology**. London: Butterworth, 1975. p.131-219

STEUTER, A. A.; MOZAFAR, A.; GOODIN, J. R. Water potential of aqueous polyethylene glycol. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 67, n. 1, p. 64-67, 1981.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 722p.

TAKAKI, M. 2005. A luz como fator de estresse na germinação de sementes. Pp. 243-248. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Ed.). **Estresses ambientais, danos e benefícios em plantas**. Recife, MXM Gráfica e Editora.

TAKAKI, M. New proposal of classification of seeds based on forms of phytochrome instead of photoblastism. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Rio Claro, v. 13, p. 104-108, 2001.

THOMPSON, K.; GRIME, J.P. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. **Journal of Applied Ecology**, v. 20, p. 141-156. 1983

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A. DE; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 307-311, 2007.

VELTEN, S. B.; GARCIA, Q. S. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipo, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 19, p. 753-761. 2005.

VIDAVER, W. Light and seed germination. In: KHAN, A. A., Ed. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. New York: North-Holland Publishing Company, 1980. p. 181-192.

WESTOBY, M. The relationship between local and regional diversity: comment. **Journal of Ecology**, Quito, v. 79, n. 5, p.1825-1827, 1998.

CAPÍTULO I – GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith EM FUNÇÃO DO PESO, LUZ E TEMPERATURA

RESUMO

O estudo do comportamento germinativo e estabelecimento de plântulas colaboram para um melhor entendimento das estratégias de sobrevivência das espécies florestais. O objetivo do trabalho foi estudar a germinação e o crescimento de plântulas de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith em função do peso das sementes sob diferentes condições de temperatura e luz. Inicialmente as sementes foram pesadas individualmente e separadas em três classes de peso (leves, médias e pesadas), sendo estas, submetidas à determinação dos teores de água e peso de mil de sementes. Posteriormente, as sementes de cada classe foram submetidas a testes de germinação sendo duas condições de luz (presença e ausência) e seis regimes de temperatura (20, 25, 30, 35, 40 e 20-30°C). O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x6x3) com quatro repetições para cada tratamento. Ao final do teste, para a avaliação da germinação e vigor das sementes foram determinados a primeira contagem, porcentagem final e índice de velocidade de germinação. Para a avaliação do crescimento das plântulas determinou-se o comprimento e massa seca do epicótilo e do eixo raiz/hipocótilo. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e quando se apresentaram normais realizou-se análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando não normais foi escolhido o teste de Mann-Whitney. As condições ótimas para a germinação das sementes ocorreram na temperatura de 30°C, sendo estas insensíveis à luz e constatou-se um maior vigor com sementes leves e médias. As temperaturas de 35 e 40°C são prejudiciais ao crescimento inicial da espécie, enquanto que as melhores condições para o crescimento das plântulas ocorreram com as sementes leves e médias nas temperaturas de 25 e 30°C e na presença de luz.

Palavras-chave: Cumaru. Fatores abióticos. Vigor.

CHAPTER I - THE INFLUENCE OF WEIGHT IN GERMINATING SEED AND SEEDLING GROWTH OF *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith UNDER THE EFFECTS OF LIGHT AND TEMPERATURE

ABSTRACT

The study of the germination and seedling establishment contributes to a better understanding of the survival strategies of forest species. The objective was to study the germination and seedling growth of *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith as a function of weight of the seeds under different conditions of temperature and light. Initially seeds were individually weighted and separated into three weight classes (light, medium and heavy), these being submitted to the determination of the water content and thousand seeds weight. Subsequently, the seeds of each class were tested for germination under two light conditions (presence or absence) and six temperatures (20, 25, 30, 35, 40, and 20-30°C). The experiment was arranged in a completely randomized design in a factorial 2x6x3 with four replications for each treatment. At the end of the test, for germination and seed vigor were determined on the 1st count, final percentage and germination speed index. For the evaluation of seedling growth was determined the length and dry mass of the epicotyl axis and root / hypocotyl. The data were submitted for normality test and when normals were held analysis of variance and comparison of means by Tukey test at 5% probability. Whennon-normal was held Mann-Whitney test. The optimum conditions for seed germination occurred at 30°C, regardless of the presence of light, showing an increased in vigour to light and medium seeds.. Temperatures of 35 and 40°C are detrimental to the initial growth of the specie, whereas the best conditions for seedling growth occurred with the light and medium seeds at 25 or 30°C in the presence of light.

Keywords: Cumaru. Abiotic factors. Vigour

1 INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino, por apresentar grandes potencialidades econômicas frente a uma rica biodiversidade, expõe o seu bioma Caatinga a uma série de riscos decorrentes da ação antrópica, entre eles, o desmatamento e a exploração insustentável de árvores nativas. Atualmente, tendo em vista a necessidade de recuperação de áreas degradadas, é crescente o interesse na propagação de espécies florestais.

O extrativismo predatório sofrido por algumas espécies do Nordeste brasileiro, como *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith, popularmente conhecida como cumaru ou imburana-de-cheiro, está ameaçando a sobrevivência desta importante espécie nativa do sertão nordestino, colocando-a sob risco de extinção, tendo em vista que a simples remoção da casca do caule (parte medicinal) causa grande danos à planta (CANUTO *et al.*, 2008). Há a necessidade de preservação desta espécie, pois apesar de sua importância econômica e social ser incontestável, devido ao uso de sua madeira e da grande utilização de partes da planta na medicina popular, pelas populações carentes da caatinga nordestina, o uso predatório dessa espécie continua a dizimar grandes áreas (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Entretanto, as principais informações sobre o cumaru são escassas e dispersas, particularmente sobre sua biologia e ecologia (LEITE, 2005), necessitando assim, de estudos sobre a sua germinação e estabelecimento de plântulas que possibilitem um manejo agrônomo com técnicas adequadas para a sua multiplicação.

A classificação das sementes por peso é uma estratégia que pode ser utilizada para uniformização da emergência de plântulas no campo e para obtenção de mudas com tamanhos semelhantes e/ou de maior vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O peso da semente é uma variável fundamental no processo de produção, pois está diretamente relacionado com a sua qualidade (SILVA; MAIA; MORAES, 2007). Isso, porque, as sementes mais pesadas foram mais bem nutridas durante seu desenvolvimento, sendo mais vigorosas em função de embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Vários trabalhos foram conduzidos para conferir a influência do peso da semente na germinação e na qualidade fisiológica de diversas espécies vegetais, porém, no que diz respeito às florestais, estudos ainda são bastante escassos, sendo referenciadas algumas espécies, como a moringa, jatobá-do-cerrado, ipê-roxo, tamboril (BEZERRA; MOMENTÉ; MEDEIROS FILHO, 2004; PEREIRA *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2012, LESSA, 2013).

O significado ecológico da relação entre o peso da semente, o requerimento de luz e flutuação de temperaturas parece estar ligado à necessidade de evitar a germinação em locais muito profundos no solo, onde há dificuldade para as sementes pequenas emergirem (PONS, 1992; THOMPSON; GRIME, 1983). Em algumas espécies o requerimento de luz para germinação das sementes é fortemente influenciado pela temperatura (SMITH, 1975), e a faixa de temperatura dentro da qual as sementes podem germinar é característica de cada espécie (BEWLEY et al., 2013). A temperatura caracteriza-se por influenciar diretamente a porcentagem de germinação, afetando tanto a velocidade de absorção de água quanto suas reações bioquímicas (AMATO *et al.*, 2007). De acordo com suas respostas à presença de luz, as sementes são classificadas como fotoblásticas positivas (beneficiadas pela luz), fotoblásticas negativas (prejudicadas pela luz) e as não fotoblásticas ou indiferentes (MARCOS FILHO, 2005).

Estudos relacionados à temperatura e tipo de luz adequada para a germinação de sementes de espécies nativas foram determinados por alguns pesquisadores, a exemplos da *Myracrodruon urundeuva* Allemão (SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2002), *Acacia polyphylla* DC. (ARAÚJO NETO; AGUIAR; FERREIRA, 2003), *Licania rigida* Benth. (DINIZ *et al.*, 2008) e *Luetzelburgia auriculata* (NOGUEIRA *et al.*, 2012). Contudo há uma lacuna de informações a respeito do efeito direto das reservas das sementes e dos fatores ambientais no processo de germinação em espécies florestais.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar a germinação e o desenvolvimento de plântulas de cumaru em diferentes classes de peso das sementes sob condições de temperatura e luz.

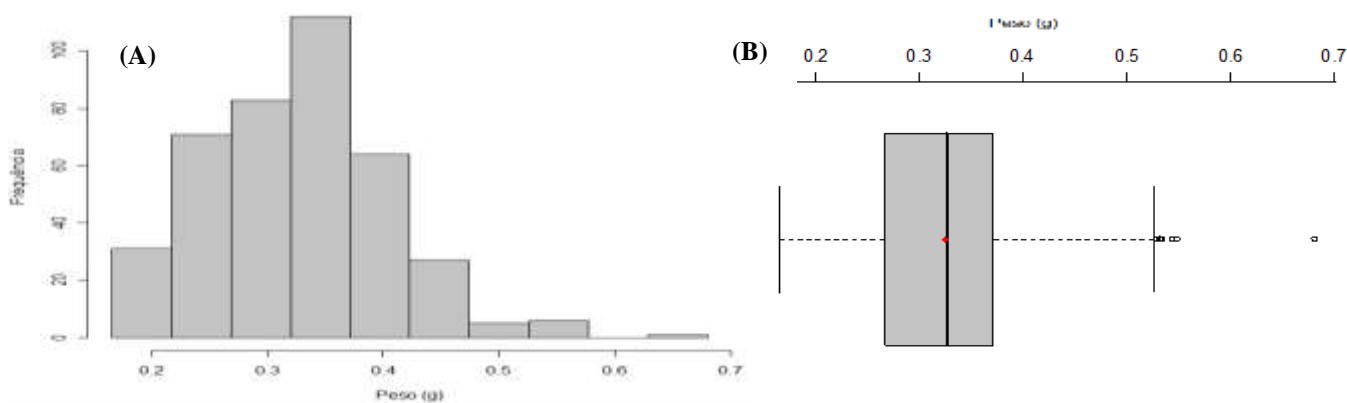
2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de cumaru coletadas de frutos maduros de 20 matrizes escolhidas ao acaso, no mês de julho de 2012, localizadas na Fazenda Experimental Vale do Curu, situada no município de Pentecoste-CE a 110 km de Fortaleza. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido com chuvas irregulares, com duas estações climáticas bem definidas, com precipitação anual de 800,9 mm, temperatura média anual de 27,1°C e umidade relativa média do ar de 74% (EMBRAPA, 2001).

Após as coletas dos frutos, os mesmos foram acondicionados em sacos de polietileno e encaminhados para o Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza-CE, onde as sementes foram extraídas, beneficiadas manualmente e colocadas para secar à sombra por seis dias. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara fria ($\pm 12^{\circ}\text{C}$ e 50%) até a instalação do experimento.

Inicialmente, uma amostra de 400 sementes foi separada do lote e cada unidade de semente foi pesada individualmente em balança analítica (0,0001g) com o objetivo de dividir a amostra em três classes distintas de acordo com seu peso específico, sendo assim, definidas em: leves ($<0,25$ g), médias (0,25 – 0,35 g) e pesadas ($>0,35$ g). As categorias leves e pesadas foram baseadas no primeiro e terceiro quartil da representação boxplot da amostra do lote, enquanto que as médias foram as sementes que ficaram com o peso intermediário entre pequenas e pesadas (FIGURA 1). Após a determinação das classes, as sementes de todo o lote foram pesadas individualmente e separadas em suas respectivas classes.

Figura 1: Histograma de frequência (A) e boxplot (B) para a distribuição de peso de uma amostra de 400 sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith).



Fonte: Elaboração do autor.

Cada classe de sementes foi submetida à determinação dos teores de água, tomando-se ao acaso duas repetições de 5g de sementes, sendo posteriormente, acondicionadas em cápsulas de alumínio e levadas à estufa a 105°C, durante 24 horas, (BRASIL, 2009). Foi realizado também o peso de mil sementes de cada classe segundo recomendações das Regras para análises de sementes (BRASIL, 2009).

Antes do início do ensaio foi realizada a assepsia das sementes de cada classe através da imersão em hipoclorito de sódio a 5% durante 15 minutos e posteriormente lavadas em água corrente e destilada. As mesmas também foram lavadas com uma solução a 0,4% de nistatina[®] para evitar o aparecimento de fungos.

Os efeitos do peso, temperatura e luz foram verificados em um experimento disposto em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo (2x6x3), sendo duas condições de luz, seis regimes de temperaturas e três classes de pesos com quatro repetições, com a parcela representada por cada rolo de papel contendo 25 sementes.

As sementes, já separadas em classes distintas de peso foram postas para germinar em rolos de papel “germitest” (35 x 25 cm) umedecido com água destilada (2,5 vezes o peso do papel), que foram colocados em sacos plásticos transparentes para diminuir a perda de água e encubados em germinadores tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) regulados nas temperaturas constantes de 20, 25, 30, 35, 40°C e alternada (20-30°C), com fotoperíodo de 12 horas sob duas condições de luz (presença e ausência). Para os tratamentos referentes à ausência de luz, os rolos de papel com as sementes foram envoltos em papel alumínio e sacos de polietileno de cor preta, sendo as contagens feitas sob luz verde de segurança.

A avaliação da germinação foi diária, com reumedecimento do substrato quando necessário, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram emissão da radícula com tamanho igual ou superior a 2 mm. Ao final do teste, foram determinadas as porcentagens de germinação (primeira contagem e final, respectivamente aos 7º e 21º dia) e o índice de velocidade de germinação (IVG) com contagens diárias do número de plântulas germinadas até 21 dias após a semeadura, calculados conforme a fórmula proposta por Maguire (1962).

Após o encerramento do teste de germinação (aos 21 dias), foi avaliado o comprimento das plântulas normais de cada repetição com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo mensurada a parte acima da inserção cotiledonar (comprimento do epicótilo – CEP) e abaixo, o eixo raiz + hipocótilo (CRH); os resultados foram expressos em cm.plântula^{-1} . Essa diferenciação das partes da plântula foi em função da não percepção da raiz e hipocótilo em decorrência da ausência da luz, sendo referenciada para compor as suas

partes a inserção cotiledonar. Após a retirada dos cotilédones, todas as frações do epicótilo e hipocótilo + raiz de cada parcela foram colocadas separadamente em sacos de papel tipo kraft e levadas à estufa de ventilação forçada, regulada a 80°C, durante 24 horas para a determinação da massa seca do epicótilo (MSEP) e massa seca da raiz + hipocótilo (MSRH). Decorrido esse período, as plântulas foram retiradas da estufa, colocadas em dessecadores por 10 minutos e, em seguida pesadas em balança analítica (0,0001g). O resultado foi expresso em g.plântula⁻¹. Foi determinada ainda a soma do CEP e CRH para compor o comprimento total e a massa seca total por plântulas.

Para fins de análise estatística, os dados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e Komolgorov-Smirnov para analisar a normalidade da distribuição. Quando os dados apresentaram-se normais, em um ou ambos os testes, conduziu-se análise de variância (ANAVA) e teste de Tukey (5%) para comparação das médias. O aplicativo Box-Cox (ESTATCAMP, 2013) foi utilizado para transformar os dados não normais e atendendo o pressuposto, realizou-se a análise de variância, sendo apresentados os dados originais. Quando não atendendo o pressuposto (não normais) realizou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney (5%), comparando os tratamentos em pares e de forma independente.

Para auxílio nas análises estatísticas utilizou-se o programa Assistat 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009) para realização da ANAVA e teste de Tukey e o software Action 2.4 (ESTATCAMP, 2013) para os testes de normalidade e Mann-Whitney.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes das três classes de pesos (leves, médias e pesadas), apresentaram teor de água em torno de 9,4% (TABELA 1), independente do peso das mesmas, revelando que o equilíbrio higroscópico das sementes com o ambiente não foi influenciado pelas classes. Em relação ao peso de mil sementes, verifica-se, também na Tabela 1, um aumento significativo no peso de mil sementes com o aumento das categorias de pesos, destacando-se uma diferença acentuada de mais de 180 gramas com relação às sementes leves e pesadas. Isso revela que as sementes de cumaru apresentam grande variabilidade de peso, sendo essa heterogeneidade decisiva para a perpetuação e sobrevivência da espécie nos ambientes altamente competitivos.

Tabela 1: Teor de água (TA) e Peso de mil sementes (PMS) em função das classes de pesos para sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith).

Classes de Peso	TA	PMS
	---%---	---g---
Leves	9,4	221,4 c
Médias	9,3	285,4 b
Pesadas	9,4	403,3 a
CV (%)	-	1,85

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

O resumo da análise de variância mostra que houve diferença significativa dentro dos fatores isolados e da interação tanto para as variáveis de germinação quanto para as de crescimento de plântulas (TABELA 2). Observa-se ainda que a interação da luz com as temperaturas, bem como os pesos e temperaturas, foram altamente significativos para o índice de velocidade de germinação e comprimento do epicótilo. A influência mútua dos três fatores (luz, peso e temperatura) por sua vez foi determinante para as variáveis comprimento da raiz/hipocótilo e massa seca do epicótilo. No que se refere à massa seca da raiz/hipocótilo e total, houve apenas a interação da luz com as temperaturas influenciando no seu rendimento. Os dados de porcentagem de germinação e primeira contagem não atenderam à pressuposição de normalidade de distribuição, mesmo após as transformações dos dados, ao contrário do comprimento do eixo raiz + hipocótilo, que atendeu a normalidade após a sua transformação.

Tabela 2: Resumo da ANAVA das variáveis IVG (índice de velocidade de germinação), CEP (comprimento do epicótilo), CRH (comprimento da raiz + hipocótilo), MSEP (massa seca do epicótilo), MSRH (massa seca da raiz + hipocótilo) e MST (massa seca total) de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith).

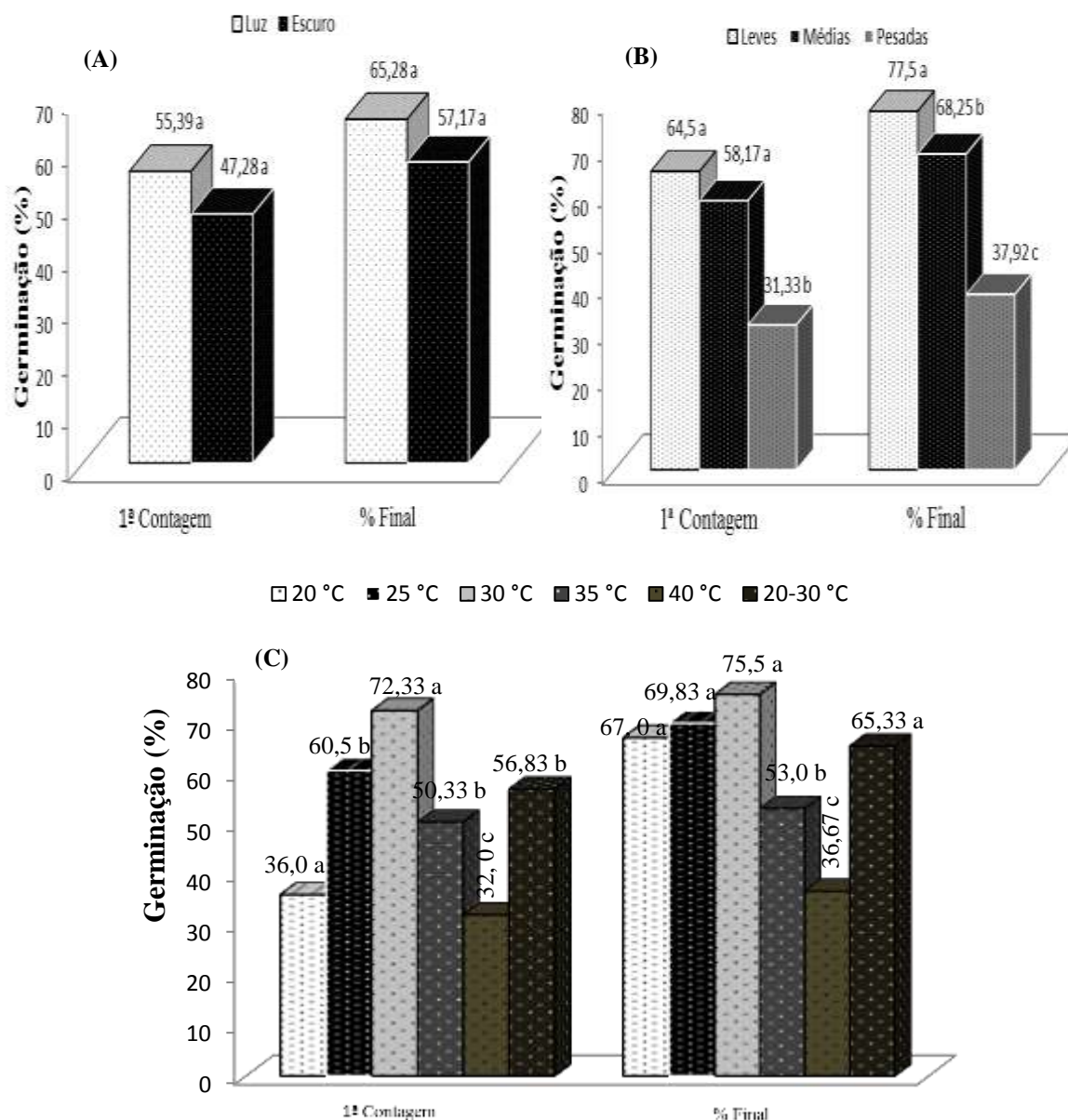
Fatores de Variação	GL	QM					
		IVG	CEP	CRH	MSEP	MSRH	MST
Luz (L)	1	1,15 ^{ns}	83,62 ^{**}	3,55 ^{**}	1,4x10 ⁻⁴ *	10,2x10 ^{-3**}	19,3x10 ^{-3**}
Peso (P)	2	41,34 ^{**}	16,98 ^{**}	2,27 ^{**}	1,0x10 ⁻⁵ ^{ns}	1,0x10 ⁻⁵ ^{ns}	2,0x10 ⁻⁵ ^{ns}
Temperatura (T)	5	16,64 ^{**}	95,22 ^{**}	17,50 ^{**}	9,9x10 ^{-4**}	8,1x10 ^{-4**}	32,4x10 ^{-3**}
L x P	2	0,57 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,05 ^{ns}	3,0x 10 ⁻⁵ ^{ns}	1,0x10 ⁻⁵ ^{ns}	1,0x10 ⁻⁵ ^{ns}
L x T	5	3,62 ^{**}	4,55 ^{**}	0,17 ^{ns}	6,0x10 ⁻⁵ *	3,0x10 ^{-5**}	1,1x10 ⁻⁴ *
P x T	10	2,8 ^{**}	3,85 ^{**}	0,32*	7,0 x10 ⁻⁵ *	1,0x10 ⁻⁵ ^{ns}	7,0x10 ⁻⁵ ^{ns}
L x P x T	10	0,46 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,03*	5,0x10 ⁻⁵ *	1,0 x 10 ⁻⁵ ^{ns}	6,0x10 ⁻⁵ ^{ns}
Tratamentos	35	6,07 ^{**}	19,07 ^{**}	2,82 ^{**}	1,9x10 ^{-4**}	1,5x10 ⁻⁵ ^{ns}	5,7x10 ^{-4**}
Resíduo	108	0,32	0,83	0,12	2,0x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻⁵	4,0x10 ⁻⁵
CV (%)	-	19,17	25,44	24,03	43,77	20,15	27,28

** significância a 1%, * significância a 5%, ^{ns} - não significativo, ambos pelo teste F.

Fonte: Elaboração do autor.

