



UEPB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPUS II

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA E AGROPECUÁRIA

CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA

KALINE DE SOUZA MEIRA

**RIZOGÊNESE DA *Moringa oleifera* BIOINDUZIDA POR MUDANÇAS NO
ESPECTRO DE LUZ E CONCENTRAÇÕES DE EXTRATO DE TIRIRICA**

LAGOA SECA - PB

2019

KALINE DE SOUZA MEIRA

RIZOGÊNESE DA *Moringa oleifera* BIOINDUZIDA POR MUDANÇAS NO ESPECTRO DE LUZ E CONCENTRAÇÕES DE EXTRATO DE TIRIRICA

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Curso de Bacharelado em Agroecologia do Departamento de Agroecologia e Agropecuária da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

Área de concentração: Fisiologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Renner Luciano de Souza Ferraz.

**LAGOA SECA - PB
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M499r Meira, Kaline de Souza.

Rizogênese da Moringa oleifera bioinduzida por mudanças no espectro de luz e concentrações de extrato de Tiririca [manuscrito] / Kaline de Souza Meira. - 2019.

21 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2019.

"Orientação : Prof. Dr. Renner Luciano de Souza Ferraz, Departamento de Agroecologia e Agropecuária - CCAA."

1. Germinação. 2. Qualidade de luz. 3. Hormônios vegetais. I. Título

21. ed. CDD 580

KALINE DE SOUZA MEIRA

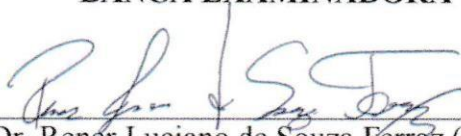
RIZOGÊNESE DA *Moringa oleifera* BIOINDUZIDA POR MUDANÇAS NO ESPECTRO
DE LUZ E CONCENTRAÇÕES DE EXTRATO DE TIRIRICA

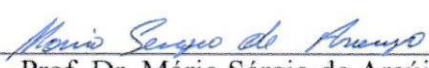
Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Curso de Bacharelado em Agroecologia do Departamento de Agroecologia e Agropecuária da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

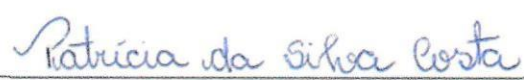
Área de concentração: Fisiologia Vegetal.

Aprovado em: 28/06/2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Mário Sérgio de Araújo
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Me. Patrícia da Silva Costa
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)


Me. Antônio Manoel da Silva Filho
Faculdades Integradas de Patos (FIP)

Ao meu pai (*in memoriam*), que sempre será a
minha inspiração, DEDICO.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAL E MÉTODOS	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS.....	17

**RIZOGÊNESE DA *Moringa oleifera* BIOINDUZIDA POR MUDANÇAS NO
ESPECTRO DE LUZ E CONCENTRAÇÕES DE EXTRATO DE
TIRIRICA**

**RHIZOGENESIS OF *Moringa oleifera* BIO-INDUCED BY LIGHT SPECTRUM
CHANGES AND EXTRACT CONCENTRATIONS OF NUTSEDGE**

Kaline de Souza Meira*

RESUMO

Maior demanda por alimentos para garantia de segurança alimentar da população impulsiona o cultivo de plantas com potencial para múltiplos usos. Assim, objetivou-se avaliar a rizogênese da *Moringa oleifera* bioinduzida por mudanças no espectro de luz e concentrações de extratos de tiririca. A pesquisa foi realizada entre os meses de outubro e dezembro de 2018, no Laboratório de Fitopatologia pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba, localizado no município de Lagoa Seca – PB. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4, sendo quatro condições de luminosidade (luz branca, azul, vermelha e vermelho extremo) e quatro concentrações de extrato aquoso de tubérculos de tiririca (0, 25, 50 e 100%). As avaliações consistiram na medição do comprimento inicial da raiz, comprimento final da raiz, taxa de crescimento relativo da raiz, fitomassa inicial da raiz, fitomassa final da raiz e ganho relativo de fitomassa da raiz. Para realização das análises foi utilizado o *software* Sisvar 5.6. A rizogênese da *M. oleifera* bioinduzida pelo *priming* com luz vermelha, não sendo recomendada a aplicação de extrato aquoso de tubérculo de tiririca. As informações geradas nesta pesquisa são de fundamental importância para incremento do arcabouço tecnológico acerca do aumento da eficiência produtiva da *M. oleifera*, notadamente devido ao fato da bioindução por mudanças no espectro de luz e concentrações de extrato de tiririca proporcionar maior adaptabilidade desta espécie aos agroecossistemas, sobretudo na região Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Germinação. Qualidade de luz. Hormônios vegetais.

ABSTRACT

Increased demand for food to ensure food security of the population boosts the cultivation of plants with potential for multiple uses. Thus, the objective of this study was to evaluate the bioengineered *Moringa oleifera* rhizogenesis by changes in the light spectrum and concentrations of tiririca extracts. The research was carried out between October and December 2018, at the Phytopathology Laboratory belonging to the Center of Agrarian and Environmental Sciences of the State University of Paraíba, located in the municipality of Lagoa Seca - PB. A completely randomized design was used in a 4x4 factorial scheme,

*Aluna do Curso de Bacharelado em Agroecologia na Universidade Estadual da Paraíba – Campus II.
E-mail: kalinemeira@hotmail.com

with four conditions of luminosity (white, blue, red and extreme red), and four concentrations of aqueous extract of tuberose tubers (0, 25, 50 and 100%). The measurements consisted of the initial root length, root length, relative root growth rate, initial root phytomass, root final phytomass and relative root phytomass gain. The Sisvar 5.6 software was used for the analysis. The rhizogenesis of *M. oleifera* is bioinduced by priming with red light, and the application of aqueous extract of tuber is not recommended. The information generated in this research is of fundamental importance to increase the technological framework regarding the increase of the productive efficiency of *M. oleifera*, especially due to the fact of the bioinduction by changes in the light spectrum and concentrations of extract of tiririca, to provide greater adaptability of this species to agroecosystems, especially in the Northeast region of Brazil.

