



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA E AGROPECUÁRIA
CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA**

MIGUEL ANTONIO MORENO NETO

**IRRADIAÇÃO COM LUZ AZUL E APLICAÇÃO DE ETILENO EM SEMENTES DE
Moringa oleifera PODEM ATENUAR ESTRESSE HÍDRICO**

**LAGOA SECA, PB
2021**

MIGUEL ANTONIO MORENO NETO

**IRRADIAÇÃO COM LUZ AZUL E APLICAÇÃO DE ETILENO EM SEMENTES DE
Moringa oleifera PODEM ATENUAR ESTRESSE HÍDRICO**

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

Área de concentração: Ciências Agrárias, Fisiologia Vegetal.

Orientador: Prof. D.Sc. José Félix de Brito Neto.

Coorientador: Prof. M.Sc. Semako Ibrahim Bonou.

LAGOA SECA, PB

2021

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.

M843i Moreno Neto, Miguel Antonio.
Irradiação com luz azul e aplicação de etileno em sementes de *Moringa oleifera* podem atenuar estresse hídrico. [manuscrito] / Miguel Antonio Moreno Neto. - 2021.
22 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2021.

"Orientação : Prof. Dr. José Félix de Brito Neto ,
Coordenação do Curso de Agroecologia - CCAA."

1. Hormonio Vegetal. 2. Tolerância. 3. Déficit Hídrico. I.
Título

21. ed. CDD 571.74

MIGUEL ANTONIO MORENO NETO

IRRADIAÇÃO COM LUZ AZUL E APLICAÇÃO DE ETILENO EM SEMENTES DE
Moringa oleifera PODEM ATENUAR ESTRESSE HÍDRICO

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

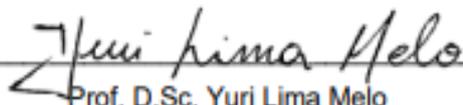
Área de concentração: Agrárias, fisiologia vegetal.

Aprovada em: 01/06/2021.

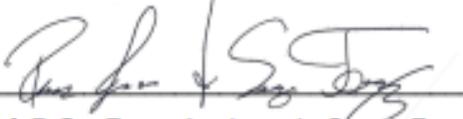
BANCA EXAMINADORA



Prof. D.Sc. José Félix de Brito Neto (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. D.Sc. Yuri Lima Melo
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. D.Sc. Renner Luciano de Souza Ferraz
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Ao meu pai Miguel Antonio Moreno Lara,
a minha mãe Gilza Barbosa de Oliveira de
Moreno pela dedicação, companheirismo
e amizade, DEDICO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Número de folíolos de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, Campina Grande, PB, 2021..... 15

Figura 2. Comprimento médio de folíolos de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, Campina Grande, PB, 2021. 16

Figura 3. Largura média de folíolos de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, Campina Grande, PB, 2021..... 17

Figura 4. Área do total de folíolos de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, Campina Grande, PB, 2021..... 18

Figura 5. Área média de um folíolo de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, Campina Grande, PB, 2021..... 19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para variáveis de folhas de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno sob irradiação com luz azul. 14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 METODOLOGIA.....	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
4 CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