Analisando os comportamentos germinativos em sementes de cumaru, verificam-se diferenças marcantes referentes à percepção dos fatores ambientais e das reservas nas sementes em função da primeira contagem e porcentagem final da germinação. Em relação à influência da luz (FIGURA 2A), foram observadas tanto na presença quanto na ausência a germinação das sementes, caracterizando-as como fotoblásticas neutras ou insensíveis a luz. Esses resultados são similares, em parte, aos encontrados em sementes de cumaru por Rebouças (2009), nos quais a luz não influenciou na porcentagem final da germinação, diferenciando apenas na primeira contagem, onde o escuro contínuo influenciou fortemente.

Figura 2: Primeira contagem e porcentagem final (%) da germinação em sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função das condições de luz (A), classes de pesos (B) e regimes de temperaturas (C).



Letras iguais não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney com 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

Esta insensibilidade à luz pode ser devido ao fato da quantidade de fitocromo na forma ativa presente nas sementes ser suficiente para induzir o processo germinativo (BEWLEY et al., 2013). Os efeitos do fitocromo na ativação do embrião da semente podem

resultar, como exemplo, na expressão de determinados genes, síntese de proteínas e mudanças nos níveis hormonais necessários para a germinação (CARVALHO; PERES, 2013).

A busca de conhecimento a respeito da luz na sucessão ecológica de espécies florestais tem sido frequentemente relatada na literatura, entre as mencionadas, a aroeira (SILVA; RODRIGUES; AGUIAR, 2001), a mutamba, faveira e angico vermelho (FIGLIOLIA; AGUIAR; SILVA, 2009), o pau-de-mocó (NOGUEIRA *et al.*, 2012), sombreiro (ALVES *et al.*, 2012).

No que concerne aos regimes de temperaturas (FIGURA 2C), pode-se observar que na primeira contagem (sete dias) já há evidências de qual a melhor temperatura para a germinação de sementes de cumaru, sendo determinante a de 30°C. Já com relação à porcentagem final, essa amplitude de temperatura aumentou-se, sendo as de 20, 25, 30 e 20-30°C as indicadas no teste de germinação de sementes para a espécie cumaru. Em ambos os testes, a temperatura de 40°C foi intensamente prejudicial. Pelo simples fato de ocorrer à germinação em mais de um regime de temperatura, caracteriza-se para muitas espécies, adaptação às variações térmicas naturais do ambiente. Essa resposta é evidenciada para espécie em estudo que são propícias a tolerar as condições atribuladas do ambiente.

Estes resultados corroboram em parte com obtidos por Guedes *et al.*, 2010, em que umas das temperaturas ideais para a porcentagem final da germinação de sementes de cumaru foram as de 25, 30 e 20-30°C. A faixa de 20 a 30°C pode ser considerada ótima para germinação das sementes de várias espécies florestais, como a aroeira (SILVA, RODRIGUES; AGUIAR, 2001), oiticica (DINIZ *et al.*, 2008), sombreiro (ALVES *et al.*, 2012), pau-de-mocó (NOGUEIRA *et al.*, 2012).

Avaliando a influência do peso das sementes na germinação (FIGURA 2B), verificam-se diferenças significativas na primeira contagem e porcentagem final. As classes oriundas de sementes leve e média foram as que apresentaram estatisticamente maiores desempenhos germinativos na primeira contagem em relação às sementes pesadas. Essas características foram desaparecendo na porcentagem final da germinação, evidenciando que conforme aumenta à classe de peso, a germinação é afetada, sendo nesse caso, a semente leve a melhor opção para um aumento na propagação da espécie cumaru. Esses resultados divergem dos relatos de Carvalho e Nakagawa (2012), na qual as sementes mais pesadas são as mais nutridas durante seu desenvolvimento, sendo mais vigorosas em função de embriões bem formados e com maiores quantidades de reservas.

Porém, é importante salientar que, em algumas circunstâncias, as sementes de maior peso podem não ser as mais vigorosas. Isso pode ser resultante dos fatores como

temperatura, suprimento de água, nutriente, integridade luminosa e a duração do fotoperíodo, na qual, poderá afetar o desenvolvimento da semente e o acúmulo de reservas afetará o seu vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). No entanto, estudos que apontam que as sementes de menor peso possuem uma melhor germinação são bastante escassos.

Levando-se em consideração que as sementes pesadas possuem maior quantidade de reservas, pode-se inferir que a qualidade das mesmas e os diversos tipos de substâncias que se encontra nessa classe, podem ser prejudiciais na germinação das sementes. Partindo de que as sementes de cumaru são altamente alelopáticas em função da substância cumarina, as mesmas exalam um odor muito forte, podendo permanecer até 20 anos depois de colhida (DUARTE, 1978). Substâncias químicas presentes no extrato de sementes de cumaru tem forte potencial alelopático que podem interferir na germinação de sementes e no desenvolvimento de outras plantas num mesmo ambiente (MANO, 2006; FELIX, 2012).

Existem dois tipos de ação alelopática, a autotoxicidade, na qual as plantas produzem substâncias tóxicas que inibem a germinação das sementes e o desenvolvimento de planta da mesma espécie e, a heterotoxicidade, sendo esse mesmo efeito para espécies diferentes (MILLER, 1996). Barbosa, 2003 faz um referencial mostrando que ainda não foi registrada inibição na germinação de sementes de cumaru e que a substância cumarina presente nas sementes maduras dessa espécie, deve estar em baixa concentração, pois a inibição da germinação pode estar relacionada com níveis crescentes destas substâncias nas sementes. Com base nesses estudos, presume-se que o cumaru pode apresentar nas sementes pesadas (>0,35g), grande quantidades de cumarina que possa vir a inibir a sua germinação, fato ainda não comprovado na literatura. Nesse sentido, mais estudos devem ser voltados para explicar essa lacuna.

Do ponto de vista ecológico, no que se refere a dispersibilidade da espécie, sementes leves tendem a percorrer maiores áreas, ao contrário das pesadas que em função do seu peso podem ficar próximas a planta mãe, competindo por nutrientes e espaço. Por meio da sobrevivência, pode-se inferir também que essa espécie pode repelir seu dispersor investindo em um maior teor de cumarina nas sementes pesadas.

Analisando o índice de velocidade de germinação, verifica-se um efeito altamente significativo ($p > 0,01$) com relação aos fatores ambientais (luz e temperatura). Observa-se na Tabela 3 que os menores índices de velocidade de germinação foram obtidos com a temperatura mínima e máxima (20 e 40°C, respectivamente), sendo mais evidente na ausência de luz com a temperatura de 40°C (1,04), mostrando que essa ausência foi à única que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Isso demonstra que nos diferentes regimes de

temperaturas, as sementes de cumaru são insensíveis a luz, ou seja, são neutras, exceto a temperatura de 40°C que são preferencialmente fotoblásticas positivas. Determinados limites de temperatura, acima ou abaixo dos limites superior ou inferior à ótima tendem a diminuir a velocidade do processo germinativo, acarretando assim, uma desorganização das membranas, levando a redução no total de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2013).

Tabela 3: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes temperaturas, na presença e ausência de luz.

IVG						
Luz	Temperatura					
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	20-30°C
Presença	2,22 aC	3,00 aB	4,12 aA	3,30 aB	2,74 aBC	2,81 aBC
Ausência	2,26 aC	3,41 aB	4,39 aA	3,09 aB	1,04 bD	2,94 aB
dms para colunas =		0,4552	dms para linhas =		0,6383	

Letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

O maior índice de velocidade de germinação ocorreu com a temperatura de 30°C, independente da luz (4,12 no claro e 4,39 no escuro), diferindo estatisticamente das demais temperaturas (TABELA 3). Rebouças (2009), também constatou que uma das temperaturas que resultou em uma maior velocidade de germinação de sementes de cumaru foi a 30°C. Estes resultados são similares com os obtidos por Diniz *et al.* (2008) que estudando a influência da luz e temperaturas na germinação de sementes de oiticica (*Licania rigida* Benth.), também encontraram interação desses fatores na germinação de sementes, com o maior índice de velocidade sendo constatado quando as sementes foram submetidas à temperatura de 30°C, sem a intervenção da luz.

Analisando as respostas referentes à Tabela 4, observa-se maior índice de velocidade de germinação para as sementes leves e médias em todas as temperaturas, exceto a de 35°C, em que apenas as sementes leves diferiram estatisticamente das demais classes de pesos. Entretanto, a combinação da temperatura de 30°C com as sementes leves e médias foi o que promoveu uma maior velocidade da germinação. As sementes pesadas influenciaram negativamente nessa velocidade, sendo fortemente apresentadas na temperatura de 40°C. Esses resultados obtidos divergem dos encontrados na literatura, nos quais as sementes

pesadas, em geral, são as que possuem uma maior velocidade de germinação. Lessa (2013) verificou que as sementes pesadas de tamboril (*Enterolobium contorsiliquum* [Vell.] Morong) apresentaram um maior índice de velocidade de germinação. Pereira *et al.*, 2011 mostraram também que as sementes de maior peso de *Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa*, apresentaram emissão da raiz primária num menor tempo.

Tabela 4: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) de diferentes classes de peso sob diferentes regimes de temperatura.

IVG						
Classes	Temperatura					
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	20-30°C
Leves	2,63 aC	3,85 aB	4,99 aA	4,38 aAB	2,22 aC	3,74 aB
Médias	2,19 abC	3,32 aB	5,27 aA	3,14 bB	2,77 aBC	3,13 aB
Pesadas	1,89 bA	2,45 bA	2,50 bA	2,07 cA	0,67 bB	1,74 bA
dms para colunas =		0,6714	dms para linhas =		0,8195	

Letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

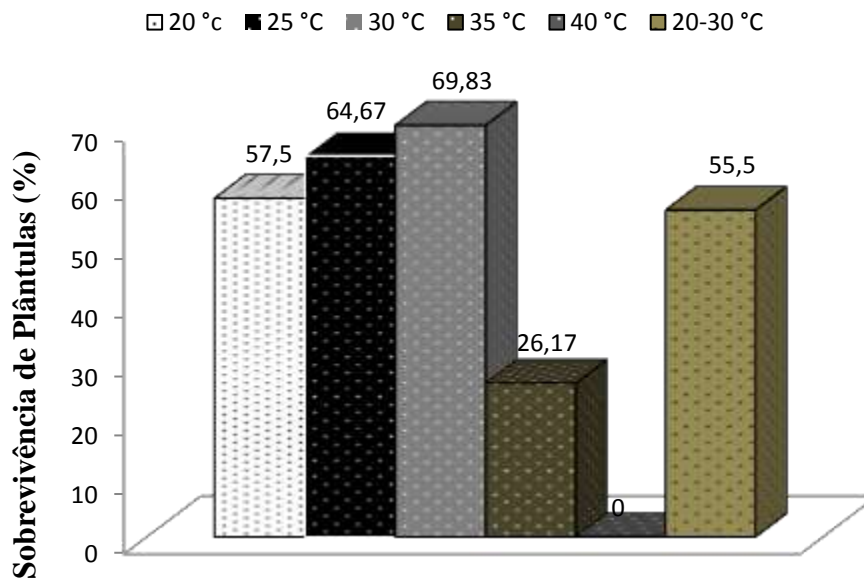
Uma provável explicação da influência negativa das sementes pesadas no índice de velocidade de germinação, é que com o aumento no tamanho da semente, a relação entre a superfície e o volume da semente é reduzida, resultando na diminuição da capacidade de obtenção de água suficiente para iniciar o processo de germinação (HARPER; BENTON, 1966), gerando assim, maiores retardamentos na germinação e no estabelecimento de plântulas.

Sendo assim, esses resultados podem estabelecer uma classe de peso adequada para a multiplicação da espécie com a finalidade de produzir mudas mais homogêneas e vigorosas. A separação de lotes em sementes leves e médias de cumaru são as que contribuem para um aumento da propagação da espécie.

Os resultados seguintes levam em consideração os comportamentos de crescimento de plântulas de cumaru. As temperaturas influenciaram bastante no seu desenvolvimento, destacando-se as de 40 e 35°C, como extremamente prejudicial para o estabelecimento da espécie, eliminando-as após a sua germinação. Esse fenômeno pode estar associado à desnaturação térmica das proteínas da semente e da plântula, como relatado por

Laboriau (1977). As médias das porcentagens de sobrevivência de plântulas em função das temperaturas estão expostas na Figura 3.

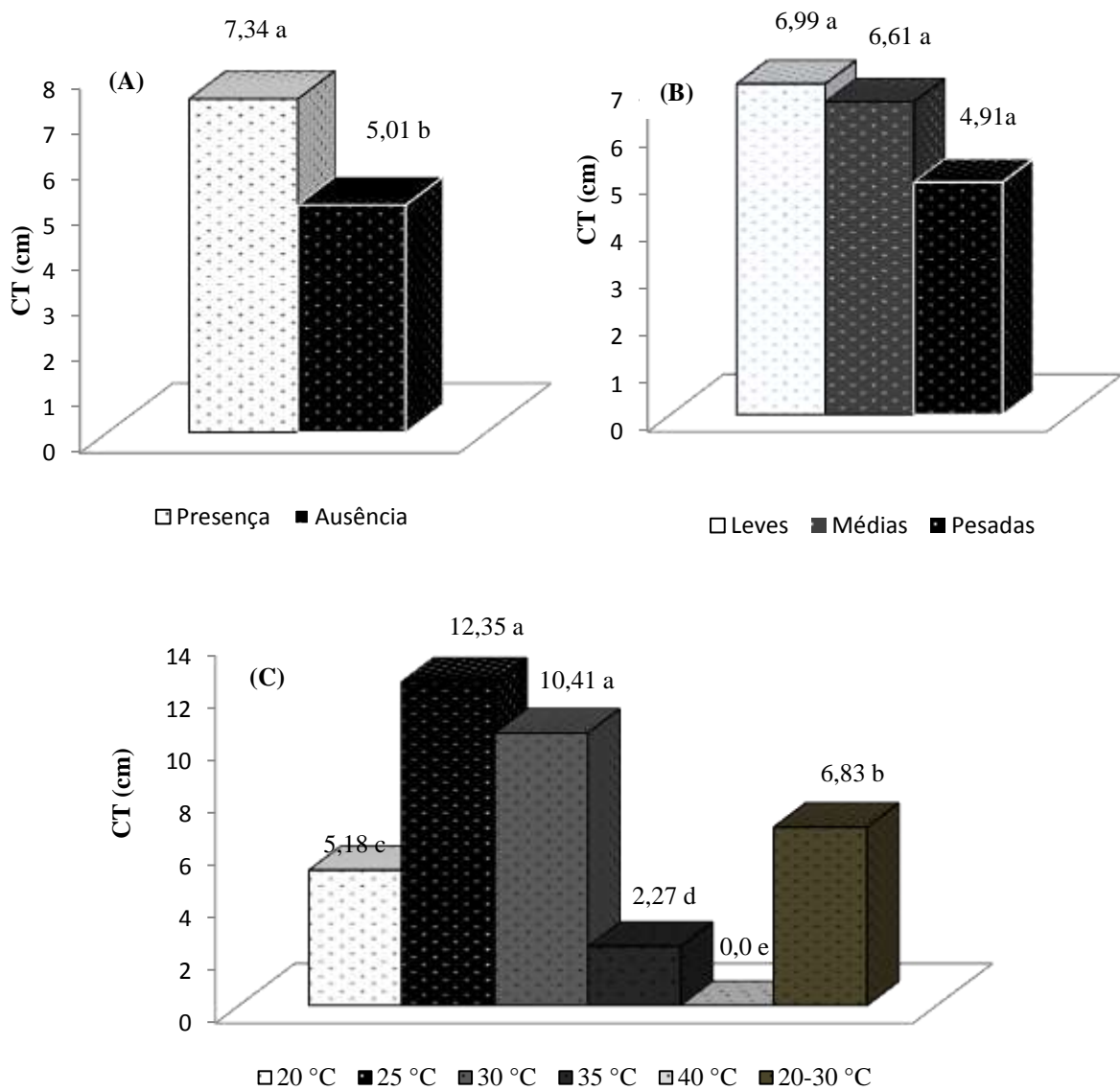
Figura 3: Porcentagem média de sobrevivência das plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) sob diferentes regimes de temperatura.



Fonte: Elaboração do autor.

Com relação ao comprimento total de plântulas de cumaru, pode-se observar na Figura 4 que para os fatores isolados, o melhor crescimento foi resultante quando as sementes foram postas para germinar na presença de luz (FIGURA 4A), onde as classes de pesos não influenciaram o seu desenvolvimento (FIGURA 4B), sendo as temperaturas de 25 e 30°C as ideias para o estabelecimento da plântula (FIGURA 4C). No que refere as temperaturas, os correspondentes resultados esperados foram comprovados por Guedes *et al.* 2010, sendo a temperatura de 30°C umas das que promoveram um maior comprimento de plântulas de cumaru. Dados referentes à luz são sumarizados por Rebouças (2009), sendo a ausência da luz, resultante em um menor comprimento de plântulas de cumaru. Com relação a não influência do peso de sementes no aumento da parte aérea, são encontrados por Lessa (2013), com plântulas de tamboril (*Enterolobium contorsiliquum*).

Figura 4: Comprimento total de plântulas (CT) de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função das condições de luz (A), classes de pesos (B) e regimes de temperaturas (C).



Letras iguais não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney com 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

As exigências das sementes quanto à necessidade de luz estão associados com os diferentes grupos ecológicos: pioneiras, secundárias e clímax (FIGLIOLIA; PIÑA-RODRIGUES, 1995; MELO *et al.* 2004). Rebouças 2009, relata que o cumaru são descritos na literatura, sob distintas formas, sendo mais de um grupo ecológico para esta espécie. Isto

pode ser verificada por Barbosa (2003), que descreve que o cumaru demonstra tolerância à sombra, pois germinam sob o dossel das florestas e, na fase de planta jovem, comportam-se com características de pioneiras. Segundo Sousa e Valio (2001), nas espécies pioneiras, geralmente o que predomina é o fotoblastismo positivo.

Verifica-se na Tabela 5, que o fator luz em conjunto com as temperaturas apresentou respostas peculiares para o comprimento do epicótilo. Esse crescimento foi seguramente evidenciado pela percepção da luz, sendo a sua presença determinante para tal variável. Juntamente com fator luz, as temperaturas de 25 e 30°C foram as que apresentaram um maior comprimento do epicótilo, com um incremento de 20,89 e 38,98%, respectivamente, em relação à ausência de luz. Esses resultados são corroborados com os estudos realizados por Alves *et al.*, 2012, que para avaliação do comprimento da parte aérea de *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard, o seu maior comprimento foi constatado com a temperatura de 30°C no regime de luz branca, sendo este recomendado para avaliação do seu vigor.

Tabela 5: Comprimento do epicótilo (CEP), massa seca da raiz + hipocótilo (MSRH) e total (MST) de plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes temperaturas na presença e ausência de luz.

Luz	Temperatura					
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	20-30°C
CEP (cm)						
Presença	2,06 aD	5,96 aA	6,56 aA	3,10 aC	0,00 aE	4,36 aB
Ausência	1,08 bC	4,93 bA	4,72 bA	0,00 bD	0,00 aD	2,97 bB
MSRH						
Presença	0,013 aC	0,023 aA	0,018 aB	0,007 aD	0,00 aE	0,014 aC
Ausência	0,011 bBC	0,015 bA	0,011 bB	0,000 bD	0,00 aD	0,008 bC
MST						
Presença	0,019 aC	0,040 aA	0,036 aA	0,014 aC	0,00 aE	0,0284 aB
Ausência	0,015 aC	0,033 bA	0,025 bB	0,000 bD	0,00 aD	0,0241 aB

Letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. DMS para CEP, MSRH e MST nas colunas (0,7378; 0,0020; 0,0052, respectivamente) e nas linhas (1,0345; 0,0028; 0,0073, respectivamente).