Keywords: Germination. Quality of light. Vegetable hormones.

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional gera maior demanda por alimentos e compromete a segurança alimentar, o que caracteriza um desafio global para a humanidade. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), estima-se que, atualmente, 815 milhões de pessoas sofram de desnutrição (CICERI; ALLANORE, 2019). A demanda por recursos está projetada para aumentar na medida em que a população cresça até 2050, o que requer aumentos de 55% na disponibilidade de água, 60% de alimentos e 80% de energia (DAHER et al., 2019).

O cenário supracitado pressiona o setor agrícola para ampliação de áreas cultiváveis e uso de fatores de produção como, solo, água, fertilizantes e defensivos, o que tem agravado os efeitos negativos das ações antrópicas sobre os agroecossistemas e mudanças climáticas (MARTINS et al., 2019).

Alterações nas variáveis do clima como temperatura e luminosidade, podem influenciar a germinação de sementes e desenvolvimento de plantas, notadamente devido às variações na qualidade da luz e sua relação com os fotorreceptores vegetais (BORNMAN et al., 2019; WEBER et al., 2019). Uma estratégia para garantia de sustentabilidade e segurança alimentar é o cultivo de plantas com potencial para múltiplos usos, com plasticidade genotípica e fenotípica para adaptação aos mais variados agroecossistemas de cultivo, como em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (BUSSONI et al., 2019; CORTNER et al., 2019). Nesse contexto, a *Moringa oleifera* Lamark tem ganhado destaque mundialmente, uma vez que todas as partes da planta podem ser usadas como alimentos, medicamentos e para fins industriais (LIU et al., 2018).

A *M. oleifera* é uma espécie da família Moringaceae, nativa da Índia e do Paquistão

(DOMENICO; LINA; FRANCESCA, 2019), sendo cultivada em regiões áridas e semiáridas, caracterizando-se em alternativa para alimentação humana e animal devido seu potencial nutritivo, além de possuir aminoácidos essenciais macro e micronutrientes (KARTHICKEYAN, 2019; PÁRAMO-CALDERÓN et al., 2019). Além disso, pode ser usada para purificação de água e possui ação antifúngica, analgésica, anti-inflamatória, antioxidante, antidiabética, antitumoral e antibacteriana (GARCIA et al., 2019).

Embora *M. oleifera* seja adaptada às condições edafoclimáticas contrastantes, estresses abióticos ocorridos durante sua germinação podem influenciar o crescimento e desenvolvimento da planta, refletindo em redução no acúmulo de fitomassa, rendimento de frutos e sementes (HASAN et al., 2019). A disponibilidade, qualidade e tempo de exposição à luz é primordial para a germinação de sementes, de modo que *M. oleifera* responde às variações luminosas, sobretudo devido ao fato da luz influenciar em outros fatores como temperatura e umidade do solo, ar e planta (AHMED et al., 2014). A ação do espectro de radiação luminosa sobre os diferentes fotorreceptores no desenvolvimento das plantas vêm sendo estudados, apesar de resultados prévios confirmarem efeitos morfológicos e fisiológicos da qualidade de luz na rizogênese, as respostas variam de acordo com a espécie vegetal (ANTONOPOULOU et al., 2004).

A percepção da luz pelos fotorreceptores tem papel decisivo nos processos fisiológicos das plantas. Transduções de sinais luminosos envolvem eventos bioquímicos importantes para biossíntese e ação de hormônios vegetais responsáveis pelas mudanças fotomorfogenéticas e tolerância aos estresses abióticos (MATSUO et al., 2019; POLESİ et al., 2019; VAISHAK et al., 2019). Apesar da importância da interação entre luz e extratos no desenvolvimento de plantas, pouco se sabe acerca do efeito desses fatores combinados na rizogênese de *M. oleifera*.

Ressalta-se que os hormônios vegetais (fitohormônios), como auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico, etileno, brassinosteróides e estrigolactonas regulam a germinação, o crescimento e desenvolvimento das plantas (PAWELA et al., 2019; PERES et al., 2019). Estes hormônios podem ser obtidos de fontes sintéticas e naturais, como por exemplo, o ácido-3-indolbutírico (auxina) presente em tubérculos de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) que pode ser utilizado como tecnologia para promoção de quebra de dormência e germinação de sementes (RIFNA et al., 2019).

As raízes são as primeiras adaptações que permitiram que as plantas colonizassem a rizosfera, elas executam funções essenciais necessárias para a sobrevivência e desenvolvimento de plantas, como ancorá-las a um substrato, fornecimento de suporte mecânico, armazenamento de fotoassimilados e absorção de água e nutrientes (SHEKHAR et al., 2019).

O estudo de raízes é importante, no entanto, tem sido negligenciado devido ao fato de sua observação, manipulação e extração serem complexas, principalmente em ambientes naturais. A rizogênese representa a interação entre fatores genéticos e ambientais, de modo que as raízes podem se adaptar à rizosfera dos agroecossistemas, denotando a necessidade de estudos para compreensão da dinâmica radicular de *M. oleifera* (NOVOPLANSKY, 2019).

A germinação de sementes é um processo fisiológico complexo que começa com a absorção de água e termina com a protrusão da radícula (TUAN et al., 2019). Neste contexto, o pré-tratamento (*priming*) de sementes consiste em controlar o teor de água das sementes para ativar parcialmente os processos de germinação, como o metabolismo, mas evita a germinação total, retornando as sementes ao estado de quiescência (SANO; SEO, 2019).

Com base no exposto, pode-se inferir a hipótese de que à bioindução a partir de *priming* aplicado nas sementes com diferentes condições de luminosidade e doses de extratos de tiririca, irá influenciar a germinação e conseqüentemente a rizogênese, podendo assim aumentar o crescimento das raízes. Assim, objetivou-se avaliar a rizogênese da *Moringa oleifera* bioinduzida por *priming* com mudanças no espectro de luz e concentrações de extrato aquoso de tubérculos de tiririca.