IRRADIAÇÃO COM LUZ AZUL E APLICAÇÃO DE ETILENO EM SEMENTES DE *Moringa oleifera* PODEM ATENUAR ESTRESSE HÍDRICO

BLUE LIGHT IRRADIATION AND ETHYLENE APPLICATION ON *Moringa oleifera* SEEDS CAN ATTENUATES WATER STRESS

Miguel Moreno Neto*

RESUMO

A *Moringa oleifera* é uma planta cultivada ao longo da história com fins culinários e medicinais. Devido a sua tolerância a seca é cultivada em regiões áridas e semiáridas, por exemplo no Nordeste do Brasil, onde seu rendimento é reduzido devido a restrição hídrica. Para induzir a tolerância ao déficit hídrico nas culturas pode-se recorrer ao pré-condicionamento de sementes com radiação luminosa e hormônios vegetais, aumentando a taxa de germinação e favorecendo o crescimento das mudas sob estresse. Sendo assim, objetivou-se com este estudo avaliar se o pré-condicionamento de sementes com luz azul e aplicação de etileno induz modificações foliares para atenuação do estresse por déficit hídrico em mudas de *M. oleifera*. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, montado em esquema fatorial 2 x 2, sendo o fator déficit hídrico constituído de dois níveis de reposição da água perdida por evapotranspiração da cultura – ETc (50 e 100%) e o fator pré-condicionamento de sementes constituído de dois níveis, sendo um controle (água destilada) e aplicação de etileno – ET (500 mg L⁻¹ de Ethrel®) sob irradiação com luz azul – ILA, com quatro repetições. Neste sentido, verificou-se que a irradiação com luz azul e aplicação de etileno no pré-condicionamento de sementes de *M. oleifera* promovem ajustes foliares que podem atenuar o estresse por déficit hídrico. Mais pesquisas com níveis de déficit hídrico menos severos precisam ser realizadas para evidenciar a contribuição positiva do pré-condicionamento de sementes com ET e ILA em plantas estressadas.

Palavras-chave: Déficit hídrico. Hormônio vegetal. Tolerância.

*Aluno do curso de Bacharelado em Agroecologia na Universidade Estadual da Paraíba – Campus II.
E-mai: miguel.neto@aluno.uepb.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* Lam. é uma planta que ao longo da história tem sido cultivada e utilizada por diversas culturas, com propósitos culinários e medicinais (ALMEIDA, 2018). Por ser uma árvore tropical de ampla adaptabilidade, encontra-se em regiões como África do Sul, Sudão, Ilhas do Pacífico, Caribe, Ásia tropical, Filipinas e Índia (ALMEIDA, 2018). Devido sua tolerância a seca, é cultivada em zonas áridas e semiáridas, como exemplo Arabia Saudita (AL DAYEL; EL SHERIF, 2021) e no Nordeste do Brasil (RANGEL, 2019).

Atualmente a *M. oleifera* é utilizada para fins domésticos, por exemplo, no tratamento da água (OLDONI et al., 2021). Devido ao seu alto valor nutricional, a indústria vem utilizando a árvore na alimentação humana consumindo suas folhas, vagens e flores como vegetais e animal utilizada comumente como forragens, proporcionando desenvolvimento de áreas rurais, promovendo segurança alimentar, com práticas agrícolas sustentáveis (SILVA et al., 2020).

Apesar da *M. oleifera* ser considerada tolerante à seca, seu rendimento produtivo em regiões áridas e semiáridas pode ser reduzido, pois a perda contínua de água por meio da evapotranspiração da cultura (ET_c) provoca o fechamento dos estômatos e, subsequentemente, à superprodução de espécies reativas de oxigênio (ROS), que causa estresse oxidativo nas plantas. Com isso, mecanismos bioquímicos são acionados para defesa que, entre outros, envolve a síntese de compostos antioxidantes e osmoprotetores (CHITIYO et al., 2021).

O manejo da irrigação para a cultura da *M. oleifera* é importante para garantia de produção sem perdas expressivas, principalmente em sistemas de cultivo irrigado com baixos níveis de reposição da ET_c, pois, nessas condições, pode ocorrer déficit hídrico e reduzir o crescimento, floração e produção da cultura (DALAL et al., 2021).

Para induzir tolerância ao déficit hídrico causado pela irrigação deficitária com baixos níveis de reposição de ET_c, pode-se recorrer ao pré-condicionamento de sementes de *M. oleifera*, por exemplo, utilizando-se de irradiação (URVA et al., 2017). A cultura apresenta maior germinação e crescimento em resposta ao aumento do nível de radiação luminosa (AHMED; WARRAD; ABDELGADIR, 2014), além de acumular flavonóides e compostos fenólicos quando expostas à radiação luminosa solar em comparação às plantas sombreadas (IDRIS et al., 2019).

Além de radiação luminosa, o pré-codicionamento de sementes com hormônios vegetais, dentre eles o etileno (ET), melhora os processos metabólicos anteriores à germinação, aumentando assim a porcentagem e a taxa de germinação, além de melhorar o crescimento das mudas sob estresse (RHAMAN et al., 2021).