Fonte: Elaboração do autor.

Ainda na Tabela 5, estão presentes as médias das variáveis biomassa. Para uma maior eficiência da massa seca da raiz+hipocótilo (MSRH) e total (MST), estas também

apresentaram um comportamento similar com o crescimento do epicótilo, com exceção a MSRH em que a temperatura foi um pouco mais baixa, sendo o seu maior incremento (53,33%) na presença da luz juntamente com a temperatura constante de 25°C. Em plantas de *Heliocarpus popayanensis* comportamento semelhante foi verificado, sendo também que a presença de luz beneficia a formação de plântulas normais, apesar das sementes não serem fotoblásticas positivas (BRANCALION *et al.*, 2008).

Já a massa seca total, os maiores rendimentos foram com as temperaturas de 25 e 30°C (21,21% e 44%, respectivamente) em comparação com a limitação da luz. Um desses resultados são similares com os estudos de Pacheco *et al.* (2007), em que a temperatura constante de 30°C foi a que resultou em um maior incremento na massa seca do hipocótilo das plântulas de pau de jangada (*Apeiba tibourbou* Aubl.). Percebe-se ainda nesta variável, que para as temperaturas mais amenas (20°C) e alternadas (20-30°C) a percepção da luz foi indiferente, podendo aferir que a forma do fitocromo presente na espécie se modifica conforme altera as condições térmicas.

A explicação referente ao menor comprimento das plântulas no escuro é devido a permanência do fitocromo phyA ao longo do seu desenvolvimento, inibindo assim, o estiolamento, fenômeno no qual só ocorre na presença do phyB (CARVALHO; PERES, 2013). Com essa resposta, deduz-se que em condições sob baixa luminosidade, em um dossel muito fechado, o cumaru sofre fortes competições por luz, necessitando assim, de uma clareira para o seu crescimento e sobrevivência.

Embora o cumaru seja uma espécie tipicamente adaptável às condições do semiárido e lembrando que não houve influência da luz para a germinação das sementes, os resultados são bastante elucidativos e a presença de luz foi decisiva para o crescimento das plântulas, permitindo o desenvolvimento normal de suas estruturas, indicando assim, classificá-la a espécie na sucessão ecológica como pioneiras.

Com relação à influência das temperaturas e pesos das sementes no crescimento das plântulas (TABELA 6), pode-se observar que em baixas, altas e temperaturas alternadas (20, 35, 40 e 20-30°C), estas não foram determinantes na diferenciação das classes de pesos. As temperaturas de 25 e 30°C foram fundamentais na sua percepção, onde as sementes leves e médias se destacaram como as melhores, favorecendo assim, um maior crescimento. A temperatura ótima para germinação e crescimento das plântulas é um fator primordial que faz com que haja atuação das reservas das sementes no estabelecimento da espécie, sendo a temperatura ideal responsável pela aceleração do metabolismo e translocação de reservas da semente para o eixo embrionário.

Tabela 6: Comprimento do epicótilo (CEP) de plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso da semente.

Classes	CEP					
	Temperatura					
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	20-30°C
Leves	1,53 aC	6,44 aA	6,46 aA	1,97 aC	0,00 aD	4,23 aB
Médias	1,66 aD	5,40 abB	6,71 aA	1,45 aD	0,00 aE	3,49 aC
Pesadas	1,53 aB	4,48 bA	3,75 bA	1,23 aB	0,00 aC	3,28 aA
dms para colunas =		1,0848	dms para linhas =		1,2670	

Letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

Esse processo que culminou num maior crescimento é resultante de uma condição favorável à germinação, que está associada a uma sequência complexa de reações bioquímicas, pelas quais substâncias de reservas armazenadas no tecido de sustentação são desdobradas, transportadas e ressintetizadas no eixo embrionário, sendo essa germinação tanto mais rápida e eficiente quanto maior for a temperatura, até certo limite, (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Dentro desses limites, a temperatura de 25 e 30°C possibilitou melhor translocação de reservas com máxima eficiência quando se utilizou sementes leves e médias. Uma comparação entre as sementes leves e pesadas revela um incremento na parte aérea de mais de 72% na temperatura de 30°C.

Na Tabela 7, encontra-se a combinação tripla de luz e pesos interagindo com as temperaturas. Nota-se que para um maior incremento no comprimento da raiz + hipocótilo, a temperatura de 25°C nas classes leves e médias, ambas na presença e ausência de luz foi determinante para essa variável. Destaca-se também, um incremento com a temperatura de 30°C com as sementes leves e médias, que diferente da temperatura de 25°C, apenas as leves não apresentaram o mesmo comportamento, sendo a sua contribuição para o CRH exclusivamente na presença de luz, verificando que a temperatura e o peso da semente influenciam na percepção da luz. Nas temperaturas 20, 35, 40 e 20-30°C, essas não foram perceptíveis quanto à combinação da luz e pesos no desenvolvimento radicular.

Tabela 7: Médias do comprimento da raiz + hipocótilo (CRH) e massa seca do epicótilo (MSEP) de plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) para a interação tripla luz x peso x temperaturas.

LUZ X PESOS	CRH					
	TEMPERATURA					
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	20-30°C
Claro X Leves	3,81 aC	9,1 aA	6,28 aAB	1,61 aD	0,00 aE	4,07 aBC
Claro X Médias	4,23 aB	7,84 abA	6,75 aA	1,32 aC	00,0 aD	3,54 aB
Claro X Pesadas	3,42 aB	5,7 bA	4,05 bcAB	1,35 aC	0,00 aD	2,66 aB
Escuro X Leves	3,58 aB	6,78 abA	4,19 bB	0,00 aC	0,00 aC	3,26 aB
Escuro X Médias	3,52 aBC	6,69abA	4,97 abAB	0,00 aD	0,00 aD	3,03 aC
Escuro X Pesadas	3,06 aB	5,29 bA	2,35 cB	0,00 aC	0,00 aC	2,42 aB
	MSEP					
Claro X Leves	0,006 aB	0,018 aA	0,018 aA	0,008 aB	0,00 aC	0,015 bAB
Claro X Médias	0,007 aB	0,016 aAB	0,020 aA	0,006 aB	0,00 aC	0,015 bAB
Claro X Pesadas	0,007 aB	0,016 aA	0,015 aAB	0,006 aB	0,00 aC	0,013 bAB
Escuro X Leves	0,004 aBC	0,019 aA	0,014 aA	0,00 aC	0,00 aC	0,010 bAB
Escuro X Médias	0,006 aB	0,017 aA	0,018 aA	0,00 aB	0,00 aB	0,009 bAB
Escuro X Pesadas	0,004 aCD	0,015 aB	0,010 aBC	0,00 aD	0,00 aD	0,027 aA

Letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. CRH: dms para colunas = 0,7310; dms para linhas = 0,6990. MSEP: dms para colunas = 0,0103; dms para linhas = 0,0098.

Fonte: Elaboração do autor.

Em função da temperatura e o peso da semente adotada, a influência da luz no crescimento raiz/hipocótilo é alterado, sendo na temperatura de 25°C fotoblásticas neutras ou não fotoblásticas. Nessa situação, Takaki (2001) classifica de fotoblastismo neutro às sementes insensíveis a luz que tem PhyA controlando a germinação através de fluência muito baixa (RFMB). Já um pequeno aumento na temperatura (5°C), foi suficiente para mudar esse comportamento, sendo nas sementes médias a permanência do fotoblastismo neutro e nas leves o fotoblastismo positivo.

No que diz respeito à massa seca do epicótilo, nota-se que a combinação da luz e classes de pesos não foi influenciada estatisticamente pelas temperaturas constantes, exceto a temperatura alternada (20-30°C), onde apenas as sementes pesadas germinadas no escuro contribuíram estatisticamente para um maior rendimento de massa seca do epicótilo. Temperaturas de 20, 35 e 40°C prejudicam fortemente tal variável, independente da luz e pesos.

Com isso, notam-se particularidades nas classes de pesos e luz com as diferenças nas temperaturas. Em temperaturas alternadas há uma demonstração significativa do peso da semente com a influência da luz, sendo as pesadas e na ausência de luz uma condição decisiva para um aumento da MSEP. As sementes classificadas como pesadas que conseguiram completar o processo germinativo, por apresentarem maiores conteúdos de reservas houve uma maior translocação destas para parte aérea, resultando assim, num maior acúmulo de biomassa, sendo a alternância de temperaturas uma condição decisiva para tal comportamento.

A temperatura modifica o crescimento das plântulas conforme a quantidade de reservas nas sementes, indicando mudança no tipo de fitocromo no decorrer do desenvolvimento da espécie. Isso demonstra que os fatores ambientais estabelecem comportamentos distintos para a espécie conforme a temperatura do ambiente e o tipo de luz. Ambos os fatores extrínsecos alteram respostas na planta quanto à quantidade de reservas nas sementes. Esses resultados poderão fornecer informações ecológicas e agronômicas para um melhor entendimento e exploração sustentável da espécie com finalidade de propagá-la eficientemente para fins de reflorestamento e de sua preservação.

4 CONCLUSÕES

A germinação das sementes de *A. cearensis* apresenta fotoblastismo neutro.

Sementes leves e médias apresentam maior vigor em comparação às pesadas, com maior porcentagem final para as sementes leves.

A temperatura de 30°C é a mais adequada para a condução do teste de germinação das sementes, sendo as temperaturas de 35 e 40°C intensamente prejudiciais para o crescimento das plântulas.

A temperatura e o peso da semente influenciam na percepção da luz para a formação de plântulas.

As plântulas oriundas de sementes leves e médias, conduzidas sob temperaturas constantes de 25 e 30°C na presença de luz resultaram em maior crescimento do epicótilo e do eixo raiz + hipocótilo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA J. R. G. S.; GUIMARÃES A. G. G.; SIQUEIRA, J. S.; SANTOS, M. R. V.; LIMA J. T.; NUNES X. P.; QUINTANS JÚNIOR, L. J. *Amburana cearensis* – uma revisão química e farmacológica. **Scientia Plena**, v. 6, n. 11, p 1-8, 2010.
- ALVES, M. M.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; MOURA, S. S. S.; BARROZO, L. M.; ARAÚJO, L. R. Potencial fisiológico de sementes de *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. – *Fabaceae* submetidas a diferentes regimes de luz e temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2199-2205, 2012.
- AMATO, A. L. P.; MAIA, F. C.; MAIA, M. S.; CAETANO, L. S.; SIMIONI, S. B.; CONTO, L.; BONINI FILHO, R. M. Estabelecimento de condições de luz e temperatura na germinação de sementes de amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 61-66, 2007.
- ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 249-256, 2003.
- BARBOSA, D. C. A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p.625-656.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD K.J.; HILHORST H.W.M.; NONOGAKI H. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*, 3rd ed. New York: Springer. 2013. 392p.
- BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.
- BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R.; CHAMMA, H. M. C. P. Efeito da luz e de diferentes temperaturas na germinação de sementes de *Heliocarpus popayanensis* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 225-232, 2008.
- BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. SNDA / DNDV / CLAV. Brasília, 2009. 399 p.
- CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R.; BEZERRA, A. M. E.; LEAL, L. K. A. M.; VIANA, G. S. B. **Uso de Plantas Jovens de *Amburana cearensis* A. C. Smith: Alternativa para Preservação e Exploração Econômica da Espécie**. Embrapa Semiárido Petrolina. 2008. 24 p. (Documentos, 208).
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. p. 590.

CARVALHO, R. F.; PERES, L. E. P. **Fotomorfogênese**. Disponível em: <<http://www.miniweb.com.br/ciencia/artigos/fotomorfogenese.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

DINIZ, F. O.; MOREIRA, F. J. C.; SILVA, F. D. B.; MEDEIROS FILHO, S. Influência da luz e temperatura na germinação de sementes de oiticica (*Licania rigida* Benth.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 476-80, 2008.

DUARTE, M. J. **Análise de sementes de seis espécies autoclones e alternativas para o reflorestamento na região semi-árida do Nordeste brasileiro**. 1978. 153 f. Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1978.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste, 2000**; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/UFC, 2001. 14 p.

ESTATCAMP. **Software Action**. Disponível em: <<http://www.estatcamp/empresa/software-action>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

FELIX, R. A. Z. **Efeito alelopático de extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith sobre a germinação e emergência de plântulas**. 2012. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B.; SILVA, A. Germinação de sementes de três arbóreas brasileiras. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 107-115, 2009.

FIGLIOLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Considerações práticas sobre o teste de germinação. In: **Manual técnico de sementes florestais**. IF Série Registros, São Paulo, n.14, p.45-59, 1995.

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

HARPER, J. L.; BENTON, R. A. The behaviour of seeds in soil: II. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. **Journal of Ecology**, Quito, v.54, n.1, p.151-166, 1966.

LABORIAU, L. G. Shift of the maximum temperature of *Vicea graminea* seeds following imbibition of deuterium oxide. **Journal of Thermal Biology**, v. 2, p. 111-114, 1977.

LESSA, B. F. T. **Germinação e crescimento de plântulas de *Enterolobium contorsiliquum* (vell.) morong em função do peso de semente, localização no fruto e condições de temperatura e luz**. 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2013.

LOPES, A.; GRABE, D. F. Effert of protein content to the performance in wheat. **Proc. Assoc. Off. Seed. Anal.**, v. 63, p. 106-115, 1973.

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

MANO, A. R. O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* s.) sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento de plântulas de alface, picão-preto e carrapicho**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

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

MELO, F. P. L.; AGUIAR NETO, A. V. de; SIMABUKURO, E. A.; TABARELLI, M. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação - do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 237-250.

MILLER, D. A. Allelopathy in forage crop systems. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 6, p. 854-859, 1996.

NOGUEIRA, F. C. B.; SILVA, J. W. L.; BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Luetzelburgia auriculata* (Alemão) Ducke – Fabaceae. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 26, n. 4, p. 772-778. 2012.

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

PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae – Caesalpinoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n.1, p. 141-148, 2011.

PONS, T. L. Seed Response to Light. In: F. Fenner. **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**. Wallingford, UK, CAB International. 1992.

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

RIBEIRO, C. A. D.; COSTA, M. P.; SENNA, D. S.; CALIMAN, J. P. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 161-168. 2012.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, G. M.; MAIA, M. S.; MORAES, C. O. C. Influência do peso da semente sobre a germinação e o vigor de cevadilha vacariana (*Bromus auleticus* Trinius). **Revista Brasileira de Agrociência**. Nota Técnica. Pelotas, v. 13, n. 1, p. 123-126, 2007.

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

SMITH, H. Light quality and germination: ecological implications. In: HEYDECHER, W. (Ed.). **Seed ecology**, London: Butterworth, 1975. p. 131-219.

SOUZA, R. P.; VALIO, I. F. M. Seed size, seed germination and seedling survival of Brazilian tropical tree species differing in successional status. **Biotropica**, USA, v. 33, n. 3, p. 447-457, 2001.

TAKAKI, M. New proposal of classification of seeds based on forms of phytochrome instead of photoblastism. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Rio Claro, v. 13, p. 104-108, 2001.

THOMPSON, K.; GRIME, J. P. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. **Journal of Applied Ecology**, v. 20, p. 141-156. 1983

CAPÍTULO II – TOLERÂNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. EM FUNÇÃO DO PESO DA SEMENTE

RESUMO

Amburana cearensis (Allemão) A.C. Smith conhecida como cumaru, é uma espécie presente em todo bioma Caatinga, sendo recomendada para recuperação de áreas degradadas e usos fitoterápicos. No entanto, o manejo dessa espécie é escasso, necessitando de estudos básicos para entender seu comportamento ecológico e fisiológico. O objetivo do trabalho foi determinar a curva de embebição e os níveis de tolerância ao estresse hídrico na germinação e no crescimento inicial de plântulas de cumaru em função do peso da semente. Inicialmente as sementes foram pesadas e separadas em três classes de peso (leves, médias e pesadas). Para a determinação da curva de embebição, 25 sementes com quatro repetições de cada classe foram imersas em recipientes contendo 75 mL de água destilada e pesadas em intervalos predeterminados. No segundo ensaio, as sementes foram submetidas ao estresse hídrico utilizando soluções de polietilenoglicol 6000, em diferentes potenciais (0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa). Ambos os experimentos foram conduzidos em B.O.D. à temperatura de 30°C com fotoperíodo de dose horas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 6 (classes de peso x potenciais osmóticos). Para a avaliação do experimento foram determinados a primeira contagem, porcentagem final, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca do epicótilo, do eixo raiz+hipocótilo, total e a razão parte aérea/raiz. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e quando se apresentaram normais realizou-se análise de variância, comparação de médias pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade e regressão polinomial para os dados quantitativos. Sementes leves e médias de cumaru apresentam o mesmo padrão de absorção de água, enquanto as pesadas não atingem a fase III da curva. O decréscimo do potencial hídrico prejudica a germinação e o crescimento de plântulas oriundas de sementes médias e pesadas em relação às leves, sendo a partir do potencial -0,6 MPa uma condição estritamente limitante na formação de plântulas normais de cumaru.

Palavras-chave: Cumaru. Embebição. Potencial osmótico.

CHAPTER II – TOLERANCE TO DROUGHT STRESS IN THE GERMINATING SEED AND SEEDLING GROWTH OF *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith A FUNCTION OF WEIGHT OF SEED

ABSTRACT

Amburana cearensis (Allemão) A.C. Smith known as *cumaru* is a species present throughout *Caatinga* biome and is recommended for reclamation and herbal uses. However, the management of this species is scarce, requiring basic studies to understand their physiological and ecological behavior. The aim of this study was to determine the curve of water absorption and levels of tolerance to drought stress on germination and seedling growth of *cumaru* depending on the weight of the seed. Initially seeds were weighed and separated into three weight classes (light, medium and heavy). For the determination of the imbibition curve, 25 seeds with four replicates of each class were immersed in containers containing 75 ml of distilled water and weighed at predetermined intervals. In the second experiment, the seeds were subjected to drought stress using PEG 6000 at different potentials (-0.2, -0.4, -0.6, -0.8 and -1.0 MPa). Both experiments were placed to germinate at 30°C in B.O.D twelve-hour photoperiod. The experimental design was a completely randomized factorial 3 x 6 (weight classes x osmotic potential). For the evaluation of germination were determined at 1 ° count, percentage and germination speed index. For the evaluation of seedling growth was determined the length and drought mass of the epicotyls, hypocotyl / root axis and root / shoot ratio. The data were tested for normality and when were normals used variance analysis, comparison of means by Tukey test at 5% probability and polynomial regression for quantitative data. Light and medium seeds of *A. cearensis* show the same pattern of water absorption, while the heavy not reach phase III of the curve. The decrease of water potential negatively affects the germination and growth of seedlings from seed medium and heavy compared to the light, and from the potential -0.6 MPa becomes a condition strictly limiting the formation of normal seedlings of *A. cearensis*.

Keywords: *Cumaru*. Imbibition. Osmotic potential.

1 INTRODUÇÃO

Amburana cearensis (Allemão) A.C. Smith, também conhecida popularmente como cumaru, cumaru-de-cheiro ou cerejeira, ocorre com frequência em todo bioma Caatinga e possui importância para diversos setores das ciências agrárias, o que torna esta espécie um ponto chave para estudos sócioambientais no semiárido nordestino. Quanto à sua aplicabilidade, sua madeira é empregada na confecção de mobiliários finos e marcenaria em geral (LORENZI, 2008), além de ser altamente almejada para a produção industrial de fitoterápicos, em virtude de suas propriedades medicinais cientificamente comprovadas (CANUTO *et al.*, 2008).

O semiárido nordestino apresenta grandes potencialidades econômicas de desenvolvimento sustentável, constituindo-se em bioma rico e diversificado (ALVES *et al.*, 2012). Porém, no que diz respeito às condições climáticas, a escassez de água é um dos fatores mais adversos que limitam o desenvolvimento de muitas espécies, o que faz com que as plantas da Caatinga desenvolvam diversas adaptações físicas e fisiológicas para sua sobrevivência. Nesse sentido, o cumaru é um exemplo de espécie pouco sensível à variação do conteúdo de água do solo e que, para isto, esta e outras espécies nativas da caatinga, desencadeiem muitas medidas funcionais para sobreviver em condições de estresse hídrico (TROVÃO *et al.*, 2007).

A água é um dos fatores abióticos que afetam o processo germinativo das sementes (STEFANELLO *et al.*, 2006), sendo esta a responsável pela primeira etapa na sequência de eventos da germinação de sementes denominada embebição, um tipo de difusão que ocorre quando as sementes absorvem água, dando início a uma série de processos físicos, fisiológicos e bioquímicos no interior da semente que culminam na emissão da radícula (MARCOS FILHO, 2005).

Portanto, conhecer o período de germinação e estabelecimento das plântulas é importante para a sobrevivência das espécies florestais, principalmente nos locais onde a disponibilidade de água está limitada durante um período do ano (REGO, 2011).

Os estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes à condição de estresses artificiais têm importância para a ecofisiologia e constituem-se em ferramentas que possibilitam a avaliação dos limites e tolerância de sobrevivência e adaptação destas espécies às condições de estresses naturais (GUEDES *et al.*, 2013).

Uma das técnicas mais utilizadas para simular condições de baixa umidade no substrato tem sido o uso de soluções com diferentes potenciais osmóticos (TAYLOR; HARMAN, 1990). Atualmente, o polietilenoglicol (PEG) vem sendo utilizado com sucesso em trabalhos de pesquisa para simular os efeitos do déficit hídrico em espécies florestais, a exemplo da *Amburana acreana* (BELLO *et al.*, 2008), *Piptadenia moniliformis* Benth. (AZERÊDO, 2009), *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (MOURA *et al.*, 2011), *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. (RÊGO *et al.*, 2011), *Erythrina falcata* Benth. (PELEGRINI *et al.*, 2013) e *Apeiba tibourbou* (GUEDES *et al.*, 2013), uma vez que é quimicamente inerte e atóxico para as sementes, além de não penetrar no tegumento devido ao elevado tamanho de suas moléculas, proporcionando a embebição lenta e controlada das sementes (VILLELA *et al.*, 1991).