2.MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre os meses de outubro e dezembro de 2018, no Laboratório de Fitopatologia e em ambiente telado pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no município de Lagoa Seca – PB, nas coordenadas de Latitude 7° 09' S, Longitude 35° 52' W e altitude de 634 m (SOARES; SILVA; SILVA, 2017). O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As' (tropical úmido), com temperatura média anual de 22 °C, sendo a mínima de 18 e máxima de 33 °C, precipitação pluviométrica de 800 mm e umidade relativa do ar de 80%.

Para aplicação do *priming* visando bioindução da rizogênese, foram utilizadas sementes comerciais de *M. oleifera*, obtidas da safra 2018, lote 00016 da empresa Arbocenter. Inicialmente, as sementes passaram pelo processo de assepsia com hipoclorito de sódio a 1%, por 3 min (CARVALHO; CARVALHO, 2009), realizado sob luz verde, tida como luz de segurança, sem influência sobre os fitocromos (PEREIRA et al., 2011).

A aplicação do *priming* visando bioindução da rizogênese foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4, com quatro repetições de 24 sementes (PEREIRA et al., 2015). Os fatores consistiram de quatro condições de luminosidade (LBR =

luz branca com emissão de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, LAZ = luz azul com comprimentos de onda de 400 a 485 nm, LVE = luz vermelha com comprimento de onda de 600 a 680 nm e LVX = luz vermelho extremo com comprimento de onda de 680 a 720 nm) e quatro concentrações de extratos exógenos (EAT_0 = controle 0%, EAT_{25} = 25%, EAT_{50} = 50% e EAT_{100} = 100% de extrato aquoso de tubérculos de *C. rotundus* L.). As sementes foram alocadas em caixas plásticas, tipo gerbox, medindo 11x11x3,5 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente. Para obtenção da luz branca, foram utilizadas caixas plásticas transparentes, revestidas com quatro camadas de papel celofane transparente; para a luz azul, as caixas transparentes foram revestidas com quatro folhas de papel celofane azul; para a vermelha o revestimento foi com quatro folhas de papel celofane vermelho; e para o vermelho extremo, o revestimento foi com duas camadas de papel celofane vermelho e duas de azul, sobrepostas (YAMASHITA; GUIMARAES; CAVENAGHI, 2011).

Tubérculos de *C. rotundus* foram obtidos no campo experimental do CCAA/UEPB em uma área com infestação severa. Para obtenção do extrato aquoso de *C. rotundus*, os tubérculos frescos foram isolados, lavados com água e detergente neutro, secos em papel toalha e pesados. Foram utilizados 10,0 g de tubérculos, os quais foram triturados em liquidificador com 200 ml de água destilada e peneirados, para obtenção de uma solução estoque com 100% do extrato (SIMÕES et al., 2003).

As concentrações correspondentes a cada tratamento foram obtidas por diluição da solução estoque em água destilada. Para o tratamento controle (EAT_0 = 0%) foi utilizada água destilada, para EAT_{25} = 25% a diluição foi com 75% de água destilada + 25% de solução estoque, para EAT_{50} = 50% a diluição foi com 50% água destilada + 50% de solução estoque, enquanto que para EAT_{100} = 100% foi utilizada a solução estoque sem diluição (REZENDE; ZUFFELLATO-RIBAS; KOEHLER, 2013; SCARIOT et al., 2017).

Em cada caixa, o substrato foi constituído de duas camadas de folha de papel ‘germitex’ umedecidas com as soluções correspondentes a cada tratamento, em volume correspondente a aproximadamente 2,5 vezes a sua massa seca (FERREIRA et al., 2017). As caixas contendo as sementes foram acondicionadas em câmara germinadora tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.), regulada na temperatura de 30 ± 5 °C, com fotoperíodo de 8 horas (PEREIRA et al., 2015).

O tempo de aplicação do *priming* foi de 24 h, período necessário para embebição das sementes na fase de ativação metabólica (fase II) sem que haja a conclusão do processo de germinação (GUIMARÃES; DIAS; LOUREIRO, 2008). Posteriormente, as sementes foram colocadas para secar durante 24 h em bandejas de polietileno com dimensões de 30 cm x 20 cm

x 5 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente, as quais foram revestidas com duas camadas de papel absorvente e cobertas com papel celofane nas cores correspondentes às mesmas condições de luminosidade utilizadas durante a aplicação do *priming*. Para avaliação da rizogênese, as sementes utilizadas no *priming* foram semeadas na profundidade aproximada de 0,02 m em bandejas de polietileno, preenchidas com 3,0 kg de substrato arenoso autoclavado, com umidade mantida entre 90 e 100% da capacidade de campo (CC). As bandejas foram alocadas em ambiente telado com redução de 15% da luminosidade.

O manejo da irrigação foi diariamente realizado em turno de rega de 24 h, utilizando-se do método de pesagens, em que foi reposta a água evapotranspirada nas 24 h que antecederam cada evento de irrigação.

Para tanto, foi obtida a massa das bandejas de polietileno preenchidos com substrato arenoso seco (MSS, em kg). Posteriormente, o substrato foi saturado com água de abastecimento local determinado o volume inicial (VAI, em L) correspondente a 75% (v/m) da massa do substrato e acondicionados em bandejas de polietileno, sendo o sistema coberto com plástico preto e abrigado da luz para evitar perda de água por evaporação. Transcorridas 24 horas, o volume de água drenado (VAD, em L) para a bandeja foi coletado e quantificado. Em seguida, foi obtida a massa das bandejas com o solo na capacidade de campo (MSC, kg).

A partir dos dados obtidos, foi calculado o volume de água no substrato em capacidade de campo (VAC, em L), dado pela expressão $VAC = VAI - VAD$. A cada 24 h, foi realizada a pesagem das bandejas, de modo a se obter a massa do substrato após evapotranspiração (MSET, em kg). A massa de água evapotranspirada (MAET, em kg) foi calculada pela diferença $MAET = MSC - MSET$. Posteriormente, o volume de água requerido (VAR, em L) para reposição do solo à condição de capacidade de campo foi calculado utilizando-se da expressão $VAR = (VAC * MAET) / MSC$.