As reduções do crescimento e reflexos na produção de *M. oleífera* podem estar relacionados ao fato de que a maioria dos processos fisiológicos ocorrem nas folhas, motivo pelo qual tem despertado o interesse de cientistas para estudarem variáveis morfométricas e suas relações com área dos folíolos desta espécie. As mudanças de dimensões dos folíolos podem ser indicadores importantes para estudo de tolerância da cultura ao déficit hídrico (MACÁRIO et al., 2020).

Com base no exposto, objetivou-se avaliar se o pré-condicionamento de sementes irradiadas com luz azul e aplicação de etileno induz modificações foliares para atenuação do estresse por déficit hídrico em mudas de *M. oleífera*.

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado na Estação Experimental situada a 07° 12' 42,99" de latitude Sul, 35° 54' 36,27" longitude Oeste e altitude de 521 m, localizada no Horto Florestal pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, município de Campina Grande, Paraíba.

Foi utilizado um delineamento estatístico inteiramente casualizado, montado em esquema fatorial 2 x 2, sendo o fator déficit hídrico constituído de dois níveis de reposição da água perdida por evapotranspiração da cultura – ETc (50 e 100%) e o fator pré-condicionamento de sementes constituído de dois níveis, sendo um controle (água destilada) e aplicação de etileno – ET (500 mg L⁻¹ de Ethrel®) sob irradiação com luz azul (400 – 485 nm), com quatro repetições.

As sementes utilizadas foram obtidas de plantas matrizes de três anos, cedidas por um produtor da comunidade rural Sítio Catolé de Baixo, município de Catolé do Rocha, Paraíba. Inicialmente, as sementes foram desinfestadas com hipoclorito de sódio a 1% durante 3 minutos (CARVALHO et al., 2011) em ambiente irradiado com luz verde, tida como luz de segurança, sem influência sobre os fitocromos (PEREIRA et al., 2014). Posteriormente, as sementes foram alocadas em caixas Gerbox® contendo 121 mL de solução, sendo água destilada para o controle; e o etileno na forma de ácido 2-cloroetilfosfônico (C₂H₆ClO₃P, produto comercial

Ethrel, 720 g L⁻¹ do ingrediente ativo Etefom) diluído em água destilada à temperatura de 25 °C (VASCONCELOS et al., 2015) sob irradiação com luz azul. As caixas foram fechadas com filme de polietileno translucido para evitar a volatilização do etileno e permitir a passagem de luz.

As caixas contendo as sementes foram acondicionadas em câmara de germinação tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) adaptadas com painéis de LED (Light Emitting Diode) para fornecimento de irradiação com luz azul e temperatura de 25 °C. O tempo do pré-condicionamento foi de 24 horas, período necessário para embebição das sementes (fase II da embebição) sem que houvesse a conclusão do processo de germinação (GUIMARÃES et al., 2008). Posteriormente, as sementes foram transferidas para caixas Gerbox[®] com duas camadas de papel germitex secas, e submetidas à secagem nas mesmas condições de luminosidade e temperatura utilizadas durante o pré-condicionamento, sem filme de polietileno.

Após a secagem, duas sementes por unidade experimental foram semeadas em vaso de polietileno com capacidade volumétrica de 500 cm³ preenchido com substrato constituído de solo arenoso e humos na proporção de 3:1 (m/m) com umidade próxima da capacidade de campo. Os vasos contendo as sementes foram transferidos para câmara de crescimento tipo Fitotron com temperatura e umidade relativa do ar ajustadas para 30 °C e 50% durante o dia, 25 °C e 60% durante a noite, com fotoperíodo de 12 horas.

O manejo da umidade do substrato foi realizado em turno de rega diário, utilizando-se do método de pesagens (SILVA et al., 2020), em que foi reposta a água perdida por evapotranspiração da cultura – ET_c no dia que antecedeu cada evento de irrigação. Todas as parcelas foram irrigadas diariamente com 100% da ET_c durante 18 dias após a semeadura (DAS). Transcorridos 18 DAS, as plantas cultivadas sem déficit hídrico foram irrigadas com 100% da ET_c, enquanto as plantas submetidas ao déficit hídrico foram irrigadas com 50% da ET_c.