O peso da semente e/ou tamanho é um fator que pode estar relacionado como uma estratégia de sobrevivência ao estresse hídrico. Com o aumento no tamanho da semente, a relação entre a superfície e o volume da semente é reduzida, resultando na diminuição da capacidade de obtenção de água suficiente para iniciar o processo de germinação, gerando assim, maiores atrasos na germinação e no estabelecimento de plântulas (HARPER; BENTON, 1966). Em trabalhos relacionados com embebição, considerando-se diferentes tamanhos de sementes, têm sido constatados que as sementes de menor tamanho atingem teores de água superiores aos observados para sementes de maior tamanho (CALERO; WEST; HINSON, 1981; SOUZA, 1996; BECKERT; MIGUEL; MARCOS FILHO, 2000). Assim, a classificação das sementes por peso é uma estratégia que pode ser utilizada para uniformização da germinação e desenvolvimento de plântulas, obtendo-se mudas de tamanhos semelhantes e/ou de maior vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Vários trabalhos foram concretizados para conferir a influência da massa/peso da semente na sua germinação e na qualidade fisiológica de diversas espécies vegetais, porém, no que diz respeito às florestais, estudos ainda são bastante escassos, sendo referenciadas algumas espécies, como jatobá-do-cerrado, ipê-roxo, tamboril (PEREIRA *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.* 2012, LESSA, 2013).

Assim, objetivou-se nesse trabalho determinar a curva de embebição e os níveis de tolerância ao estresse hídrico na germinação e no crescimento de plântulas de cumaru em função do peso da semente.

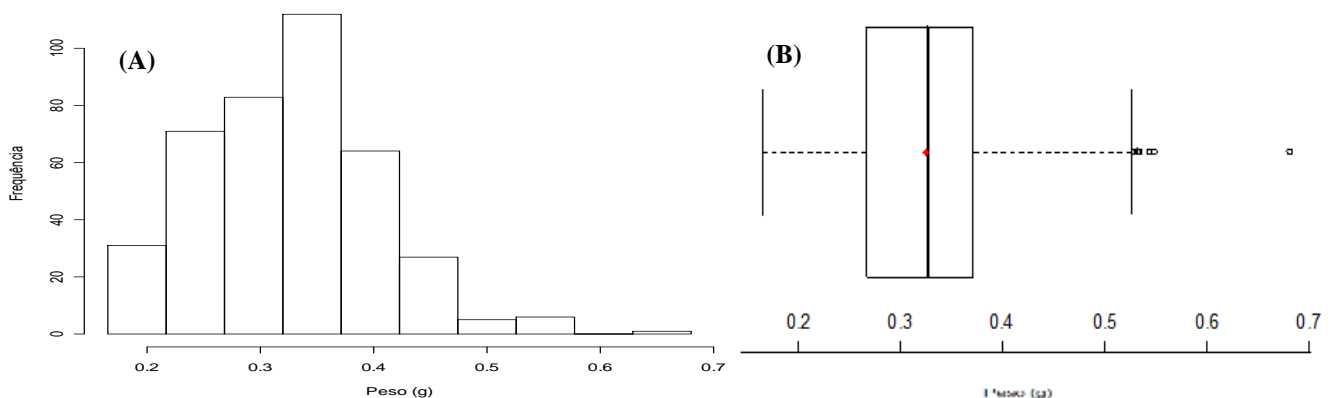
2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de cumaru foram coletadas manualmente de frutos maduros de 20 matrizes, escolhidas ao acaso, no mês de julho de 2012, na Fazenda Experimental Vale do Curu, situada no município de Pentecoste-CE a 110 km de Fortaleza. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido com chuvas irregulares, com duas estações climáticas bem definidas, com precipitação anual de 800,9 mm, temperatura média anual de 27,1°C e umidade relativa média do ar de 74% (EMBRAPA, 2001).

Após as coletas dos frutos, os mesmos foram acondicionados em sacos de polietileno e encaminhados para o Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza-CE, onde as sementes foram extraídas, beneficiadas manualmente e colocadas para secar à sombra por seis dias. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas em câmara fria ($\pm 12^{\circ}\text{C}$ e 50%) até a instalação do experimento.

Inicialmente, uma amostra de 400 sementes foi separada do lote e cada unidade de semente foi pesada individualmente em balança analítica (0,0001g) com o objetivo de dividir a amostra em três classes distintas de acordo com seu peso específico, sendo assim, definidas em: leves ($<0,25$ g), médias (0,25 – 0,35 g) e pesadas ($>0,35$ g). As categorias leves e pesadas foram baseadas no primeiro e terceiro quartil da representação boxplot da amostra do lote, enquanto que as médias foram as sementes que ficaram com o peso intermediário entre pequenas e pesadas (FIGURA 1). Após a determinação das classes, as sementes de todo o lote foram pesadas individualmente e separadas em suas respectivas classes.

Figura 1: Histograma de frequência (A) e boxplot (B) para a distribuição de peso de uma amostra de 400 sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith).



Fonte: Elaboração do autor.

Para a determinação dos teores de água tomou-se ao acaso duas subamostras de 5g de semente de cada classe, sendo posteriormente, acondicionadas em cápsulas de alumínio e levadas à estufa a 105°C, durante 24 horas (BRASIL, 2009).

A assepsia das sementes de cada classe foi realizada mediante a imersão em hipoclorito de sódio a 5%, durante 15 minutos e posteriormente lavadas em água corrente e destilada. As mesmas também foram lavadas com uma solução a 0,4% de nistatina[®] para evitar o aparecimento de fungos.

Para a determinação da curva de embebição, inicialmente foram pesadas quatro repetições de 25 sementes de cada classe que foram imersas em copos descartáveis contendo 75 mL de água destilada e acondicionadas em germinadores tipo B.O.D. regulado à temperatura constante de 30°C com fotoperíodo de 12 horas. As pesagens das sementes embebidas se deram nos intervalos de hora em hora nas primeiras 12 horas, depois 14, 16, 18, 21, 24, 30, 36, 48, 72, 96, e 120h com término da avaliação quando 50% das sementes em cada repetição haviam emitido a radícula. Em cada um dos períodos, as sementes foram retiradas da solução, secadas superficialmente com papel absorvente, pesadas e em seguida colocadas novamente na B.O.D., até o final da avaliação. Os resultados foram expostos com base da porcentagem de ganho de água em relação ao peso inicial de cada classe de semente, de acordo com o procedimento descrito por Lima *et al.* (2007).

No segundo ensaio, as sementes foram submetidas ao estresse hídrico, utilizando soluções de polietilenoglicol (PEG 6000), preparadas de acordo com Villela *et al.* (1991). Para cada classe de peso foram utilizadas quatro repetições com 25 sementes, as quais foram colocadas para germinar em papel toalha e organizado na forma de rolo, umedecidos com água destilada (testemunha) e com solução de PEG 6000 em diferentes potenciais (-0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa), com a quantidade equivalente à três vezes o peso do papel seco. As repetições de cada tratamento foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, com a finalidade de evitar a perda de água por evaporação. O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação regulada na temperatura constante de 30°C, com fotoperíodo de dose horas. Quando necessário, foi feito o reumedecimento das amostras com a respectiva solução de PEG 6000.

A avaliação da germinação foi diária, sendo consideradas sementes germinadas as que apresentaram extensão radicular igual ou superior a 2 mm (BORGHETTI; FERREIRA, 2004). Ao final do teste, foram determinadas as porcentagens de germinação (primeira contagem e final, respectivamente aos 7º e 21º dia) e o índice de velocidade de germinação

(IVG) com contagens diárias do número de sementes germinadas até 21 dias após a semeadura, calculados conforme a fórmula proposta por Maguire (1962).

Após o encerramento do teste de germinação (aos 21 dias), foi avaliado o comprimento das plântulas normais que apresentavam as suas estruturas essenciais bem formadas (BRASIL, 2009) de cada repetição com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo mensurada a parte acima da inserção cotiledonar (comprimento do epicótilo – CEP) e abaixo, o eixo raiz + hipocótilo (CRH); os resultados foram expressos em cm.plântula^{-1} . O cálculo da relação raiz/parte aérea foi realizado com base nos comprimentos de CEP e CRH. Após a retirada dos cotilédones, todas as frações do epicótilo e hipocótilo + raiz de cada parcela foram colocadas separadamente em sacos de papel tipo kraft e levadas à estufa de ventilação forçada, regulada a 80°C durante 24 horas (NAKAGAWA, 1999), para a determinação da massa seca do epicótilo (MSEP) e massa seca da raiz + hipocótilo (MSRH). Decorrido esse período, as plântulas foram colocadas em dessecadores por 10 minutos e, em seguida pesadas em balança analítica (0,0001g). O resultado foi expresso em g.plântulas^{-1} . Foi determinada ainda a soma do CEP e CRH, para compor o comprimento total e a massa seca total por plântulas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 6 (classes de peso x potenciais osmóticos). Para a análise estatística, os dados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e Komolgorov-Smirnov visando analisar a normalidade da distribuição. Quando os dados apresentaram-se normais, em um ou ambos os testes, aplicou-se a análise de variância (ANAVA) e teste de Tukey (5%) para comparação de médias dos dados qualitativos. Quando significativo, os dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão polinomial ($P < 0,05$). O aplicativo Box-Cox (ESTATCAMP, 2013) foi utilizado para transformar os dados não normais e atendendo o pressuposto, realizou-se a análise de variância, sendo apresentados os dados originais. Quando não atendendo o pressuposto (não normais) realizou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney (5%), comparando os tratamentos em pares e de forma independente.

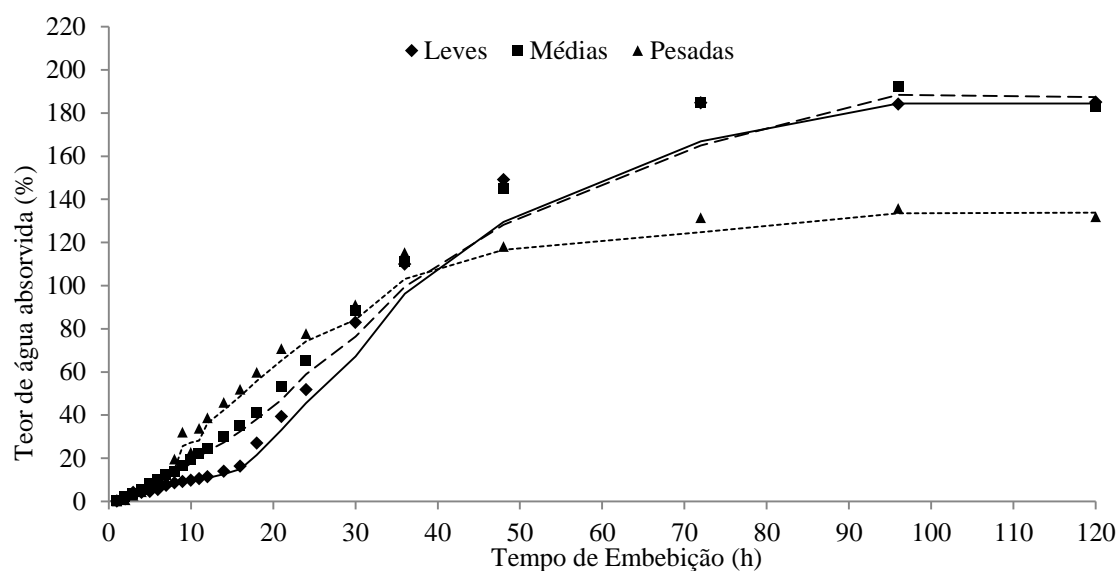
Para as análises estatísticas utilizou-se o auxílio do programa Assistat 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009) para realização da ANAVA e teste de Tukey. Para as análises de regressão utilizou-se o programa SISVAR 4.3 (FURTADO, 2000). O software Action 2.4 (ESTATCAMP, 2013) foi utilizado para os testes de normalidade e Mann-Whitney.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de cumaru encontravam com teor de água em torno de 9,0%, independente do peso das mesmas. O objetivo em estudar a curva de embebição separado pelo peso das sementes possibilitará um melhor entendimento do processo de germinação da espécie. Assim, a determinação das fases de absorção de água pelas sementes, auxiliará em uma melhor compreensão, quando as sementes apresentarem algum estresse hídrico.

Na figura 2, em cada classe de peso foi computada proporcionalmente a absorção de água com base no peso inicial, podendo notar um comportamento diferenciado durante o processo de embebição das sementes de *A. cearensis*. Com isso, fica mais visível a evolução do processo de entrada da água pelas sementes seguindo o padrão trifásico, proposto por Bewley et al., (2013). Na fase I é caracterizado pela rápida velocidade de embebição e ganho do peso bastante acentuado, que de acordo com Marcos Filho (2005), essa fase possui em geral uma ocorrência de oito a dezesseis horas, período em que surgem os primeiros sinais da reativação do metabolismo. No que refere as sementes pesadas, observa-se que a porcentagem de ganho em água foi menor em relação às outras classes de peso. Verifica-se um ganho de água já nas primeiras horas de avaliação, se estendendo até o intervalo de 36 horas, caracterizando assim a fase I. Com relação às sementes leves e médias, nota-se um desempenho na absorção de água muito similar, verificando-se também um aumento considerável da embebição nas primeiras 36 horas, podendo assim, classificá-la a fase I.

Figura 2. Incremento sobre a massa inicial obtido durante a embebição de três classes de peso de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith)



Fonte: Elaboração do autor.

Assim, o período registrado na fase I para as três classes de pesos situa-se entre o intervalo de 0 a 36 horas, tendo as sementes leves aumentadas em função do seu peso inicial em torno de 109,74%, médias em 111,20% e pesadas em 115,20%. Estes resultados, em comparação com os encontrados por Pereira (2010) com a mesma espécie, tiveram uma diferença de intervalo de 12h em relação à fase I (48h). Esse intervalo maior encontrado pode ser em função da menor temperatura em que o experimento foi executado (25°C), o que pode ter reduzido um pouco o metabolismo das sementes.

Após o período da primeira fase, observa-se que a absorção de água se deu mais lentamente para as três classes de peso. No que se refere as sementes leves e médias, pode-se observar que o pequeno acréscimo se expressou no período entre 36 a 72 horas, caracterizando assim, a fase II. Nesta etapa é necessária uma redução na absorção de água para a mobilização das substâncias que foram metabolizadas na Fase I da região de reserva para os tecidos meristemáticos (BEWLEY et al., 2013). Já para as sementes pesadas, esta fase foi mais prolongada, mantendo-se constante até o final da avaliação (120h), evidenciando que a mesma não apresentou a fase III, ou seja, não dando início a emissão da radícula. Essa limitação das sementes pesadas em não alcançar a fase III, por mais que as mesmas possuem maior quantidade de reservas, pode estar relacionada com o fato de que suas sementes possuem maior teor de cumarina, que de acordo com Barbosa (2003), níveis crescentes destas substâncias nas sementes podem inibir a germinação da espécie.

Já a fase III diferenciada pela absorção ativa de água é atingida pelas sementes não dormentes e viáveis (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), que na Figura 2 foi visualizada a partir de 72 horas de embebição com as sementes leves e médias dando início a emissão da protrusão da raiz primária que no final da avaliação havia em média 50% dessa emissão.

A ANAVA (TABELA 1) revelou que houve interação entre as classes de peso de sementes e potenciais osmóticos tanto para as variáveis germinativas quanto para os parâmetros de crescimento de plântulas de cumaru, exceto o comprimento total que atuou de forma isolada. Os dados da porcentagem final de germinação, relação parte aérea com hipocótilo/raiz e massa seca do epicótilo não atenderam à pressuposição de normalidade de distribuição, mesmo após as transformações dos dados.

Tabela 1: Resumo da ANAVA das variáveis IVG (índice de velocidade de germinação), CEP (comprimento do epicótilo), CRH (comprimento da raiz + hipocótilo), MSEP (massa seca do epicótilo), MSRH (massa seca da raiz + hipocótilo) e MST (massa seca total) de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith).

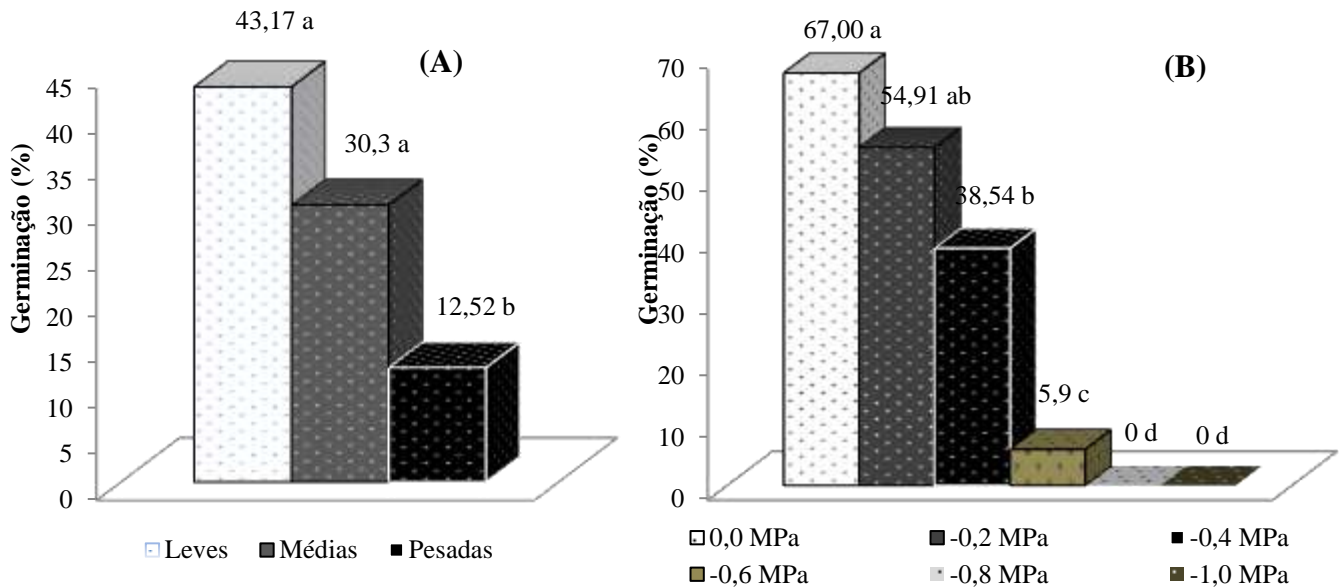
Fatores de Variação	GL	QM						
		1ª CONT.	IVG	CEP	CHR	CT	MSHR	MST
PESO (P)	2	90,01**	4,26**	0,20**	6,58**	1,54**	1,0x10 ⁻⁵ ns	4,0x10 ⁻⁵ *
EST. HÍDRICO (E)	5	103,71**	5,90**	2,58**	9,03**	5,95**	8,0x10 ⁻⁵ **	1,05x10 ⁻³ **
P X E	10	3,38**	0,74**	0,09*	0,52*	0,11 ^{ns}	2,0x10 ⁻⁵ **	2,0x10 ⁻⁵ *
Tratamentos	17	67,11**	2,79**	0,79**	3,94**	1,97**	4,00x10 ⁻⁵ **	3,1x10 ⁻⁴ **
Resíduo	54	1,68	0,09	0,03	0,21	0,06	1,0x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻⁵
CV (%)		18,95	38,84	49,76	29,61	23,39	40,47	21,45

**significância a 1%, *significância a 5%, ^{ns} - não significativo, ambos pelo teste F.

Fonte: Elaboração do autor.

Observa-se na Figura 3A que as classes de pesos de sementes de cumaru influenciaram na porcentagem final de germinação, destacando as sementes leves e médias com os melhores desempenhos. No que diz respeito ao efeito do estresse hídrico, as melhores médias para a germinação das sementes foram observadas com a testemunha e o potencial -0,2 MPa, onde a partir daí a porcentagem foi fortemente influenciada à medida que se reduziu o potencial hídrico, verificando a germinação das sementes até o limite de -0,6 MPa, chegando a zero nos potenciais -0,8 e -1,0 MPa (FIGURA 3B). Uma possível explicação para esta redução na germinação em função da diminuição do potencial osmótico é o alto peso molecular do polietilenoglicol, que devido à alta viscosidade não é absorvido, que somada à baixa taxa de difusão de O₂ pode comprometer a disponibilidade de oxigênio para as sementes, durante o processo germinativo (BRACCINI *et al.*, 1996).

Figura 3: Porcentagem de germinação de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes (A) e potenciais osmóticos (B).



Letras iguais não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney com 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

Outro fator que justifica a redução na porcentagem de germinação com a redução do potencial osmótico, acontece em função do aumento no tempo da fase III do processo de embebição, que de acordo com o padrão trifásico proposto por Bewley et al. (2013), nesta etapa ocorre à intensa absorção de água e protrusão da raiz primária pelas sementes.

O estresse hídrico contribui para a diminuição da porcentagem de germinação das sementes, sendo que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (ÁVILA *et al.* 2007). Nesse sentido, a influência do estresse hídrico analisadas com o uso do polietilenoglicol na germinação de sementes tem sido elemento de diversos estudos, demonstrando uma ampla faixa de tolerância entre as espécies florestais. Não ocorre germinação de cumaru (*Amburana acreana*) a -1,2 MPa (BELLO *et al.*, 2008); sementes de angico-branco a germinação foi reduzida a partir -0,6 MPa (REGO *et al.*, 2011); em sementes de faveleira, sabiá e corticeira-da-serra, a germinação foi afetada a partir de -0,5 MPa (SILVA *et al.*, 2005; MOURA *et al.*, 2011; PELEGRINI *et al.*, 2013); sementes de pau-de-jangada a germinação reduziu a partir -0,2 MPa (GUEDES *et al.*, 2013).