Para reposição do volume de água requerida, utilizou-se de proveta graduada em mililitros (mL) com capacidade volumétrica para 300 mL. Para as pesagens, utilizou-se de balança digital portátil, modelo 123 Util, com precisão de 0,00 g, alimentada com pilhas do tipo AAA (SILVA et al., 2019).

As avaliações consistiram na medição do comprimento inicial da raiz (CIR, em cm), comprimento final da raiz (CFR, em cm), taxa de crescimento relativo da raiz (TCRR, em $\text{cm}^{-1} \text{dia}^{-1}$), fitomassa inicial da raiz (FIR, em mg), fitomassa final da raiz (FFR, em mg) e ganho relativo de fitomassa da raiz (GRFR, em $\text{mg}^{-1} \text{dia}^{-1}$) (FERRAZ et al., 2017).

Transcorridos 13 dias, a contar da implantação do experimento, foram selecionadas duas plântulas uniformes por parcela, nas quais foram realizadas medições para determinação do

comprimento inicial da raiz (CIR), o qual foi aferido utilizando-se de régua graduada em mm. Posteriormente, as duas plântulas foram seccionadas em raiz e parte aérea. O material vegetal das raízes foi acondicionado em sacos de papel e conduzido à estufa de circulação de ar forçada a 70 °C até atingirem massa constante, para posterior pesagem em balança analítica e determinação da fitomassa inicial da raiz (FIR) (FERRAZ et al., 2017).

Transcorridos 21 dias de implantação do experimento, dentre as plântulas remanescentes, foram selecionadas duas por parcela, nas quais foram realizadas medições para determinação do comprimento médio final da raiz (CFR). Posteriormente, o material vegetal foi seccionado, acondicionado e seco para determinação da fitomassa final da raiz (FFR) (FERRAZ et al., 2017).

Foi realizada a determinação da taxa de crescimento relativo da raiz (TCRR) e do ganho relativo de fitomassa da raiz (GRFR), sendo essas variáveis obtidas por meio da relação:

$$R = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}, \text{ em que: } R = \text{ taxa de crescimento ou ganho relativo; } \ln = \text{logaritmo}$$

neperiano; W_1 = comprimento ou fitomassa inicial; W_2 = comprimento ou fitomassa final; t_1 = tempo inicial e t_2 = tempo final (ECHER et al., 2010; FERRAZ et al., 2017).

Os dados das variáveis de resposta foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965). Atendidos os pressupostos de normalidade, foi realizada análise de variância pelo teste F com 95% de confiança. Para o desdobramento dos graus de liberdade das condições de luminosidade foi aplicado teste de comparações múltiplas de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade de erro, enquanto que para as concentrações de extrato aquoso de *C. rotundus* foi realizada análise de regressão polinomial e a escolha dos modelos determinada pela significância dos parâmetros de regressão (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015). Para realização das análises foi utilizado o *software* Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que as condições de luminosidade promoveram diferença significativa no comprimento final da raiz (CFR), fitomassa inicial da raiz (FIR) e ganho relativo de fitomassa da raiz (GRFR), enquanto que comprimento inicial da raiz (CIR), taxa de crescimento relativo da raiz (TCRR) e fitomassa final da raiz (FFR) não foram influenciados significativamente pela luz. O extrato aquoso de tubérculos de tiririca teve efeito significativo na FIR, enquanto que nas variáveis, CIR; CFR; TCRR; FFR e GRFR; não foi verificado efeitos do extrato. Houve

interação significativa entre as condições de luminosidade e as concentrações de extrato para as variáveis, CFR e GRFR enquanto que as demais variáveis não foram influenciadas pela interação entre estes fatores (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das análises de variância para germinação e crescimento inicial de *Moringa oleifera* sob variação espectral de luz e extrato aquoso de tubérculos de tiririca.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios					
		CIR	CFR	TCRR	FIR	FFR	GRFR
Luz (L)	3	1,68 ^{ns}	2,48*	18e-3 ^{ns}	791,46**	1616,68 ^{ns}	88e-3*
Extratos (E)	(3)	0,66 ^{ns}	0,34 ^{ns}	65e-4 ^{ns}	507,42*	786,37 ^{ns}	71e-3 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,01 ^{ns}	0,56 ^{ns}	94e-5 ^{ns}	28,80 ^{ns}	2161,79 ^{ns}	36e-3 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	1,90 ^{ns}	0,46 ^{ns}	11e-3 ^{ns}	1468,18**	87,71 ^{ns}	14e-2*
Desvio da Regressão	1	0,05 ^{ns}	21e-3 ^{ns}	67e-4 ^{ns}	25,29 ^{ns}	109,60 ^{ns}	35e-3 ^{ns}
Interação L x E	9	1,07 ^{ns}	2,03*	64e-4 ^{ns}	229,40 ^{ns}	3519,49 ^{ns}	62e-3*
Resíduo	48	0,82	0,80	74e-4	178,41	1822,24	28e-3
CV (%)		21,98	16,16	80,29	41,34	59,76	62,64

**, * e ^{ns}: significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F. GL: graus de liberdade, CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração do autor, 2019.

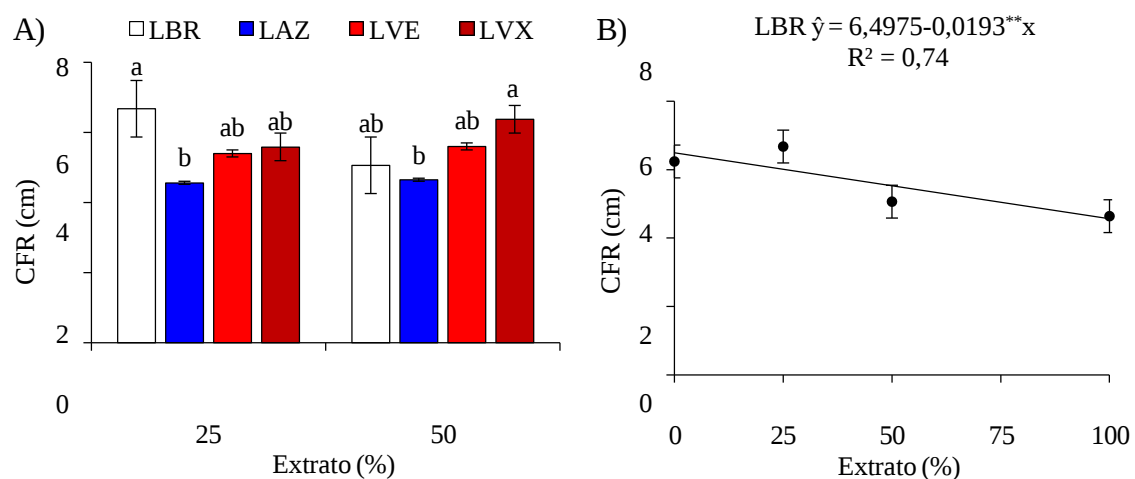
Essas diferenças significativas podem ser atribuídas ao fato de as plantas de *M. oleifera* possuírem fotorreceptores, como fitocromos, criptocromos e fototropinas, que absorvem espectros de luz específicos e criam sinais para modular a expressão gênica por meio de sistemas de transdução de sinais em células de plantas. Além disso, a qualidade da luz pode ter afetado os níveis de fitormônios contidos no extrato de tiririca, como auxinas, giberelina e

citocininas, através da expressão gênica associada à regulação metabólica e isso pode ter alterado a síntese de metabólitos secundários pelos sinais dos fotorreceptores e ocasionado redução na rizogênese (FUKUDA, 2019).

Com relação ao comprimento médio final da raiz (CFR), verificou-se que maior valor (6,68 cm) em plântulas de *M. oleifera* foi obtido sob *priming* de sementes com aplicação de 25% de EAT e luz branca, diferindo do CFR de 4,56 cm registrado sob luz azul. Quando as sementes foram submetidas em concentrações com 50% de EAT, maior CFR (6,38 cm) foi obtido sob vermelho extremo, diferindo dos 4,65 cm medidos nas plântulas oriundas de sementes submetidas à luz azul (Figura 1A).

O incremento das concentrações de extratos associado à luz branca durante a bioindução promoveu redução de 29,7% no CFR quando foram comparados os valores de 6,50 cm obtidos de plântulas oriundas de sementes não tratadas com EAT (0%) e os 4,57 cm medidos nas plântulas geradas de sementes tratadas com 100% de EAT (Figura 1B).

Figura 1- Comprimento final da raiz (CFR) de plântulas de *M. oleifera* em função do desdobramento de luz dentro de extrato (A) e concentrações de extrato dentro da luz branca (B).



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

Neste contexto, o uso de luz branca pode ter ativado a fotopercepção e desencadeado respostas adaptativas para maior taxa de crescimento das plântulas de *M. oleifera*. Embora comprimentos de onda na região do azul (400-500 nm) e vermelho (600-700 nm) do espectro visível sejam mais eficientes para a captura de CO₂ e liberação de O₂, é importante ressaltar que o aumento significativo verificado no CFR e GRFR sob luz branca e extrato de tiririca pode estar relacionado ao fato de que até 50% da composição espectral da luz branca está situada entre 500 e 600 nm, abrangendo as luzes azul, verde, amarelo, vermelho e vermelho extremo (MICKENS et al., 2018).

A redução do CFR oriundas de sementes submetidas ao *priming* com luz azul (LAZ) evidencia o papel fundamental da luz no processo de germinação e crescimento de raízes de plântulas de *M. oleifera*, isso sugere que a fotomorfogênese desta espécie é regulada por um conjunto de fotorreceptores para percepção do sinal luminoso, os fitocromos (KAMI et al., 2010; NEFF, 2012).

Na prática, possivelmente, o maior CFR se deva ao fato do *priming* com a LVX ter ativado os fitocromos phyA, phyB, phyC, phyD e phyE, pois estes fotorreceptores são responsáveis pela percepção e modulação da luz e a expressão gênica por meio de sistemas de transdução de sinais (OKA; YAMAMOTO, 2019).

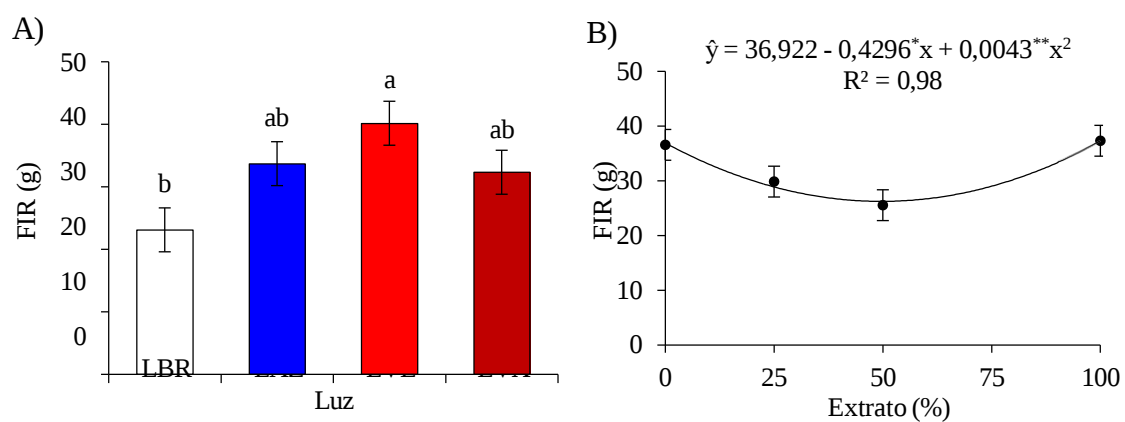
Sob luz branca (LBR) associada às concentrações de extrato, houve a redução do CFR, o que pode ter ocorrido devido ao fato da luz influenciar o processo de germinação e crescimento inicial da raiz de *M. oleifera*, pois a ação dos reguladores de crescimento vegetal endógenos pode ser incrementada pela utilização de extrato de tiririca, uma vez que as plantas sintetizam auxinas que, quando utilizadas em quantidade supra ótimas, podem ter efeito herbicida e reduzirem o crescimento, assim como observado sob luz branca (LV et al., 2018; BIELESZOVÁ et al., 2019).