O vigor das sementes de cumaru determinado pela primeira contagem da germinação mostrou que seus maiores percentuais foram obtidos com as sementes leves e médias (86 e 76%, respectivamente) resultante do tratamento controle (TABELA 2). Houve uma redução drástica na germinação quanto mais negativo for o potencial hídrico, com

restrição parcial da germinação com o potencial -0,6 MPa para as sementes pesadas, -0,8 MPa para as sementes médias e -1,0 MPa para as leves, mostrando que esta última classe em condições de alto estresse hídrico, mesmo em baixa porcentagem tem condições de germinar mais rápido. Independente da classe de peso, quando os potenciais se tornaram mais negativos, houve uma redução considerável na germinação, com inibição a partir do potencial de -0,6 MPa, verificando sensibilidade das sementes ao estresse (FIGURA 4). Esses resultados são similares aos encontrados por Guedes *et al.* (2013), constatando também inibição no vigor sementes de *Apeiba tibourbou* com o potencial de -0,6 MPa. Essa redução causada pelo déficit hídrico provoca a perda progressiva da turgescência protoplasmática e um aumento na concentração de solutos nas sementes (BRUNI; LEOPOLD, 1992).

Figura 4: Primeira contagem da germinação de semente de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

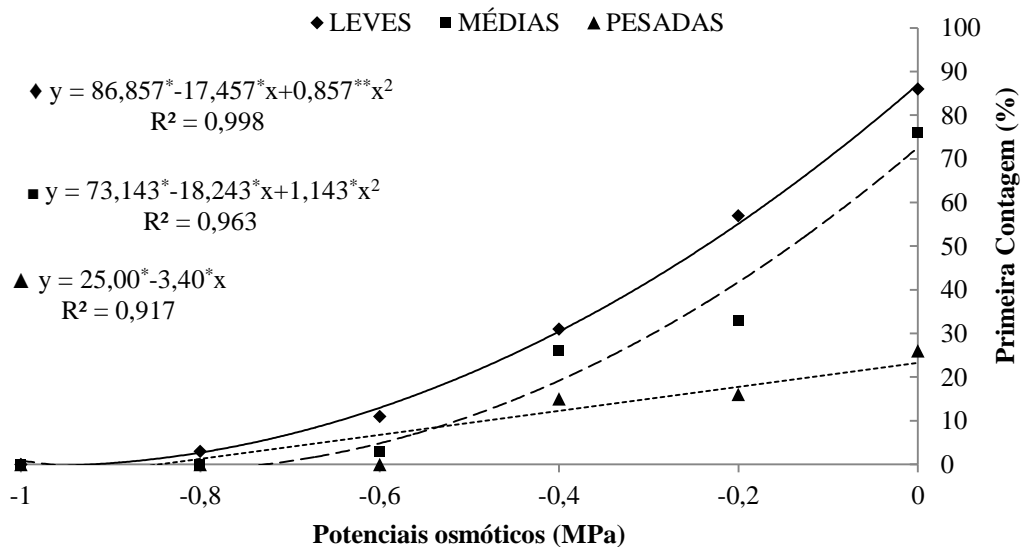


Tabela 2: Valores médios para a primeira contagem da germinação de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

Classes	Potenciais osmóticos (MPa)					
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
Leves	86,00 a	57,00 a	31,00 a	11,00 a	3,00 a	0,00 a
Médias	76,00 a	33,00 b	26,00 a	3,00 b	0,00 a	0,00 a
Pesadas	26,00 b	16,00 c	15,00 b	0,00 b	0,00 a	0,00 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

Quanto ao maior índice de velocidade da germinação das sementes de cumaru, este foi obtido pelas sementes do tratamento controle (FIGURA 5), com valor médio de 4,82 para as sementes leves e 4,71 para as médias, ressaltando que essas classes não diferem entre si, mas diferiram estatisticamente das sementes pesadas (TABELA 3). Conforme diminui o potencial hídrico, este índice foi reduzido, tornando-se mais expressivo nas sementes pesadas que se limitou com o potencial -0,6 MPa e as leves e médias com o potencial -1,0 MPa.

Figura 5: Índice de velocidade da germinação de semente de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

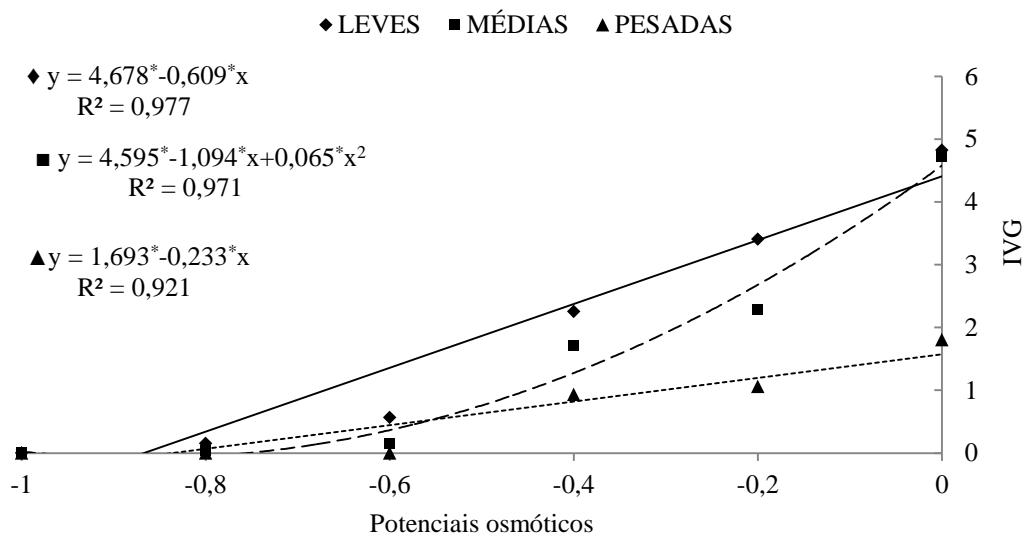


Tabela 3: Valores médios para o índice de velocidade da germinação de semente de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

Classes	Potenciais osmóticos (MPa)					
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
Leves	4,82 a	3,41 a	2,26 a	0,57 a	0,15 a	0,00 a
Médias	4,71 a	2,29 b	1,71 ab	0,14 a	0,03 a	0,00 a
Pesadas	1,81 b	1,06 c	0,93 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

Assim, o estresse hídrico provoca atraso na germinação das sementes e, como as suas respostas a esse estresse são variáveis, a germinação é distribuída no tempo e no espaço permitindo que, em condições naturais, as plântulas encontrem condições ambientais adequadas ao seu estabelecimento e desenvolvimento (BEWLEY et al., 2013), sendo neste caso, o peso da semente uma estratégia de defesa para sobreviver em ambientes com restrições hídricas.

No geral, em que refere à avaliação germinativa das sementes de cumaru ao longo da redução do potencial osmótico, pode-se observar que as sementes leves foram as que apresentaram maior resistência às alterações hídricas. De acordo com Marcos Filho (2005), a diminuição da área de contato da semente com o solo acarreta maior dificuldade à captação de água, contribuindo assim, para diminuição da velocidade e percentagem de germinação. Com isso, pelos resultados adquiridos com as sementes leves, as quais normalmente possui maior área de contato com o substrato, resultando assim, numa embebição e germinação mais rápidas.

Deste modo, as respostas adquiridas com o estresse hídrico em sementes têm importância ecológica, pois estas possuem exigências especiais de água para a sua geminação, principalmente nas fases iniciais do seu ciclo de vida, atribuindo as espécies um caráter não adaptativo dentro de certo limite de tolerância ao estresse hídrico, resultando em baixa capacidade de estabelecimento em campo (GUEDES *et al.*, 2013).

Os resultados seguintes levam em consideração os comportamentos de crescimento das plântulas de cumaru. Observa-se que os comprimentos do epicótilo nas três classes de pesos das sementes sofreram redução progressiva quando ocorreu decréscimo do potencial osmótico das soluções a partir do nível $-0,2$ MPa, que foi o suficiente para limitar esse crescimento, numa redução de 292,92% para as sementes leves, 330,98% para as médias e 185,71% para as pesadas (FIGURA 6). Estes resultados são corroborados com os estudos realizados por Bello *et al.* (2008), revelando que potencial hídrico de $-0,2$ MPa também já reduzem a formação de plântulas normais de *Amburana acreana*. Azerêdo (2009), testando diferentes potenciais osmótico na germinação de sementes de angico-de-bezerro (*Piptadenia moniliformis* Benth.) verificou, também, que à medida que o potencial hídrico diminuiu, resultou numa limitação de crescimento da parte aérea. A baixa disponibilidade de água, além de limitar a embebição, a velocidade e a porcentagem de germinação, reduz o crescimento das plantas, pela diminuição da expansão celular (BEWLEY et al., 2013).

Com as sementes pesadas, houve formação de plântulas de cumaru até o potencial osmótico de $-0,4$ Mpa, sendo a partir desse o nível da semente é bastante sensível ao estresse

(TABELA 4). Já com relação às sementes leves e médias, estas possibilitaram formação de plântulas até o limite de -0,6 MPa, revelando que essas classes de peso são mais toleráveis ao ambiente mais seco em comparação com as sementes pesadas. Para *Amburana acreana* houve formação de plântulas normais até -0,8 MPa (BELLO *et al.*, 2008).

Figura 6: Comprimento do epicótilo (cm) de plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

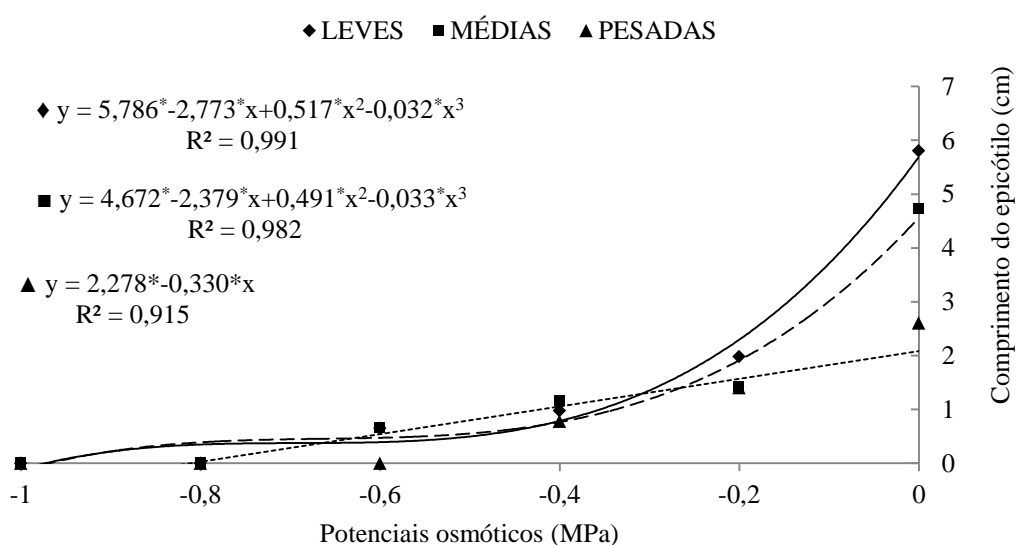


Tabela 4: Valores médios do comprimento do epicótilo (cm) de plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

Classes	Potenciais osmóticos (MPa)					
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
Leves	5,80 a	1,98 a	0,97 a	0,65 a	0,00 a	0,00 a
Médias	4,70 a	1,42 a	1,16 a	0,67 a	0,00 a	0,00 a
Pesadas	2,60 b	1,40 a	0,78 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

No que refere ao crescimento do eixo hipocótilo+raiz, nota-se que a redução mais severa foi resultante com as sementes pesadas, sendo esta fortemente inibida a partir do potencial osmótico de -0,6 MPa (TABELA 5). As sementes leves e médias submetidas ao tratamento controle apresentaram médias semelhantes, não diferindo estatisticamente entre si.

Porém, essas médias foram inferiores quando submetidas ao potencial de -0,2 MPa, observando-se um maior investimento no sistema radicular dessa espécie quando submetida algum estresse hídrico. Esses resultados são similares em parte, com os obtidos por Azerêdo (2009), que também verificou tendência de aumento no comprimento da raiz das plântulas de *Piptadenia moniliformis* Benth. à medida que foi reduzindo o potencial hídrico. Este efeito pode ser justificado pelo fato de que as plantas submetidas a condições de déficit hídrico apresentam sistema radicular mais desenvolvido para favorecer a absorção de água em profundidades de solos mais úmidos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Na Figura 7 pode-se verificar, que a partir do potencial -0,2 MPa, há redução acentuada no crescimento radicular das plântulas resultantes das sementes leves e médias, sendo a partir daí uma condição de baixa restrição hídrica, não favorecendo mais a espécie uma adaptação física de investimento radicular. Os potenciais de -0,8 e -1,0 MPa não favoreceram a formação do eixo hipocótilo/raiz sendo uma condição estritamente limitante na formação de plântulas normais.

Figura 7: Comprimento do hipocótilo+raiz (cm) de plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

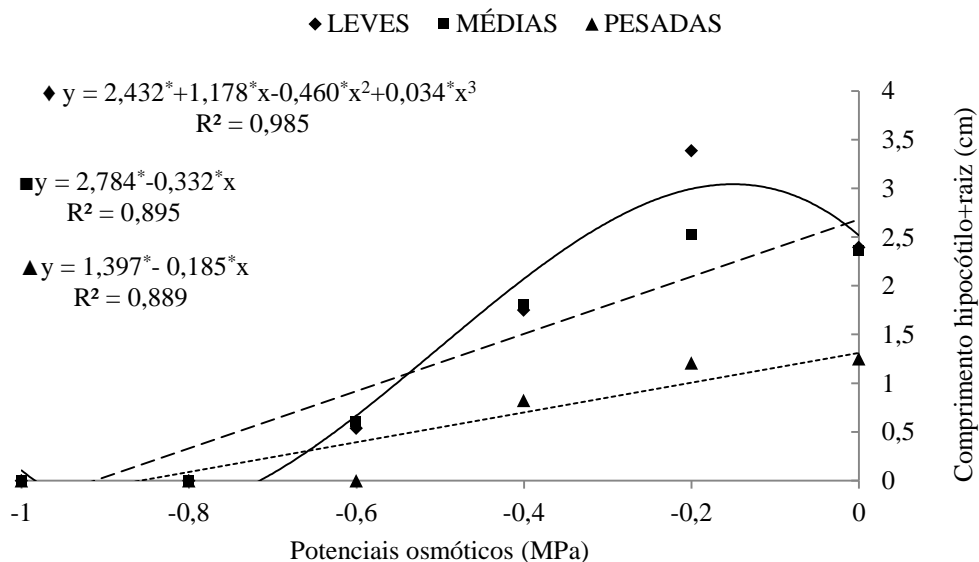


Tabela 5: Valores médios para o comprimento (cm) do hipocótilo+raiz de plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemeão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

Classes	Potenciais osmóticos (MPa)					
	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
Leves	2,39 a	3,38 a	1,75 a	0,54 a	0,00 a	0,00 a
Médias	2,37 a	2,52 b	1,80 a	0,60 a	0,00 a	0,00 a
Pesadas	1,25 b	1,20 c	0,82 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

A diminuição do comprimento total das plântulas de cumaru foi observada à medida que os potenciais osmóticos se tornaram mais negativos (FIGURA 8), sendo o menor comprimento observado com o potencial de -0,6 MPa. A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas, por controlar a abertura dos estômatos e consequentemente, a produção de fitomassa (GHOLZ *et al.* 1990). Essa redução no comprimento se deve às mudanças na turgescência celular, em função da diminuição da síntese de proteína nas condições de estresse hídrico (DELL'AQUILA, 1992).

As sementes leves e médias diferiram estatisticamente das pesadas quando submetidas ao tratamento controle (TABELA 6). Quando as mesmas passaram para uma condição de estresse hídrico (-0,2 MPa), não houve diferenciação entre as classes de peso, evidenciando que o peso da semente não influencia no crescimento total da espécie quanto ao déficit hídrico.

Figura 8: Comprimento total das plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemeão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

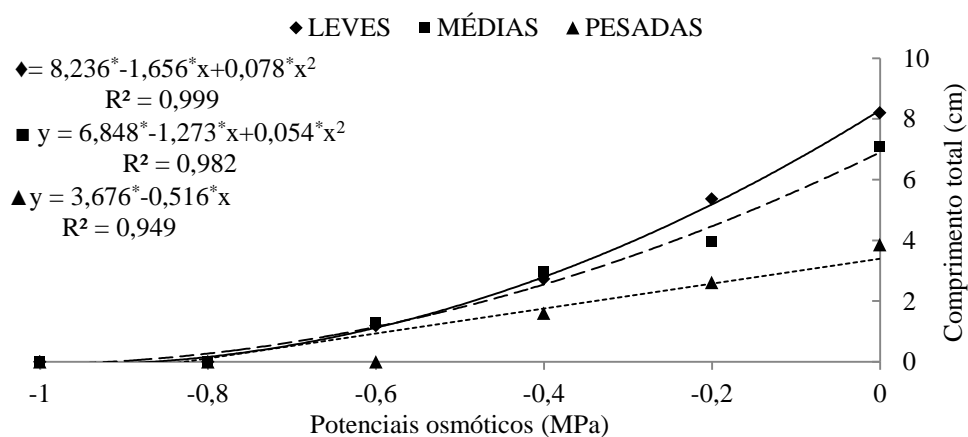


Tabela 6: Valores médios para o comprimento total de plântulas (cm) de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes e submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

Classes	Potenciais osmóticos (Mpa)					
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
Leves	8,18 a	5,37 a	2,72 a	1,18 a	0,00 a	0,00 a
Médias	7,08 a	3,94 a	2,96 a	1,27 a	0,00 a	0,00 a
Pesadas	3,85 b	2,61 a	1,60 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

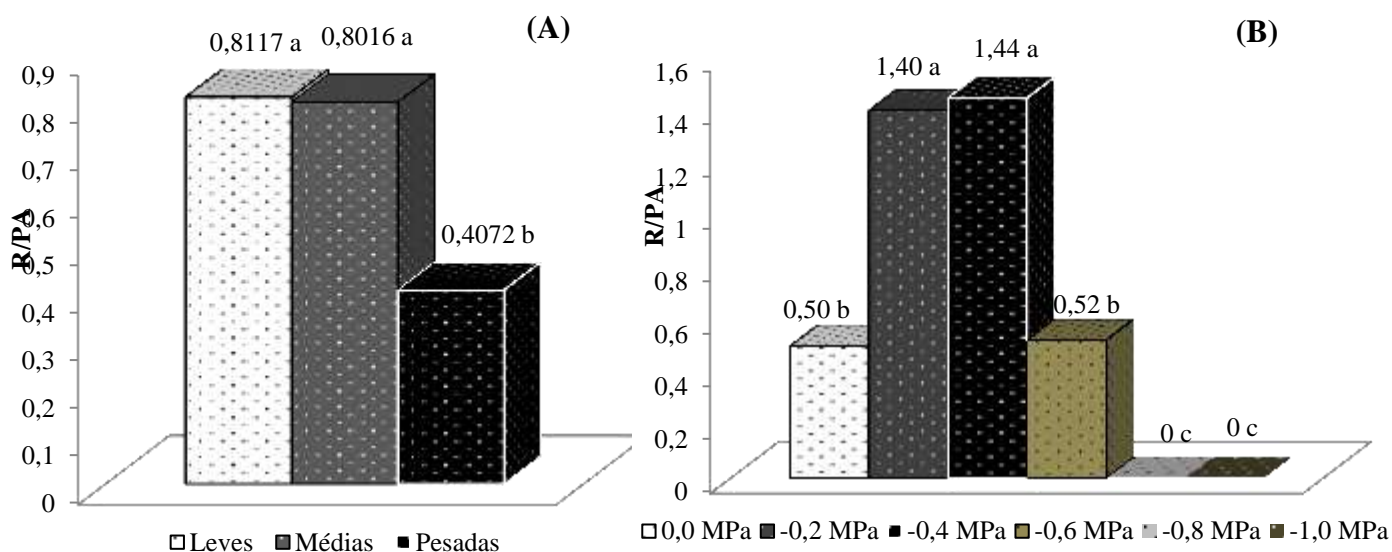
Fonte: Elaboração do autor.

Nesse sentido, levando em consideração as áreas com baixa restrição hídrica, essa característica torna-se importante para fins de recomendações para o plantio de espécies capazes de suportar diferentes condições de potenciais osmóticos em diversas situações ecológicas (RÊGO *et al.*, 2011), além disso, o peso da semente pode também trazer respostas de estratégia de sobrevivência frente as condições restrita de água, uma vez que, segundo Carvalho e Nakagawa (2012), quanto maior for a reserva de nutrientes na semente, maior será o vigor da plântula, bem como seu potencial de sobrevivência.

A razão raiz/parte aérea foi influenciada pelo peso das sementes, sendo as leves e médias com maiores índices em comparação com as sementes pesadas (FIGURA 9A). Esta resposta é resultado de um maior crescimento das plântulas de cumaru cuja germinação foi mais favorecida com as sementes leves e médias.