Analisando-se o efeito das condições de luminosidade sobre o acúmulo de fitomassa inicial da raiz (FIR), verificou-se que a bioindução com luz vermelha proporcionou plântulas com maior FIR (40,16 mg), diferindo significativamente dos 23,09 mg obtidos de plântulas originadas de sementes submetidas a bioindução com luz branca, enquanto que o pré-tratamento com luz azul e vermelho extremo originou plântulas com FIR de 33,69 mg e 32,31 mg, respectivamente (Figura 2A).

Sementes de *M. oleifera* não submetidas à bioindução com EAT (0%) tiveram acúmulo de FIR de 36,90 mg, porém, com aplicação estimada de 49,95% de EAT foi registrada redução expressiva na FIR para 26,19 mg, seguida de aumento significativo para 36,96 mg quando foi utilizada a concentração de 100% de EAT durante a bioindução de sementes (Figura 2B).

Figura 2. Fitomassa inicial da raiz (FIR) de plântulas de *M. oleifera* em função de condições de luminosidade

(A) e concentrações de extrato de tubérculos de tiririca (B).

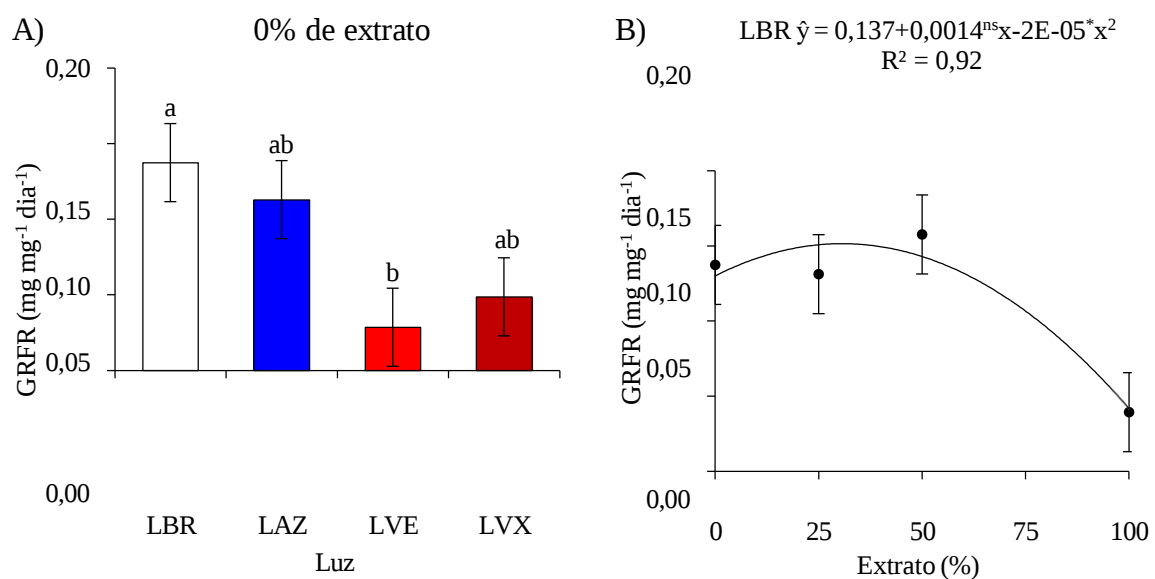


Fonte: Elaboração do autor, 2019.

A partir do desdobramento das condições de luminosidade dentro das concentrações de extratos, constatou-se que, quando as sementes não foram submetidas à bioindução com EAT (0%), maior ganho relativo de fitomassa da raiz (GRFR), em média de $0,137 \text{ mg mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, foi verificado sob luz branca, com diferença significativa quando comparado aos $0,028 \text{ mg mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ obtidos em plântulas originadas de sementes submetidas ao pré-tratamento com luz vermelha (Figura 3A).

Sementes submetidas à bioindução com luz branca e ausência de EAT (0%) geraram plântulas com GRFR em média de $0,137 \text{ mg mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, sendo verificada expressiva redução no GRFR para $0,077 \text{ mg mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ com a utilização de EAT na concentração de 100%, de modo que a diferença percentual calculada foi de 43,80% (Figura 3B).

Figura 3. Ganho relativo de fitomassa da raiz (GRFR) de plântulas de *M. oleifera* em função do desdobramento de luz dentro de 0% de extrato (A) e concentrações de extrato dentro da luz branca (B).



Fonte: Elaboração do autor, 2019.

Os fitocromos (phy) e criptocromos (cry) são relacionados à percepção do sinal luminoso e sinalização biossintética de extrato de tiririca, refletindo em adaptações de crescimento em função da quantidade e qualidade da luz (TSUCHIDA-MAYAMA et al., 2010). Neste contexto, é possível relacionar os mecanismos de ação destes fotorreceptores na regulação biossintética de extrato de tiririca e seu papel no GRFR das plântulas de *M. oleifera* (KONG et al., 2018).

Com base nesses resultados, pode-se inferir que maior GRFR mensurado sob luz branca, se deve ao fato de que as plantas possuem reguladores naturais de crescimento que podem ter diversos efeitos e respostas na planta, com ação positiva na germinação e em seu desenvolvimento (SMALL; DEGENHARDT, 2018).

As informações geradas nesta pesquisa são de fundamental importância para incremento do arcabouço tecnológico acerca do aumento da eficiência produtiva da *M. oleifera*, notadamente devido ao fato da bioindução por mudanças no espectro de luz e concentrações de extrato de tiririca proporcionar maior adaptabilidade desta espécie aos agroecossistemas, sobretudo na região Nordeste do Brasil. De fato, o manejo da luz pode ser uma estratégia promissora, isso porque a luz é um dos fatores mais importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas e que devido a sua natureza de radiação eletromagnética pode ser obtida de fontes naturais ou artificiais (XU, 2019).

4. CONCLUSÃO

A rizogênese da *Moringa oleifera* foi bioinduzida pelo *priming* com luz vermelha, não sendo recomendada a aplicação de extrato aquoso de tubérculo de tiririca.

REFERÊNCIAS

- ANTONOPOULOU, C.; DIMASSII, K.; CHATZISSAVVIDIS, T. C. **The influence of radiation quality on the in vitro rooting and nutrient concentrations of peach rootstock.** *Biologia plantarum*, Praga, v. 48, n. 4, p. 549-553, 2004.
- AHMED, L. T.; WARRAG, E. I.; ABDELGADIR, A. Y. **Effect of Shade on Seed Germination and Early Seedling Growth of *Moringa Oleifera* Lam.** *Journal of Forest Products & Industries*, Bahri, v. 3, n. 1, p. 20-26, 2014.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação Agronômica & AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos.** Funep, 2015.

BIELESZOVÁ, K. et al. **New fluorescently labeled auxins exhibit promising anti-auxin activity.** New Biotechnology, Netherlands, v. 48, p. 44-52, 2019.

BORNMAN, J. F. et al. **Linkages between stratospheric ozone, UV radiation and climate change and their implications for terrestrial ecosystems.** Photochemical & Photobiological Sciences, London, p. 681-716, 2019.

BUSSONI, A. et al. **Diverse strategies for integration of forestry and livestock production.** Agroforestry Systems, Amsterdã, v. 93, p. 333-344, 2019.

CARVALHO, D. B.; CARVALHO, R. I. N. **Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz.** Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 31, n. 3, p. 489-494, 2009.

CICERI, D.; ALLANORE, A. **Local fertilizers to achieve food self-sufficiency in Africa.** Science of The Total Environment, Amsterdã, v. 648, p. 669-680, 2019.

CORTNER, O. et al. **Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon.** Land Use Policy, Amsterdã, v. 82, p. 841-853, 2019.

DAHER, B. et al. **Toward creating an environment of cooperation between water, energy, and food stakeholders in San Antonio.** Science of The Total Environment, Amsterdã, v. 651, n. 2, p. 2913-2926, 2019.

DOMENICO, M.; LINA, C.; FRANCESCA, B. **Sustainable Crops for Food Security: Moringa (*Moringa oleifera* Lam.).** Encyclopedia of Food Security and Sustainability, Amsterdã, v. 1, p. 409-415, 2019.

ECHER, F. R. et al. **Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 638-645, 2010.

FERRAZ, R. L. S. et al. **Atributos qualitativos de sementes de algodoeiro hidrocondicionadas em soluções de silício.** Científica, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 85-94, 2017.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, D. T. R. G. et al. **Germinação de três Euphorbiaceae influenciada pela luz e níveis de palhada.** Revista Agro@mbiente On-line, Cauamé, v. 11, n. 3, p. 215-222, 2017.

FUKUDA, N. **Plant growth and physiological responses to light conditions author links open overlay panel.** In: ANPO M, FUKUDA H, WADA T, editors. Plant Factory Using Artificial Light: Adapting to Environmental Disruption and Clues to Agricultural Innovation. Elsevier; 2019.

GARCIA, T. B. et al. **Gene expression and spatiotemporal localization of antifungal chitin-binding proteins during *Moringa oleifera* seed development and germination.** Planta, Amsterdã, v. 249, p. 1503-1519, 2019.

GUIMARÃES, M. A.; DIAS, D. C. F. S.; LOUREIRO, M. E. **Hidratação de sementes.**

Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas, Chapadinha, v. 2, n. 1, p. 31-39, 2008.

HASAN, M. M. et al. **The Effect of Magnetized Water on the Growth and Physiological Conditions of Moringa Species under Drought Stress.** *Polish Journal of Environmental Studies*, Polônia, v. 28, p. 1145-1155, 2019.

KAMI, C. et al. **Light-Regulated Plant Growth and Development.** In: LITSCHER, E. S.; WASSARMAN, P. M. (Ed.). *Current Topics in Developmental Biology*. Elsevier: Amsterdã, p. 29-66, 2010.

KARTHICKEYAN, V. **Effect of cetane enhancer on *Moringa oleifera* biodiesel in a thermal coated direct injection diesel engine.** *Fuel*, London, v. 235, p. 538-550, 2019.

KONG, Y. et al. **Blue light associated with low phytochrome activity can promote elongation growth as shade-avoidance response: A comparison with red light in four bedding plant species.** *Environmental and Experimental Botany*, Elmsford, v. 155, p. 345-359, 2018.

LIU, Y. **Light quality affects flavonoid production and related gene expression in *Cyclocarya paliurus*.** *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Lausanne, v. 179, p. 66-73, 2018.

LV, B. et al. **Local auxin biosynthesis mediates plant growth and development.** *Trends in Plant Science*, Oxford, 2018. (In Press).

MARTINS, J. J. et al. **Anthropic Action Effects Caused by Soybean Farmers in a Watershed of Tocantins – Brazil and Its Connections with Climate Change.** *Climate Change-Resilient Agriculture and Agroforestry*, Hamburgo, p. 257-281, 2019.

MATSUO, S. et al. **Effects of Blue and Red Lights on Gibberellin Metabolism in Tomato Seedlings.** *The Horticulture Journal*, Yamaguchi, v. 88, n. 1, p. 76-82, 2019.

MICKENS, M. A. et al. **A strategic approach for investigating light recipes for ‘Outredgeous’ red romaine lettuce using white and monochromatic LEDs.** *Life Sciences in Space Research*, New York, v. 19, p. 53-62, 2018.

NEFF, M. M. **Light-Mediated Seed Germination: Connecting Phytochrome B to Gibberellic Acid.** *Developmental Cell*, Cambridge, v. 22, n. 4, p. 687-688, 2012.