No que refere ao estresse hídrico, os diferentes níveis de potenciais osmóticos, influenciam na razão raiz/parte aérea de plântulas de cumaru. Nota-se que a partir do potencial -0,2 MPa houve maior alocação de biomassa para raiz em detrimento da parte aérea, se estendendo até o potencial -0,4 MPa, que a partir deste, essa razão foi fortemente influenciada pelo estresse hídrico (FIGURA 9B). Isso indica que dentro de uma faixa limite de estresse, durante a fase germinativa do cumaru, as raízes tem capacidade de crescer e se alongar mais do que a parte aérea. Essa maior alocação de biomassa para a raiz como resposta à deficiência hídrica do solo é geralmente considerado como importante mecanismo de aclimação à seca (DIAS FILHO; DAWSON, 1995; LAMBERS; CHAPIN; PONS, 1998).

Figura 9: Relação raiz/parte aérea de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes (A) e potenciais osmóticos (B).



Letras iguais não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney com 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

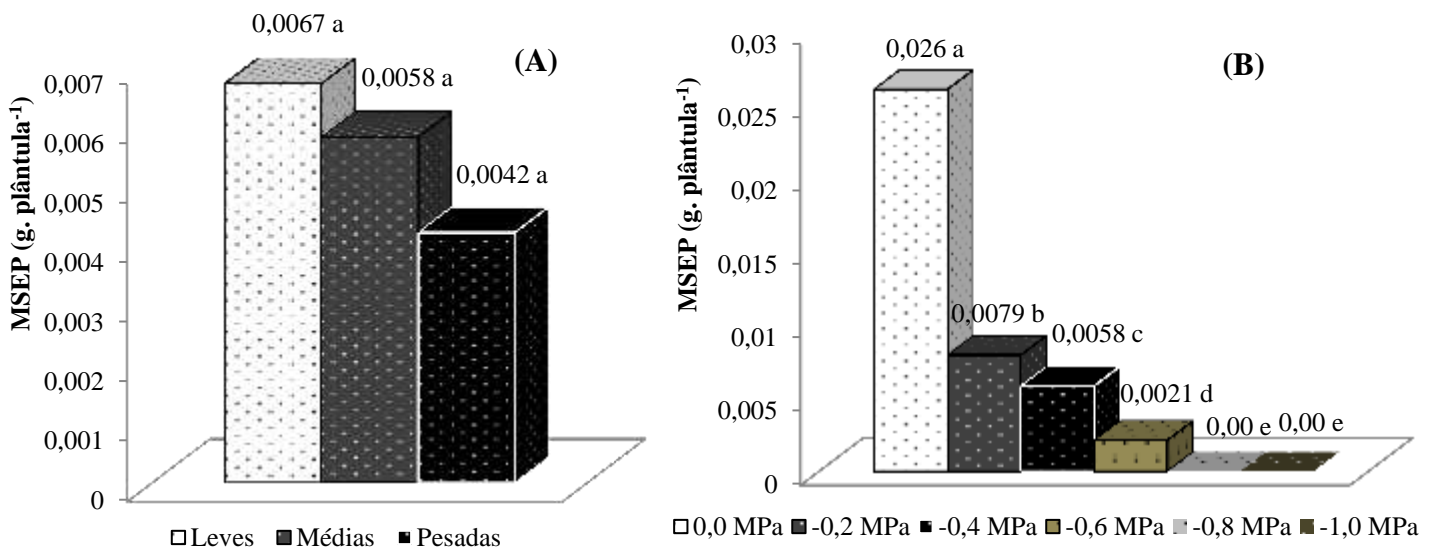
Nesse sentido, as respostas adquiridas pela razão raiz/parte aérea demonstram que as plântulas de cumaru quando submetidas ao estresse hídrico respondem a esta condição principalmente com formação e expansão dos seus xilopódios, investindo no crescimento de suas raízes e reduzindo o crescimento da parte aérea como estratégia de reduzir a perda de água pelas folhas, armazenando assim, mais água nas raízes de reservas para sobreviver em longos períodos de escassez de água. Desse modo, por se tratar de espécie da caatinga, de clima bastante seco, as espécies desenvolvem adaptações morfológicas e fisiológicas com finalidade de melhor aproveitamento e uso de água do solo.

A massa seca do epicótilo das plântulas de cumaru não foi influenciada pelo peso da semente. Embora a classe pesada apresentasse baixo comportamento germinativo, as mesmas quando consegue atingir a fase de plântulas alcançam o mesmo rendimento de biomassa representada pelas sementes leves e médias (FIGURA 10A).

Ao contrário do peso das sementes, o conteúdo de massa seca foi fortemente influenciado pelos diferentes potenciais osmóticos, havendo uma diminuição expressiva (329,11%) com o potencial -0,2 MPa. A partir daí a diminuição foi mais sutil, não havendo mais formação de biomassa nos potenciais -0,8 e -1,0 MPa (FIGURA 10B). Estes resultados também são similares com os encontrados por Guedes *et al.* (2013), que observaram que o conteúdo de massa seca de plântulas de *Apeiba tibourbou* foi reduzido a medida que

restringiu o potencial hídrico, tornando-se nulo a $-0,8$ MPa. O primeiro efeito mensurável do estresse hídrico é a diminuição no crescimento, causada pela redução ou eliminação da força motora da expansão celular (TAIZ; ZEIGER, 2009). Além disso, essa redução na biomassa do epicótilo pode ser explicada também pela diminuição no metabolismo das sementes, em função da menor disponibilidade de água para digestão das reservas e translocação de produtos metabolizados (BEWLEY et al., 2013).

Figura 10: Massa seca do epicótilo de plântulas de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) em função do peso das sementes (A) e potenciais osmóticos (B).



Letras iguais não diferem entre si pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney com 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

A massa seca do eixo hipocótilo+raiz também foi afetada pelos diferentes potenciais osmóticos (FIGURA 11), porém não foi influenciada pelo peso das sementes (TABELA 7). Observou-se que os maiores conteúdos de massa seca foram obtidos com o potencial $-0,2$ MPa e com o tratamento controle. Com isso, verifica-se que em função da espécie ter investido em um maior crescimento de raiz no potencial $-0,2$ MPa resultaram também em maior acúmulo de biomassa radicular. Abaixo desse potencial osmótico, já fica evidente uma redução considerável na biomassa, principalmente no que refere as sementes pesadas que reduziu mais da metade, sendo o potencial $-0,4$ MPa o seu limite máximo para o acúmulo de massa seca (TABELA 7). Isso evidencia que as sementes mais pesadas são as

mais sensíveis ao estresse hídrico, sendo, portanto, restrita a ambientes altamente secos necessitando para o seu desenvolvimento de condição hídrica favorável.

Figura 11: Massa seca do hipocótilo+raiz (g.plântula⁻¹) em função do peso das sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

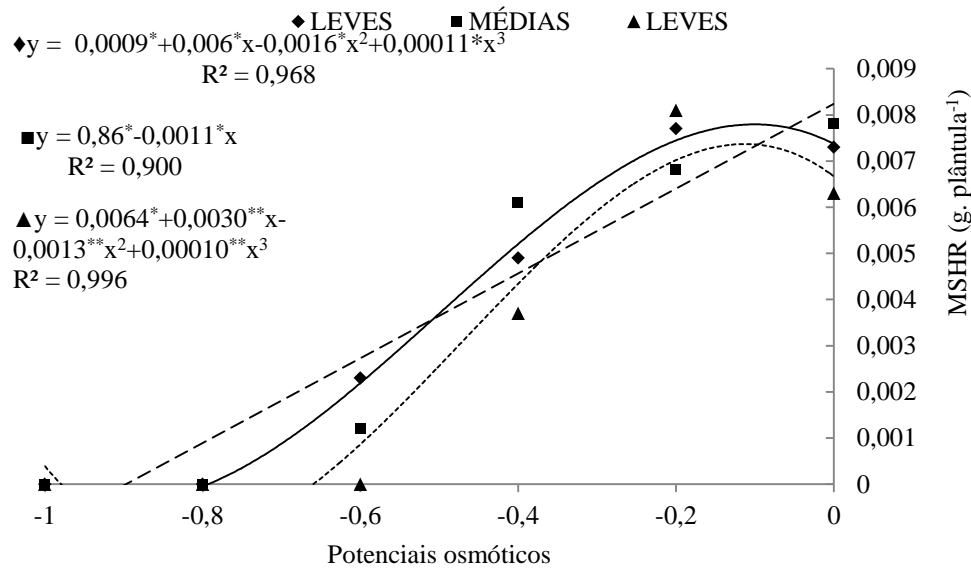


Tabela 7: Valores médios para a massa seca do hipocótilo+raiz de plântulas em função do peso de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) submetida a diferentes níveis de estresse hídrico.

Classes	Potenciais Osmóticos (MPa)					
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
Leves	0,0073 a	0,0077 a	0,0049 a	0,0023 a	0,00 a	0,00 a
Médias	0,0078 a	0,0069 a	0,0061 a	0,0012 a	0,00 a	0,00 a
Pesadas	0,0063 a	0,0082 a	0,0037 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

Nesse sentido, os principais mecanismos da planta para resistir às condições de estresse hídrico são o aumento e aprofundamento da raiz, podendo ser pelo crescimento (alongamento celular) ou pelo ganho de massa seca (crescimento e aumento de espessura das paredes celulares) (TÁVORA; MELO, 1991).

No tocante a massa seca total das plântulas de cumaru, observa-se também uma redução linear ao longo do aumento do potencial osmótico (FIGURA 12). Observou-se que os maiores conteúdos da massa seca foram obtidos no tratamento controle, que a partir deste

potencial ocorreu limitação da biomassa total até se tornar nulo no potencial osmótico -0,6 MPa para as sementes pesadas e de -0,8 MPa para as sementes leves e médias (TABELA 8). Essa redução na biomassa seca total de plântulas em função da limitação hídrica se dá devido à demanda dos processos fisiológicos e biológicos ou pela dificuldade de hidrólise e a mobilização das reservas armazenadas nas sementes (BEWLEY et al., 2013).

Figura 12: Massa seca total (g. plântula⁻¹) em função do peso das sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

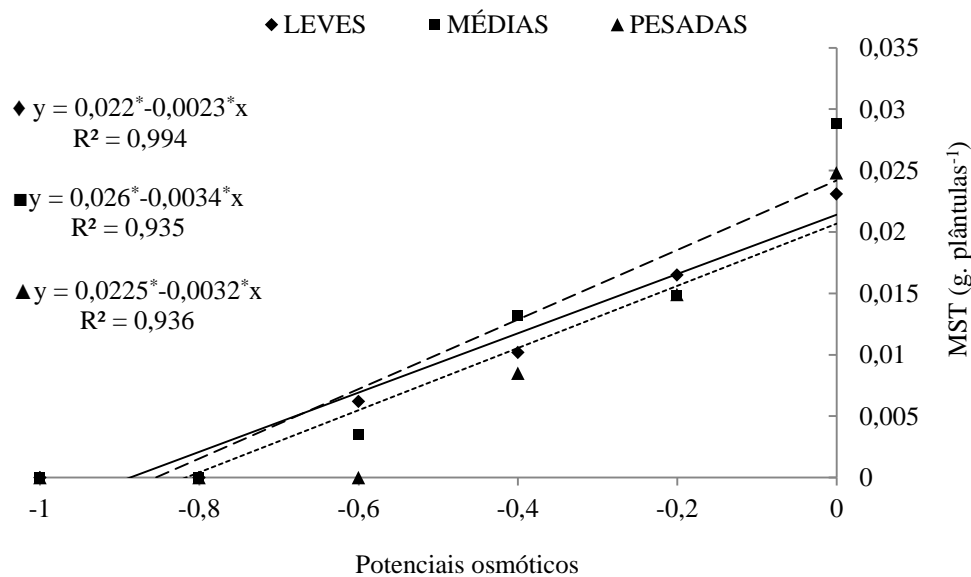


Tabela 8: Valores médios para a massa seca total de plântulas em função do peso das sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico.

Classes	Potenciais Osmóticos (MPa)					
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
Leves	0,0231 b	0,0165 a	0,0102 a	0,0062 a	0,00 a	0,00 a
Médias	0,0288 a	0,0148 a	0,0133 a	0,035 ab	0,00 a	0,00 a
Pesadas	0,0248 ab	0,0150 a	0,0085 a	0,00 b	0,00 a	0,00 a

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Elaboração do autor.

As sementes médias e pesadas resultaram em maior massa seca total em relação às leves para o tratamento controle, sendo nas condições de estresse hídrico não influenciado por essas classes de pesos, exceto no potencial -0,6 MPa, cujas sementes leves e médias diferiram

das pesadas. Isso mostra uma heterogeneidade no comportamento do peso das sementes da mesma espécie em diferentes condições de estresse hídrico, resultando em diferentes possibilidades de se desenvolver em ambientes adversos.

O melhor desempenho para o desenvolvimento da espécie *A. cearensis* em relação a massa das sementes, destacam-se as leves e médias, o que pode estabelecer que estas apresentem maior tolerância as condições de estresse hídrico. Já com relação ao baixo desempenho das sementes pesadas, estas vêm sendo influenciadas desde a etapa da germinação, acarretando alterações no estabelecimento da plântula. No entanto, existem ainda poucas informações disponíveis sobre a influência da massa das sementes nas diferentes condições de estresse hídrico, necessitando assim, de mais estudos.

Baixos potenciais hídricos (-0,6; -0,8 e -1,0 MPa) revelou drástica redução no desempenho germinativo e no crescimento de plântulas de cumaru. Com os resultados obtidos, pode-se observar que as três classes de massa de sementes são sensíveis ao déficit hídrico, o que limita não só o desempenho germinativo, mas também o desenvolvimento da plântula. Embora a espécie seja nativa da caatinga, estas não toleram um gradiente hídrico muito baixo, necessitando assim, estabelecer estratégias agronômicas favoráveis para a propagação frente às condições hídricas necessárias para o seu desenvolvimento, levando em consideração o melhor estágio de formação das mudas com sistema radicular bem formado, capazes de superar o estresse hídrico por mais tempo.

4 CONCLUSÕES

Sementes leves e médias de cumaru apresentam o mesmo padrão de absorção de água, enquanto as pesadas não atingem a fase III da curva.

O decréscimo do potencial hídrico do substrato prejudica a germinação e o crescimento de plântulas oriundas de sementes médias e pesadas em comparação às leves.

O potencial hídrico a partir do nível $-0,6$ MPa limita a germinação e a formação de plântulas normais de cumaru

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. M.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; MOURA, S. S. S.; BARROZO, L. M.; ARAÚJO, L. R. Potencial fisiológico de sementes de *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. – *Fabaceae* submetidas a diferentes regimes de luz e temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2199-2205, 2012.
- AVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIN, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.
- AZERÊDO, G. A. **Qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth.** 2009. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- BARBOSA, D. C. A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p. 625-656.
- BECKERT, O. P.; MIGUEL, M. H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 671-675, 2000.
- BELLO, E. P. B. C. S.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; GUIMARÃES, S. C.; MENDONÇA, E. A. F. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 16-24, 2008.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD K.J.; HILHORST H.W.M.; NONOGAKI H. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*, 3rd ed. New York: Springer. 2013. 392p.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A.G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.209-222.
- BRACCINI, A. L.; RUIZ, H. A.; BRACCINI, M. C. L.; REIS, M. S. 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**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 10-16, 1996.
- BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. SNDA / DNDV / CLAV. Brasília, 2009. 399 p.
- BRUNI, F. B.; LEOPOLD, A. C. Cytoplasmic glass formation in maize embryos. **Seed Science Research**, New York, v. 2, n. 4, p. 251-253, 1992.
- CALERO, E.; WEST, S. H.; HINSON, K. Water absorption of soybean associate causal factors. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 926-933, 1981.

CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R.; BEZERRA, A. M. E.; LEAL, L. K. A. M.; VIANA, G. S. B. **Uso de Plantas Jovens de *Amburana cearensis* A. C. Smith: Alternativa para Preservação e Exploração Econômica da Espécie.** Embrapa Semiárido, Petrolina, 2008. 24 p. (Documentos, 208).

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

DELL'AQUILA, A. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under osmotic stress of polyethylene glycol. **Annals of Botany**, Camberra, v. 69, n. 2, p. 167-171, 1992.

DIAS-FILHO, M. B.; DAWSON, T. E. Physiological responses to soil moisture stress in two Amazonian gap-invader species. **Functional Ecology**, v. 9, p. 213-221. 1995.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste, 2000;** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/UFC, 2001. 14 p.

ESTATCAMP. **Software Action.** Disponível em: <<http://www.estatcamp/empresa/software-action>>. Acesso em: 30 mai. 2013.

FURTADO, D. **Sistema de análise de variância:** Sisvar 4.1. Lavras: UFLA/CAPES, 2000.

GHOLZ, H. L.; EWEL, K. C.; TESKEY, R. O. Water and forest productivity. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p.1-18, 1990.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. G.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N. germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 45-53, 2013.

HARPER, J. L.; BENTON, R. A. The behaviour of seeds in soil: II. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate. **Journal of Ecology**, Quito, v. 54, n. 1, p.151-166, 1966.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**, New York, Springer-Verlag. 1998. 540 p.

LESSA, B. F. T. **Germinação e crescimento de plântulas de *Enterolobium contorsiliquum* (vell.) morong em função do peso de semente, localização no fruto e condições de temperatura e luz.** 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

LIMA, J. D.; SILVA, B. M. S.; MORAES W. S. Germinação e armazenamento de sementes de *Virola surinamensis*(Rol.) Warb. (Myristicaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 37-42, 2007.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2008. 384 p.

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

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

MOURA, M. R.; LIMA, R. P; FARIAS, S. G. G.; ALVES, A. R ; SILVA, R. B. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 230-235, 2011.

NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-21.

PEREIRA, E. P. L.. **Marcadores bioquímicos da atividade antioxidante em sementes de *Amburana cearensis* (Fr. Allemão) A. C. Smith submetidas a estresse hídrico**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2010.

PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae – Caesalpinoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n.1, p. 141-148, 2011.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 511-519, 2013.

REGO, S. S., FERREIRA, M. M., NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, SOUSA, R. K.; BRONDANI, G. E.; ARAUJO, M. A.; SILVA, A. L. L. Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 4, p. 37-42, 2011.

RIBEIRO, C. A. D.; COSTA, M. P.; SENNA, D. S.; CALIMAN, J. P. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. **Revista Floresta**, v. 42, n. 1, p. 161-168. 2012.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, G. M.; MAIA, M. S.; MORAES, C. O. C. Influência do peso da semente sobre a germinação e o vigor de cevadilha vacariana (*Bromus auleticus* Trinius). **Revista Brasileira de Agrociência**, Nota Técnica Pelotas, v. 13, n. 1, p. 123-126, 2007.

SILVA, L. M. M.; AGUIAR, I. B.; MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A. Estresse hídrico e condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Cnidocolus juercifolius*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 66-72, 2005.

SOUZA, F. H. D. Características físicas das sementes de *Calopogonium mucunoides* Desv. associadas à qualidade fisiológica e ao padrão de absorção de água: I. Tamanho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 33-40, 1996.

STEFANELLO, R.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L.; WRASSE, C.F. Influência da luz, temperatura e estresse hídrico na germinação e no vigor de sementes de anis. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 45-50, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 722 p.

TÁVORA, F. J. A. F.; MELO, F. I. Respostas de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: Crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 22, n. 1, p. 47-60, 1991.

TAYLOR, A. G.; HARMAN, G. E. Concepts and technologies of selected seed treatments. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 28, p. 321-339, 1990.

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, p. 307-311, 2007.

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

CAPÍTULO III - COMPOSIÇÃO QUÍMICA E CITOQUÍMICA DE DIFERENTES PESOS DE SEMENTES DE *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith

RESUMO

Altamente almejada para a produção industrial de fitoterápicos em virtude de suas propriedades medicinais cientificamente comprovadas, a *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith ocorre com bastante frequência em todo bioma Caatinga. No entanto, existem poucos estudos sobre aspectos fisiológicos e bioquímicos relacionados à sua germinação, principalmente no que refere à composição dos seus constituintes químicos. O objetivo do trabalho foi avaliar a morfologia interna e determinar a composição química em função do peso das sementes de *A. cearensis* e identificar através da espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear (RMN), a existência da cumarina. As sementes foram pesadas individualmente e separadas em três classes de peso (leves, médias e pesadas), sendo estas, submetidas à determinação dos teores de água e peso de mil de sementes. Os constituintes químicos nas sementes de *A. cearensis* são quantitativamente diferenciados em função do peso das sementes revelando considerável teor de lipídios nas sementes pesadas (32,9%), seguidas dos carboidratos nas sementes leves (11,02%), caracterizando as reservas mais abundantes. A coloração com azul de toluidina (AT) nas três classes revelaram paredes finas das células cotiledonares. Foi observado com a coloração do Xylidine Ponceau pH 2,5 grandes quantidades de corpos protéicos no citoplasma das células e foram verificados também espaços vazios nas células podendo indicar a presença de glóbulos de gordura. Essa resposta foi melhor visualizada através do uso do corante Sudam, verificando presença marcante de gorduras nas sementes pesadas. Por meio da espectroscopia de RMN verifica-se um maior teor de cumarina no extrato de sementes pesadas e médias o que possivelmente afetam o desempenho germinativo da espécie.

Palavra-chaves: Cumaru. Morfologia. Constituintes Químicos. Espectroscopia de RMN

CHAPTER III - CHEMICAL COMPOSITION AND CYTOCHEMISTRY DIFFERENCES WITH THE WEIGHT OF SEEDS *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith

ABSTRACT

Highly desired for industrial production of herbal medicine because of its medicinal properties scientifically proven the *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith occurs quite frequently throughout *Caatinga* biome. However, there are few studies on physiological and biochemical aspects related to their germination, especially as regards the composition of its chemical constituents. The aim of this study was to evaluate the internal morphology and chemical composition depending on the weight of the seeds and identifying by MNR determination the existence of coumarin. The seeds were individually weighed and separated into three weight classes (light, medium and weighed) determining the water content and weight of a thousand seeds. The chemical constituents in the seeds of *A. cearensis* are quantitatively different depending on the weight of the seeds revealing significant lipid content in heavy seeds (32.9%), followed by carbohydrates in light seeds (11.02%), featuring the most plentiful. Staining with toluidine blue (TA) in the three classes revealed thin-walled of cotyledon cells. Staining was observed with the pH 2.5 Xylidine ponceau large amounts of protein bodies in the cytoplasm of cells and also voids spaces were observed in the cells may indicate the presence of fat globules. This response was best visualized through the use of dye Sudam checking marked presence of fat in the weighed seeds. By NMR spectroscopy, there is a higher concentration of coumarin in the medium and heavy seeds extracts which could possibly affect the germination performance of the species.

Keywords: Cumaru. Morphology. Chemical Constituents. Spectroscopy NMR

1 INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino apresenta grandes potencialidades econômicas de desenvolvimento sustentável, constituindo-se em um bioma rico e diversificado (ALVES *et al.*, 2012). Atualmente, os potenciais exploratórios da Caatinga vêm sendo feitas de maneira desordenado e insustentável, destacando neste cenário, o desmatamento e o extrativismo predatório sofrido por algumas espécies. Para a preservação da fauna e recomposição de áreas degradadas é necessário estudos aprofundados a respeito do comportamento germinativos das sementes de espécies florestais.

A *Amburana cearensis*, popularmente conhecida como cumaru ou imburana-de-cheiro é uma espécie que está sofrendo ao longo do tempo exploração predatória ameaçando a sobrevivência dessa importante espécie nativa do sertão nordestino, colocando-a sob risco de extinção, tendo em vista que a simples remoção da casca do caule (parte medicinal) causa grande danos à planta (CANUTO *et al.*, 2008). A casca da árvore e as sementes são empregadas na medicina popular na produção de medicamentos destinadas ao tratamento de afecções pulmonares, tosses, asma, bronquite e coqueluche (LORENZI; MATOS, 2002).

Entretanto, as principais informações sobre a biologia e a ecologia do cumaru são escassas e dispersas (LEITE, 2005), principalmente no que diz respeito a sua morfologia interna das sementes, composição química das reservas e influência das substâncias inibidoras na germinação e estabelecimento de plântulas.

Alterações morfológicas nas sementes durante a germinação são normalmente acompanhadas por mudanças fisiológicas, e algumas dessas modificações metabólicas nos compostos de reserva podem ser detectadas *in situ* por meio de técnicas citoquímicas específicas (CORTELAZZO; VIDAL, 1991). No entanto, estudos que abordam a composição química e citoquímicas em sementes de espécies florestais foram determinados por alguns pesquisadores (RIBEIRO, 2006; NASCIMENTO, *et al.*, 2007; GALLÃO; DAMASCENO; BRITO, 2006; ALENCAR *et al.*, 2012.)

As plantas apresentam estratégias diferenciadas de adaptação às alterações dos fatores bióticos e abióticos no meio em que habitam, portanto, o acúmulo de compostos de reserva em sementes representa parte importante do processo (BERNARDES, 2010). O conhecimento da composição química é do interesse prático da tecnologia de sementes, visto que, tanto o vigor como o potencial de armazenamento de sementes são influenciados pelo teor dos compostos presentes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Sob o ponto de vista fisiológico, as reservas acumuladas são responsáveis pelo fornecimento de nutrientes e

energia necessários para a plena manifestação das funções vitais das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Além do mais, os componentes de reserva de uma semente são moléculas importantes para o mecanismo de germinação (GALLÃO; DAMASCENO; BRITO, 2006).

Os estudos sobre o peso da semente pode ser considerado como um indicativo de sua qualidade fisiológica, sendo que em um mesmo lote, sementes mais leves, normalmente, apresentam menor desempenho do que as mais pesadas sejam na germinação ou, até mesmo, no crescimento inicial das plantas (BEZERRA *et al.*, 2004; MARTINS *et al.*, 2005). Há poucos trabalhos que justificam a influência do peso da semente na germinação e no potencial fisiológico de espécies florestais (PEREIRA *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2012, LESSA, 2013).

Entretanto, estudos sobre análises citoquímica e composição das reservas em função do peso da semente são ainda pouco conhecidos. Carboidratos, proteínas e lipídios são os principais constituintes presentes nas sementes e que a sua quantidade e proporção podem variar entre gêneros e espécies de mesmo gênero, de acordo com suas estratégias de dispersão e estabelecimento (MELO, 2013). Outros componentes presentes nas sementes são os inibidores da germinação, que pelos levantamentos bibliográficos ainda não há registro da inibição da germinação de sementes de cumaru e que a substância cumarina, presente nas sementes maduras desta espécie, deve estar em baixa concentração, pois a inibição da germinação pode estar relacionada com níveis crescentes dessa substância nas sementes (BARBOSA, 2003).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo determinar a composição química e a morfologia interna em função do peso das sementes de *Amburana cearensis* e identificar através da cromatografia, a proporção da substância cumarina existente nas diferentes classes de peso das sementes.

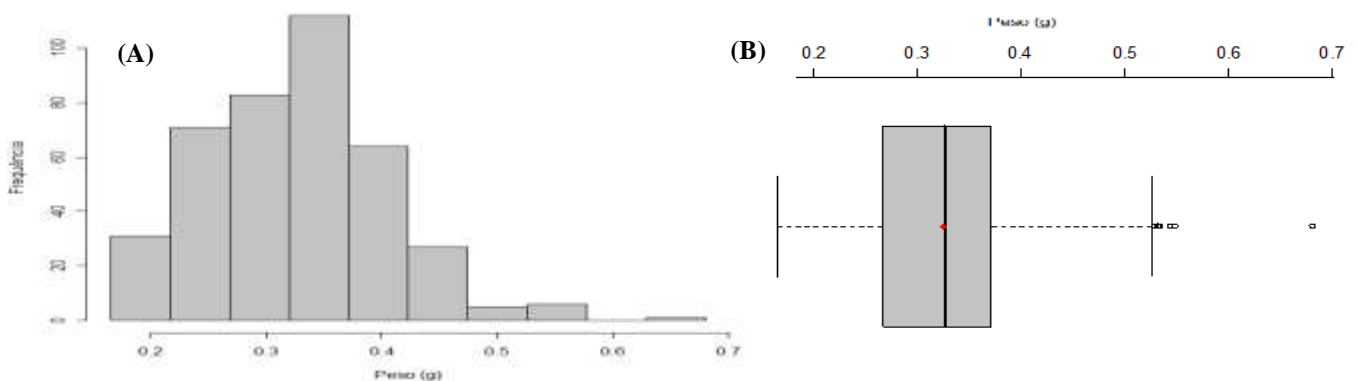
2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de cumaru coletadas manualmente de frutos maduros de 20 matrizes escolhidas ao acaso, no mês de julho de 2012, localizadas na Fazenda Experimental Vale do Curu, situada no município de Pentecoste-CE a 110 km de Fortaleza. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é BSw'h', isto é, semiárido com chuvas irregulares, com duas estações climáticas bem definidas, com precipitação anual de 800,9 mm, temperatura média anual de 27,1°C e umidade relativa média do ar de 74% (EMBRAPA, 2001).

Após as coletas dos frutos, os mesmos foram acondicionados em sacos de polietileno e encaminhados para o Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza-CE, onde as sementes foram extraídas e beneficiadas manualmente e colocadas para secar à sombra por seis dias. Posteriormente, as sementes foram armazenadas em sacos de polietileno em câmara fria com controle de temperatura e umidade ($\pm 12^{\circ}\text{C}$ e 50%) até a instalação do experimento.

Inicialmente, uma amostra de 400 sementes foi separada do lote e cada unidade de semente foi pesada individualmente em balança analítica (0,0001g) com o objetivo de dividir a amostra em três classes distintas de acordo com seu peso específico, sendo assim, definidas em: leves ($<0,25$ g), médias (0,25 – 0,35 g) e pesadas ($>0,35$ g). As categorias leves e pesadas foram baseadas no primeiro e terceiro quartil da representação boxplot da amostra do lote, enquanto que as médias foram as sementes que ficaram com o peso intermediário entre pequenas e pesadas (FIGURA 1). Após a determinação das classes, as sementes de todo o lote foram pesadas individualmente e separadas em suas respectivas classes.

Figura 1: Histograma de frequência (A) e boxplot (B) para a distribuição de peso de uma amostra de 400 sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith).



Fonte: Elaboração do autor.

Cada classe de sementes foi submetida à determinação dos teores de água, tomando-se ao acaso duas repetições de 5g de sementes, sendo posteriormente, acondicionadas em cápsulas de alumínio e levadas à estufa a 105° C, durante 24 horas, (BRASIL, 2009). Foi realizado também o peso de mil sementes de cada classe segundo recomendações das Regras para análises de sementes (BRASIL, 2009).

O experimento de citoquímica e determinação química em função do peso das sementes foram conduzidos nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Biologia Celular Vegetal da UFC. A parte da Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear para determinar a proporção da substância cumarina nas classes de peso foi realizada no Centro Nordestino de Aplicação e Uso da Ressonância Magnética Nuclear (CENAUREMN), pertencentes a Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, CE.

2.1 Análises citoquímica

Para a morfologia, foram separadas aleatoriamente três sementes intactas de cada classe de peso que foram submetidas a cortes transversais com uso de lâminas e fixadas em uma solução de glutaraldeído 1% e paraformaldeído 4% em tampão fosfato de sódio 0,1M, pH 7,2 (KARNOVISK, 1965), por 24 horas a temperatura ambiente. Depois de concluído o tempo de fixação, o excesso do fixador foi removido através de três lavagens por dez minutos cada, em uma solução com tampão fosfato 0,1 M, pH 7,2. Logo após, as amostras foram exposta à desidratação em uma bateria crescente de álcool etílico, iniciando com etanol a 40% e finalizando com etanol a 100%, com duração de 60 minutos para cada solução.

Posteriormente, as amostras foram embebidas em resina (Historesin Embedding Kit - Jung) por 24 horas. Ao final da preparação do material, foram feitos cortes a 5µm de espessura utilizando-se um micrótomo automático Leica RM 2065, para a confecção de lâminas, que foram submetidos às seguintes colorações citoquímicas: O azul de Toluidina (AT) 0,025% pH 4,0, como corante metacromático para detectar radical aniônico (VIDAL, 1977), sendo a coloração realizada durante 15 minutos à temperatura ambiente, em seguida as lâminas foram lavadas rapidamente em água destilada e secadas ao ar livre. O Xylidine Ponceau (XP) 0,1% pH 2,5 é um corante utilizado para detectar radicais catiônicos totais (VIDAL, 1977), permitindo a visualização de corpos protéicos (CORTELAZZO; VIDAL, 1991). A coloração com XP foi realizada durante 15 minutos à temperatura ambiente, seguindo-se de lavagem em solução de ácido acético 3% por 15 minutos e duas lavagens rápidas em água destilada e secagem a temperatura ambiente. Reação do PAS (Periodic Acid-

Schiff) que é utilizada para detecção de polissacarídeos neutros (MAIA, 1979) como celulose, hemicelulose e amido, baseia-se na oxidação de grupos hidroxila, pelo ácido periódico (HIO_4) formando radicais aldeídos que posteriormente se ligaram ao reativo de Schiff. Para a detecção de lipídeos, foram realizados cortes a mão livre das sementes, sendo os cortes colocados em álcool 70% e posteriormente submetidos por 5 minutos em Sudan III, que por meio de reação com os lipídios presentes nas sementes originam coloração alaranjada. Após a imersão em Sudan III, os cortes foram lavados com álcool 90%, sendo feita a montagem da lamina e lamínula. As observações e a obtenção de imagens foram realizadas em microscópio de luz (Modelo BX41, Olympus Optical) acoplado a uma câmera digital (Modelo UC30) e um computador, utilizando-se o *software* “CELL”.

2.2 Determinações químicas

As sementes inteiras de cada classe de peso de *A. cearensis* foram moídas em moinho tipo Willey (modelo MA 340, Marconi, BR) e uma amostra de 2,0 g do peso fresco, de cada classe, foram coletadas e secadas em estufa a 50°C por 24 horas. Utilizou-se 0,2 g de amostra seca para quantificar lipídios e proteínas. Os lipídios foram obtidos por extração em sohxlet com hexano que por meio da evaporação do solvente, os recipientes de vidros com a amostra foram pesados e a proporção de lipídios quantificada por gravimetria. A mesma amostra de 0,2 g, após serem desengordurado, foi destinada para as etapas de extração de proteínas e carboidratos. A quantificação da proteína foi realizada segundo o método Bradford (BRADFORD, 1976) e os cálculos para as dosagens foram realizados através da curva padrão a partir de soluções com 10, 30 e 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ de soro albumina bovina (BSA), sendo as leituras lidas em espectrofotômetro a 595nm. A quantificação de açúcares livres foi realizada a partir do reagente Antrona que foi obtido a partir de 0,2g de antrona em 100 mL de ácido sulfúrico a 95% (McCREADY *et al.*, 1950), sendo 2 mL desse reagente adicionado para cada alíquota de 1mL por amostra. A partir da curva padrão, os cálculos para as dosagens foram efetuados a partir de soluções com 10, 30, 50 e 70 μg de glicose mL^{-1} .

2.3 Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (RMN ^1H)

10 g de cada classe de peso de sementes moídas de *A. cearensis* foram extraídas três vezes com 30 mL de CHCl_3 (clorofórmio). O solvente foi filtrado e evaporado sob pressão reduzida, fornecendo 2,45g de extrato com as sementes pesadas, 2,04g com as médias e 1,89 com as sementes leves.

Os espectros de Ressonância Magnética Nuclear de Prótio (RMN ^1H) foram obtidos em espectrômetros Bruker, modelo Avance DPX-300, pertencentes ao Centro Nordeste de Aplicação e Uso da Ressonância Magnética Nuclear da Universidade Federal do Ceará (CENAUREMN-UFC). O espectrômetro Bruker Avance DRX-300, equipado com sonda de detecção inversa de 5 mm e magneto de 7,046 T, foi operado nas frequências de 300,13 para hidrogênio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

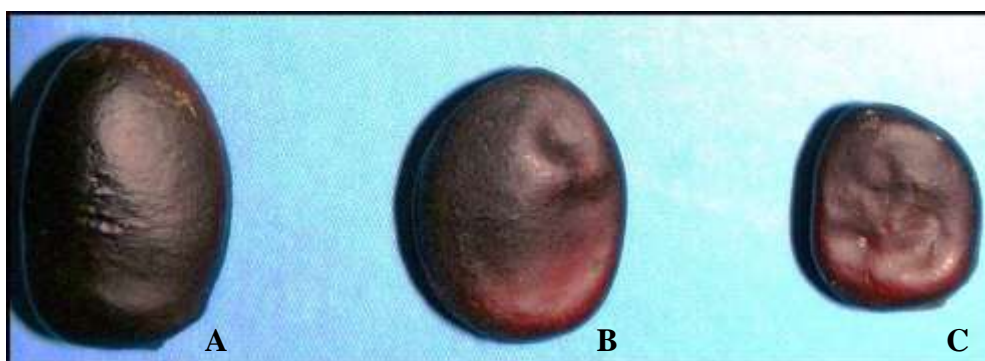
O peso de mil sementes de *A. cearensis* separada nas três classes de peso revela uma diferença acentuada de mais de 180 gramas em relação às sementes leves e pesadas (TABELA 1). Isto demonstra que essa variabilidade de peso dentro da mesma espécie pode tornar-se uma estratégia decisiva de sobrevivência e perpetuação em ambientes altamente competitivos. Ainda na Tabela 1, a determinação do grau de umidade nas três classes de sementes apresentou teor de água em torno de 9,0% que independente do seu peso, revela que o equilíbrio higroscópico das sementes com o ambiente não foi influenciado pelas classes.

Tabela 1: Peso de mil sementes e teor de água em função das classes de pesos para sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith).

Classes de peso	Peso de mil sementes	Teor de água
	---g---	---%---
Leves	221,42	9,4
Médias	285,37	9,3
Pesadas	403,28	9,4

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 2: Perfil das sementes de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) classificadas em pesada (A), média (B) e leve (C).



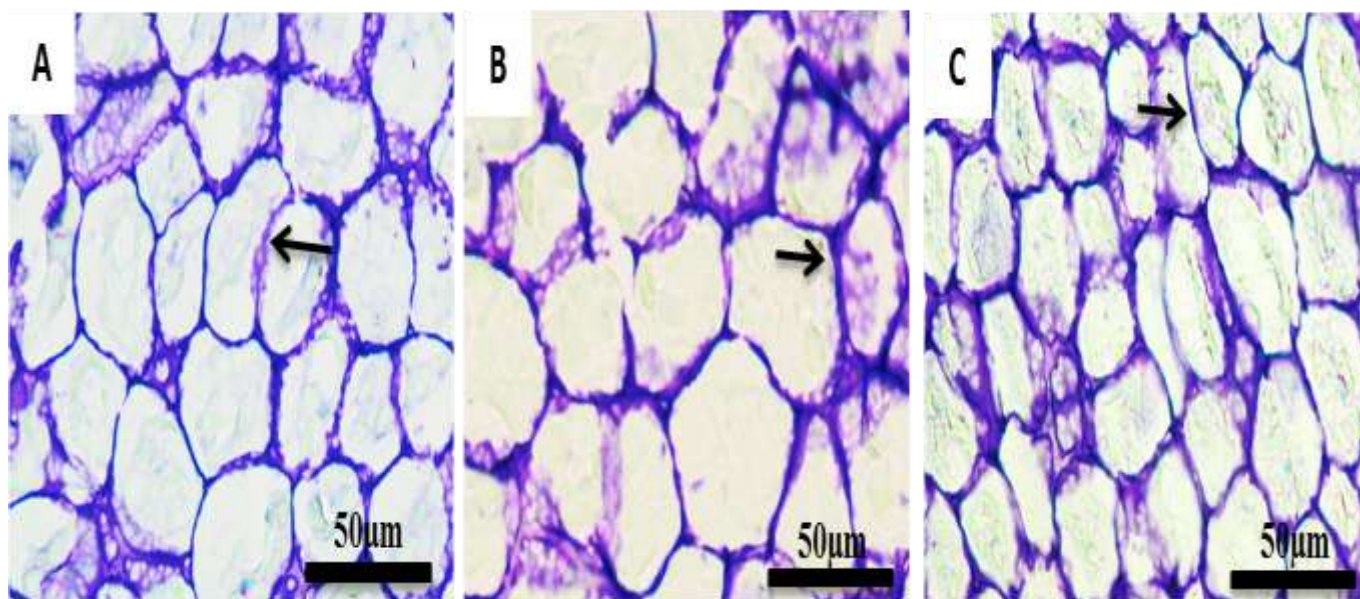
Fonte: Elaboração do autor.

A localização através da citoquímica e a composição dos constituintes químicos nas células cotiledonares em função do peso das sementes de cumaru revelam comportamento quantitativamente e qualitativamente distinto nas classes analisadas. A proporção de reserva nas sementes pode variar de espécie para espécie e até entre espécies de uma mesma família (BORGES; RENA, 1993; BEWLEY et al., 2013), podendo ocorrer também variações

quantitativa da composição química em função da posição da semente em relação ao fruto ou da inflorescência (MARCOS FILHO, 2005). Porém, trabalhos que abordam essa variação em função do peso da semente da mesma espécie são escassos.

Ao analisar a Figura 3, verifica-se que através da coloração com Azul de Toluidina (AT) nas três classes de sementes da espécie em estudo revelam paredes finas das células cotiledonares. Em trabalho realizado por Gallão, Damasceno e Brito (2006), a coloração com azul também revelou paredes celulares finas das células cotiledonares de *Moringa oleífera*. O fenômeno da basofilia metacromática faz com que a disponibilidade de radicais aniônicos nas paredes celulares seja evidenciada pela coloração róseo.

Figura 3: Cortes transversais em sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) corados com Azul Toluidina a pH 4,0 evidenciando a parede celular e o formato das células (→).

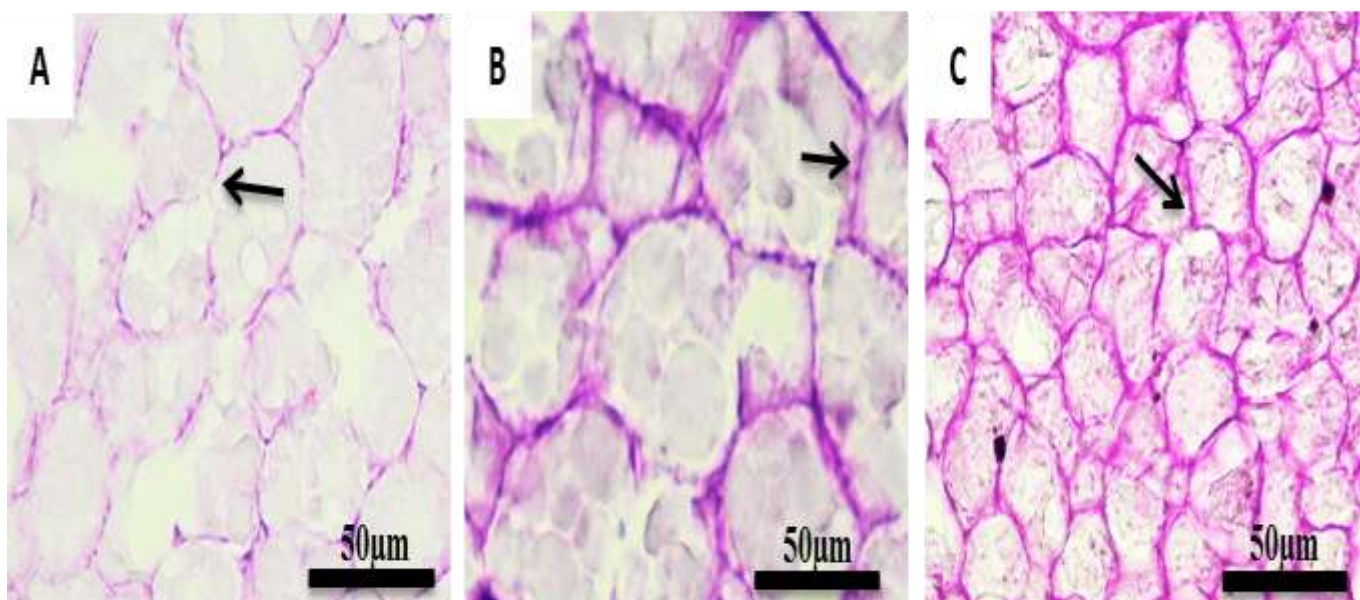


Fonte: Elaboração do autor.