NOVOPLANSKY, A. What plant roots know?. In: NOVOPLANSKY, A. **Seminars in Cell & Developmental Biology**. Academic Press, 2019.

OKA, Y.; YAMAMOTO, K. Photoreceptor-Mediated Plant Development. In: ANPO, M.; FUKUDA, H.; WADA, T. (Ed.). **Plant Factory Using Artificial Light: Adapting to Environmental Disruption and Clues to Agricultural Innovation**. Elsevier: Amsterdã, p. 111-117, 2019.

PÁRAMO-CALDERÓN, D. E. et al. **Tortilla added with *Moringa oleifera* flour: Physicochemical, texture properties and antioxidant capacity.** *LWT*, Athens, Georgia, v. 100,

p. 409-415, 2019.

PAWELA, A. et al. **Mt ABCG 20 is an ABA exporter influencing root morphology and seed germination of *Medicago truncatula***. The Plant Journal, Oxford, v. 98, p. 511-523, 2019.

PEREIRA, K. T. O. et al. **Germinação e vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam. em diferentes substratos e temperaturas**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 92-99, 2015.

PEREIRA, M. C. et al. **Germinação de sementes de melão-de-são-caetano sob variação de água, luz e temperatura**. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 363-370, 2011.

PERES, A. L. G. L. et al. **Brassinosteroids, the sixth class of phytohormones: a molecular view from the discovery to hormonal interactions in plant development and stress adaptation**. International journal of molecular sciences, Basel, v. 20, n. 2, p. 331, 2019.

POLESI, L. G. et al. **Chloroplast ultrastructure and hormone endogenous levels are differently affected under light and dark conditions during in vitro culture of *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & PM Peterson**. Acta Physiologiae Plantarum, Krakow, v. 41, n. 1, p. 10, 2019.

REZENDE, F. P. F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. **Aplicação de extratos de folhas e tubérculos de *Cyperus rotundus* L. e de auxinas sintéticas na estaquia caular de *Duranta repens* L.** Revista Brasileira de Plantas Medicinais, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 639-645, 2013.

RIFNA, E. J.; RAMANAN, K. R.; MAHENDRAN, R. **Emerging technology applications for improving seed germination**. Trends in Food Science & Technology, Norwich, v. 86, p. 95- 108, 2019.

SANO, N.; SEO, M. **Cell cycle inhibitors improve seed storability after priming treatments**. Journal of plant research, Sendai, v. 132, n. 2, p. 263-271, 2019.

SCARIOT, E. et al. **Extrato aquoso de *Cyperus rotundus* no enraizamento de estacas lenhosas de *Prunus persica* cv. ‘Chimarrita’**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v. 16, n. 2, p. 195-200, 2017.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)**. Biometrika Trust, Oxford, v. 52, p. 591-609, 1965.

SHEKHAR, V. et al. **The role of plant root systems in evolutionary adaptation**. In: SHEKHAR, V. et al. **Current topics in developmental biology**, Zurich, v. 131, p. 55-80, 2019.

SILVA, A. E. et al. **Microclimate changes, photomorphogenesis, and water consumption by *Moringa oleifera* cuttings under light spectrum variations and exogenous phytohormones concentrations**. Australian Journal of Crop Science, Queensland, 2019. No prelo.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, p. 1102, 2003.

SMALL, C. C.; DEGENHARDT, D. **Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review.** *Ecological Engineering*, Oxford, v. 118, p. 43-51, 2018.

SOARES, C. S.; SILVA, J. A.; SILVA, G. N. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais hidropônicos. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, Recife, v. 22, p. 1-5, 2017.

TSUCHIDA-MAYAMA, T. et al. **Role of the phytochromo and cryptochrome signaling pathways in hypocotyl phototropism.** *The Plant Journal*, Oxford, v. 62, p. 653-662, 2010.

TUAN, P. A. et al. 1 - **Molecular mechanisms of seed germination.** In: TUAN, P. A. et al. *Sprouted Grains*. AACC International Press, p. 1-24, 2019.

VAISHAK, K. P. et al. **The B-box bridge between light and hormones in plants.** *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Quebec, v. 191, p. 164-174, 2019.

WEBER, S. et al. **Anthocyanin synthesis and light utilisation can be enhanced by reflective mulch – Visualisation of light penetration into a tree canopy.** *Journal of Plant Physiology*, Amsterdã, v. 233, p. 52-57, 2019.

XU Y. Nature and Source of Light for Plant Factory. In: ANPO M, FUKUDA H, WADA T. (Ed.). **Plant Factory Using Artificial Light: Adapting to Environmental Disruption and Clues to Agricultural Innovation.** Elsevier: Amsterdã, p. 47-69, 2019.

YAMASHITA, O. M; GUIMARAES, S. C; CAVENAGHI, A. L. **Germinação das sementes de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* em função da qualidade de luz.** *Planta Daninha*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 4, p. 737-743, 2011.

AGRADECIMENTOS

Agradeço as forças divinas que me conduzem a paz e prosperidade.

Ao meu pai Josimar Meira (*in memoriam*), pois hoje estou aqui graças aos seus ensinamentos, valores e amor pela natureza.

Ao meu orientador Prof. Dr. Renner Luciano de Souza Ferraz, a Me. Patrícia Costa, ao Prof. Dr. Mário Sérgio de Araújo e ao Me. Antônio Manoel da Silva Filho pela orientação deste trabalho.

Aos meus familiares, e em especial a minha sobrinha Maria Teresa, que em muitos finais de semana me proporcionou seu carinho e seu sorriso tão lindo, me fazendo até esquecer de minhas ansiedades e angústias.

Ao meu companheiro de longa data Alexandre Eugênio, por toda paciência, compreensão, carinho e amor, e por me ajudar muitas vezes a achar soluções quando elas pareciam não aparecer.

Ao meu amigo Daniel Moraes, ouvinte de minhas angústias acadêmicas.

A equipe do GECAS- grupo de estudos em ciências agrárias no semiárido.

Aos funcionários da UEPB, Campus II, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.