Observa-se que a reação de Periodic Acid-Schiff (PAS) corou a parede celular (FIGURA 4) revelando a presença de polissacarídeos neutros como celulose e hemicelulose. Quanto à determinação química dos açúcares solúveis, este componente de reserva se expressou em maior proporção nas sementes leves (11,02%) em comparação com as sementes pesadas (5,13%), enquanto que as médias apresentaram valores intermediários (8,98%). Com isso fica evidente que durante a formação da semente, pode ocorrer dentro da mesma espécie proporção diferenciada de carboidratos em função do peso da semente. A função principal

dessa reserva é fornecer energia para a retomada de desenvolvimento do embrião durante a germinação (MARCOS FILHO, 2005), característica esta mais marcante nas sementes leves, por apresentar maior teor de carboidrato. Quanto à presença do amido através da citoquímica, em função da grande quantidade de proteínas presentes nos cotilédones das sementes, estas não possibilitaram a sua visualização, comportamento este também verificado nas sementes de moringa (GALLÃO; DAMASCENO; BRITO, 2006), algaroba (GALLÃO *et al.*, 2007), cártamos (ABUD *et al.*, 2010).

Figura 4: Cortes transversais em sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) submetidas a reação do PAS. Parede celular das células cotiledonares (→).

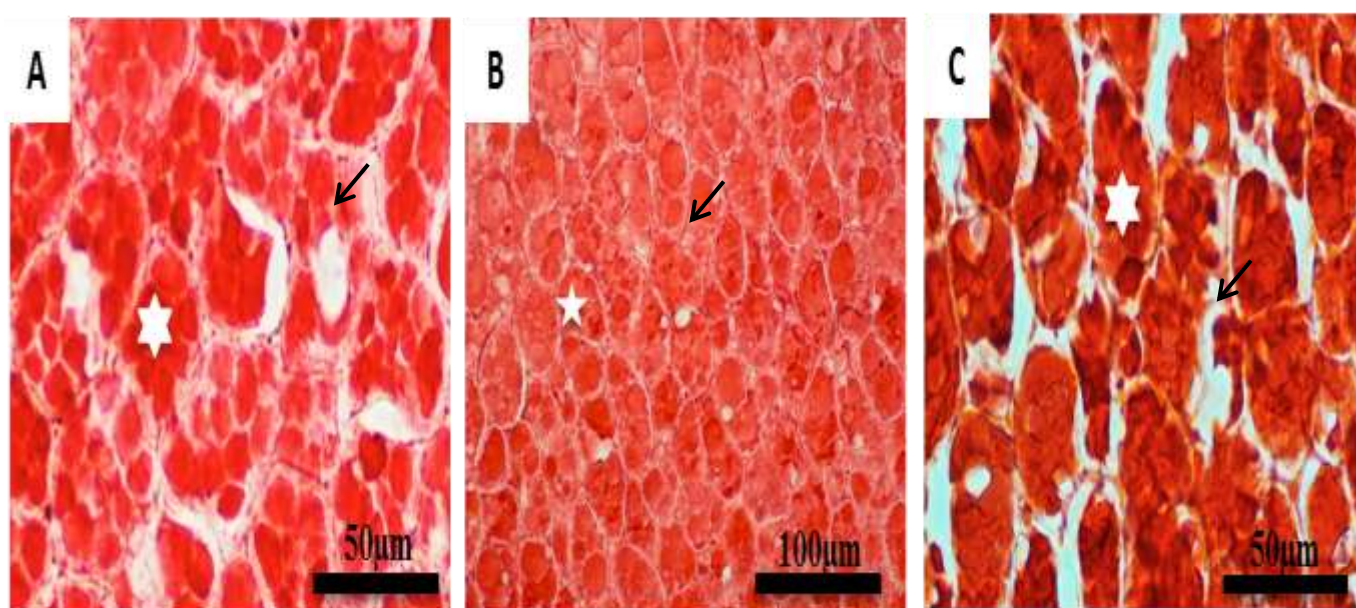


Fonte: Elaboração do autor.

A coloração com o Xylidine Ponceau (XP) nas três classes de peso de sementes (FIGURA 5) revelou grandes quantidades de corpos protéicos no citoplasma das células cotiledonares, verificando-se um maior preenchimento com as proteínas nos vacúolos de reserva com as sementes pesadas (5,97%), seguidas das médias (5,95%) e leves (4,08). Embora as sementes pesadas aparentemente apresente uma colocação mais intensa e com maior proporção de proteínas, observam-se grandes espaços vazios no citoplasma de suas células, que podem indicar presença de glóbulos de gorduras. A localização de corpos protéicos como material de reservas em sementes florestais, foi visualizada no citoplasma das

células cotiledonares de *Dalbergia miscolobium* (SILVA *et al.*, 1997), *Cesalpinia peltophoroides* (CORTE *et al.*, 2006) e *Prosopis juliflora* (GALLÃO *et al.*, 2007).

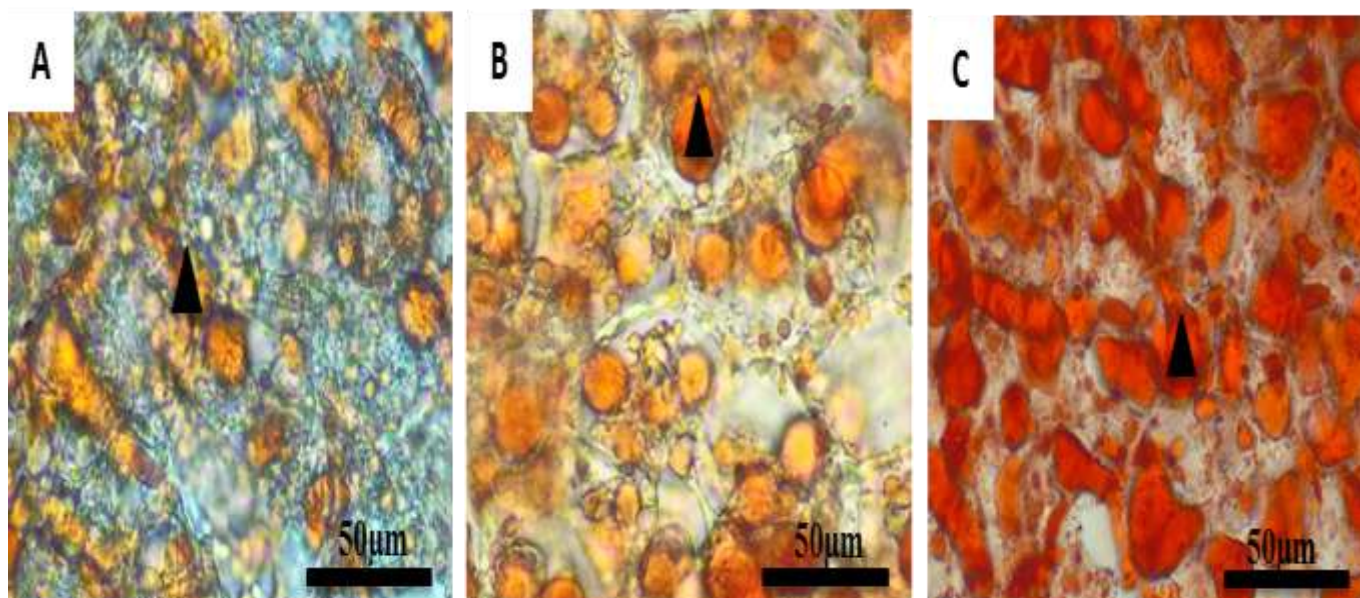
Figura 5: Cortes transversais em sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) corados Xylidine Ponceau a pH 2,5 que revela o conteúdo protéico do citoplasma das células cotiledonares (*). Verifica-se a presença de estruturas globulares que não foram coradas (→).



Fonte: Elaboração do autor.

No que diz respeito a presença de lipídios, estes são considerados fontes de energia mais eficientes que os carboidratos, durante a germinação (MARCOS FILHO, 2005). Verifica-se na Figura 6, um aumento proporcional de lipídios conforme aumenta o peso da semente, sendo esse componente mais expressivo com as sementes pesadas (32,9%), acompanhadas das classes médias (26,95%) e leves (25,05%). Através do uso do corante Sudam III, visualiza uma presença mais marcante dos glóbulos de gorduras nas sementes pesadas (FIGURA 6C).

Figura 6: Cortes transversais em sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith) corados com Sudam III evidenciando a presença de lipídeos (▲) no citoplasma das células cotiledonares.



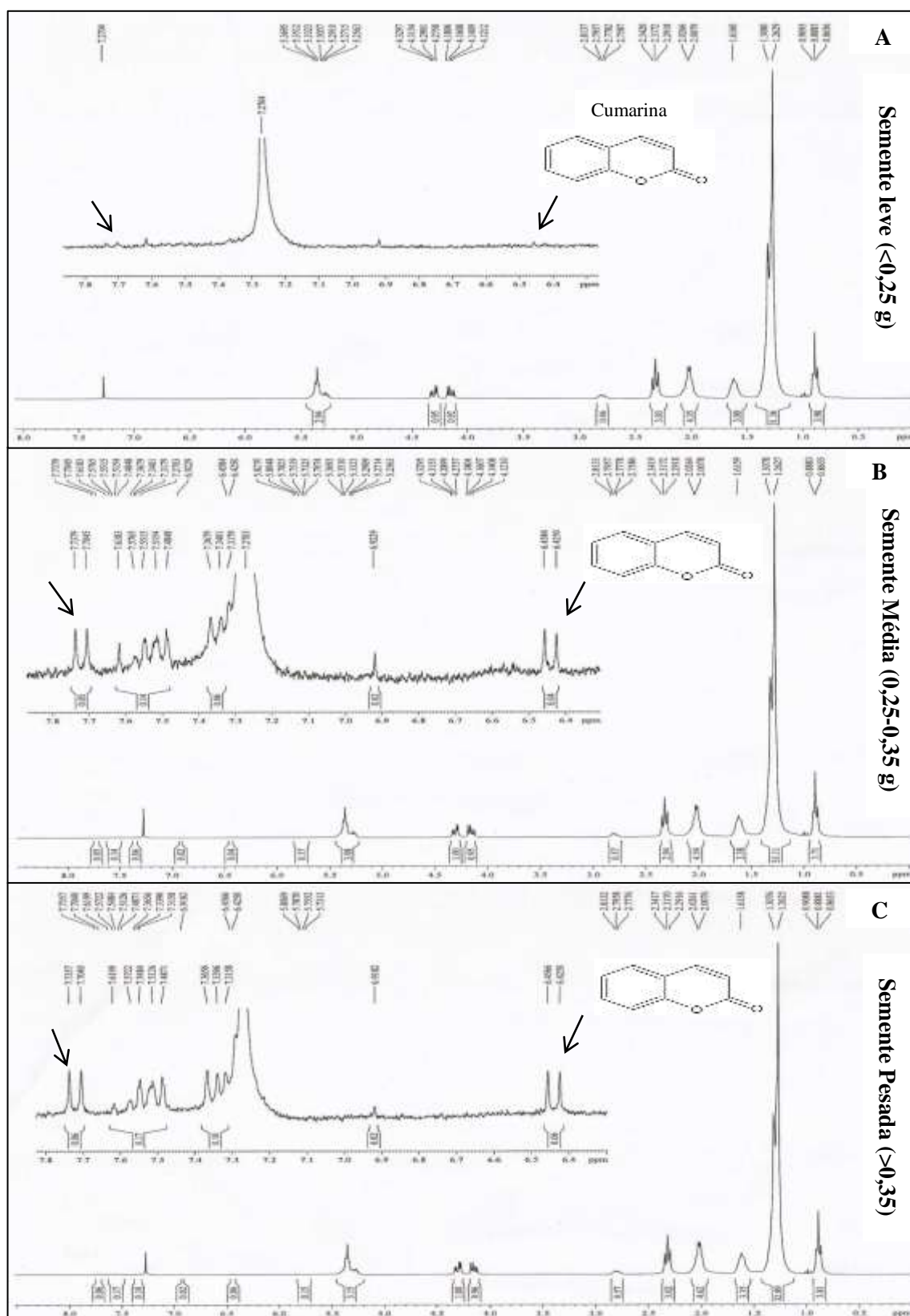
Fonte: Elaboração do autor.

Vale destacar que dentre os componentes de reserva quantificado, os lipídios se destacam em maior proporção nas sementes de cumaru sendo em maior quantidades nas sementes pesadas. Os carboidratos representam o segundo componente em maior proporção nessa espécie, sendo mais evidente nas sementes leves. Com isso, ressalta a importância de estudar a composição química em função do peso da semente, já que essas reservas quantitativamente são diferenciadas.

Além dos componentes mencionados anteriormente, as sementes contêm outras substâncias, dentre elas os compostos fenólicos que interferem no balanço entre substâncias promotoras e inibidoras da germinação, atuando na manutenção do estado de dormência, sendo a cumarina a sua principal representante (MARCOS FILHO, 2005). Considerando que os constituintes químicos presentes no extrato de sementes de cumaru tem forte potencial alelopático que podem interferir na germinação de sementes e no desenvolvimento de outras espécies de plantas num mesmo ambiente (MANO, 2006; FELIX, 2012), será discutida através do espectro de ressonância magnética (FIGURA 7) a influência da cumarina na germinação da própria espécie. Embora as sementes pesadas apresentem maior quantidade de reservas, pode-se destacar que em alguma circunstância, os diversos tipos de substâncias presentes nessa classe de peso podem ser prejudiciais na sua germinação, seja em função do ambiente ou como estratégia de defesa da própria espécie.

Com o desenvolvimento de métodos analíticos modernos, a determinação de substâncias com constituintes voláteis pode ser determinada na ordem de parte por bilhão, por cromatografia gasosa (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Figura 7: Espectro de RMN ^1H (CDCl_3 , 300 MHz) do extrato clorofórmico das sementes leves (A), médias (B) e pesadas (C) de cumaru (*Amburana cearensis* [Allemão] A.C. Smith).



Fonte: Elaboração do autor.

Face os levantamentos realizados no capítulo 1 e 2 buscou-se justificar o porquê das sementes pesadas, seguidas das médias apresentarem um baixo desempenho germinativo. Associou-se a esta condição limitante, presença considerável da cumarina nessas sementes. Por mais que os estudos comprovam que o cumaru seja altamente alelopática, inibindo a germinação de outras espécies, não há registro mostrando a influência dessa substância na germinação da própria espécie. A Figura 7 apresenta sinais de hidrogênio em média de 6,44 e 7,72 ppm característico de esqueleto da cumarina ($C_9H_6O_2$), que foi visualizado pelo espectro de ressonância magnética nuclear nas sementes pesadas e médias de cumaru, sendo as leves não detectado pela técnica. As sementes pesadas (FIGURA 7C) apresentaram levemente pela integração dos sinais de hidrogênio maior teor de cumarina (0,06 ppm) no seu extrato clorofórmico em relação as sementes médias (0,04 ppm) (FIGURA 7B). Com relação às sementes leves há possibilidade de apresentar a substância cumarina no extrato, que por estar em baixíssimas quantidades não foi detectado pela técnica de RMN (FIGURA 7A).

Com base nesses estudos, presume-se que as sementes leves (< 0,25g) de *A. cearensis* por terem menos cumarina na sua estrutura de reserva, apresentam um melhor desempenho germinativo para a espécie, já que as sementes pesadas tendem a inibir a sua germinação em função da alta concentração de cumarina, fato ainda não comprovado na literatura. Nesse sentido, novos estudos e ferramentas sofisticadas com metodologias analíticas modernas possibilitarão uma melhor interpretação desses resultados com relação aos aspectos fisiológicos e bioquímicos das sementes.

4 CONCLUSÕES:

Os constituintes químicos presentes nas sementes de *Amburana cearensis* são quantitativamente diferenciados em função do peso das sementes.

Semente pesadas de *A. cearensis* caracterizam-se por um elevado teor de lipídios.

A espectroscopia por RMN revela uma maior proporção da cumarina no extrato de sementes pesadas e médias de *A. cearensis*, que possivelmente afetam as necessidades ecofisiológicas da espécie.

REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F.; GONÇALVES, N. R.; REIS, R. G. E.; GALLÃO, M. I.; INNECCO, R. Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 259-265, 2010.
- ALENCAR, N. A.; INNECCO, R.; GOMES FILHO, E.; GALLÃO, M. I.; ALVAREZ PIZARRO, J. C.; PRISCO, J. T.; OLIVEIRA, A. B. Seed reserve composition and mobilization during germination and early seedling establishment of *Cereus jamacaru* D.C. ssp. *jamacaru* (Cactaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 84, n. 3, p. 823-832, 2012.
- ALVES, M. M.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; MOURA, S. S. S.; BARROZO, L. M.; ARAÚJO, L. R. Potencial fisiológico de sementes de *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. – *Fabaceae* submetidas a diferentes regimes de luz e temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2199-2205, 2012.
- BARBOSA, D. C. A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. p.625-656.
- BERNARDES, R. S. A. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart. e *Euterpe precatoria* Mart.) submetidas ao aumento de temperatura**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus. 2010.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD K.J.; HILHORST H.W.M.; NONOGAKI H. *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy*, 3rd ed. New York: Springer. 2013. 392p.
- BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.
- 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. 350 p.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. SNDA / DNDV / CLAV. Brasília, 2009. 399 p.
- CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R.; BEZERRA, A. M. E.; LEAL, L. K. A. M.; VIANA, G. S. B. **Uso de Plantas Jovens de *Amburana cearensis* A. C. Smith: Alternativa para**

Preservação e Exploração Econômica da Espécie. Embrapa Semiárido, Petrolina, 2008. 24 p. (Documentos, 208).

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

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. L.; PONTES, C. A.; LEITE, I. T. A.; VENTRELLA, M. C.; MATHIAS, A. A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Bent. (Leguminosae – Caesalpinioideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 941-949, 2006.

CORTELAZZO, A. L.; VIDAL, B. C. Soybean seed proteins: detection in situ and mobilization during germination. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 14, p. 27-33, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical. **Dados climatológicos: Estação de Pentecoste**, 2000; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/UFC, 2001. 14 p.

FELIX, R. A. Z. **Efeito alelopático de extratos de *Amburana cearensis* (Fr.All.) A.C. Smith sobre a germinação e emergência de plântulas.** 2012. 90 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, São Paulo. 2012.

GALLÃO, M. I.; VIEIRA, I. G. P.; MENDES, F. N. P.; ALEX, S. N. SOUZA; BRITO, E. S. Reserve mobilisation in mesquite (*Prosopis juliflora*) seed (Leguminosae). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 2012-2018, 2007.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de moringa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, p. 106-109, 2006.

KARNOVSKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v. 27, p. 137-138, 1965.

LEITE, E. J. State-of-knowledge on *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Smith (Leguminosae-Papilionoideae) for genetic conservation in Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v.13 p. 49-65. 2005

LESSA, B. F. T. **Germinação e crescimento de plântulas de *Enterolobium contorsiliquum* (vell.) morong em função do peso de semente, localização no fruto e condições de temperatura e luz.** 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2013.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas.** São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2002. 512 p.

MAIA, V. **Técnica Histológica.** 2 ed. São Paulo. Atheneu, 1979. 246 p.

MANO, A. R. O. **Efeito alelopático do extrato aquoso de sementes de cumaru (*Amburana cearensis* s.) sobre a germinação de sementes, desenvolvimento e crescimento de**

plântulas de alface, picão-preto e carrapicho. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

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

MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; ARAÚJO, E. F.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P. et al. Influência do tipo de fruto, peso específico das sementes e período de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamão do grupo formosa. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 12-17, 2005.

McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1556–1558.

MELO, R. B. **Caracterização das reservas das sementes e avaliação da germinação e formação de plântulas de nove espécies arbóreas de florestas alagáveis da Amazônia.** 2013. 72 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília. 2013.

NASCIMENTO, P. L.; MESQUITA, J. M.; BRITO, E. S. e GALLÃO, M. I. Mobilização de reservas das sementes de *Anandenathera colubrina* (Vell.) após a germinação. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 966-968, 2007.

PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae – Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n.1, p. 141-148, 2011.

RIBEIRO, C. A. D.; COSTA, M. P.; SENNA, D. S.; CALIMAN, J. P. Fatores que afetam a germinação das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 161-168. 2012.

RIBEIRO, V. K. **Análise das reservas de sementes de espécies arbóreas da restinga do município de Ipojuca - PE.** 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2006.

SILVA, T. R. G.; CORTELAZZO, A. L.; DIETRICH, S. M. C. Cytological aspects of storage mobilization in seeds of *Dalbergia miscolobium* during germination and plantlet growth. **Ciência e Cultura**, v. 49, n. 3, p. 219-222, 1997.

VIDAL B. C. Acid glycosaminoglycans and endochondral ossification: microspectrophotometric evaluation and macromolecular orientation. **Cell Molecular Biology**, v. 22, p. 45- 64, 1977.