Aos 27 e 35 DAS, foram realizadas contagens do número de folíolos (NUFO, unidades por planta) e medições de comprimento (CMFO, cm) e largura (LMFO, cm) de 10 folíolos obtidos das duas primeiras folhas contadas a partir da base da planta. A partir desses dados, foram estimados valores da área do total de folíolos (ATFO, cm²) e área média de um folíolo (AMFO, cm²) utilizando-se do modelo proposto por Macário et al. (2020) para *M. oleifera*, a saber:

$$\text{AFTO} = (0,035 + 0,720 \cdot \text{CMFO} \cdot \text{LMFO}) \cdot \text{NUFO}$$

$$\text{AMFO} = \text{AFTO} / \text{NUFO}$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de pares de médias independentes, teste t de Student a 5% de probabilidade de erro. Para essas análises, foi utilizado o sistema para análises estatísticas de dados – Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas análises de variância, verificou-se que, aos 27 dias após a semeadura (DAS), os níveis de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc) promoveram alterações significativas no número de folíolos (NUFO) e área total de folíolos (ATFO). Quanto ao pré-condicionamento de sementes (PC), verificou-se que este teve efeito apenas para NUFO. Houve interação significativa entre ETc e PC apenas para o NUFO (Tabela 1).

Aos 35 DAS, constatou-se que os níveis de reposição da ETc influenciaram nas variáveis NUFO, largura média de folíolos (LMFO), ATFO e área média de um folíolo (AMFO). O pré-condicionamento de sementes influenciou o NUFO e o comprimento médio de folíolos (CMFO). Foi verificada interação entre ETc e PC para o NUFO (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para variáveis de folhas de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno sob irradiação com luz azul.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		NUFO	CMFO	LMFO	ATFO	AMFO
27 dias após a semeadura						
Evapotranspiração – ETc	1	1216,80**	0,14 ^{ns}	0,08 ^{ns}	23943,21**	0,99 ^{ns}
Pré-condicionamento – PC	1	924,80**	0,34 ^{ns}	0,05 ^{ns}	580,13 ^{ns}	1,47 ^{ns}
Interação ETc x PC	1	259,20**	0,13 ^{ns}	0,10 ^{ns}	155,38 ^{ns}	1,13 ^{ns}
Erro	16	17,45	0,10	0,04	1232,94	0,57
Coeficiente de variação (%)		7,20	13,52	11,80	19,93	24,57
35 dias após a semeadura						
Evapotranspiração – ETc	1	4836,05**	0,30 ^{ns}	0,30*	104593,49**	2,66*
Pré-condicionamento – PC	1	120,05**	0,44*	0,16 ^{ns}	12662,62 ^{ns}	2,45 ^{ns}
Interação ETc x PC	1	238,05**	0,22 ^{ns}	0,14 ^{ns}	6866,45 ^{ns}	1,66 ^{ns}
Erro	16	10,80	0,08	0,06	3985,60	0,55
Coeficiente de variação (%)		3,91	13,02	14,71	26,33	26,46

GL: graus de liberdade, NUFO: número de folíolos, CMFO: comprimento médio dos folíolos, LMFO: largura média dos folíolos, ATFO: área total de folíolos, AMFO: área média de um folíolo. **, * e ^{ns}: significativo a 1 e 5% e não significativo pelo teste F.

Aos 27 DAS, verificou-se que a redução de níveis de reposição de ETc de 100% para 50% provocou diminuição do número de folíolos. Quando as mudas foram irrigadas com 100% da ETc, verificou-se que o pré-condicionamento de sementes com etileno sob irradiação com luz azul (ILA + ET) promoveu aumento do número de folíolos em 21 unidades, quando comparadas ao controle. Efeito semelhante ocorreu quando as mudas foram irrigadas com 50% da ETc, em que o pré-condicionamento de sementes aumentou o número de folíolos em 6 unidades, comparado ao grupo controle (Figura 1A).

Aos 35 DAS, foi constatado que a redução da ETc de 100 para 50% promoveu diminuição do número de folíolos. Mudas irrigadas com 100% da ETc tiveram aumento no número de folíolos de 94 unidades do grupo controle para 105 do grupo com pré-condicionamento, já aquelas irrigadas com 50% de ETc, não responderam ao pré-condicionamento de sementes com etileno - ET sob irradiação com luz azul – ILA (Figura 1B).

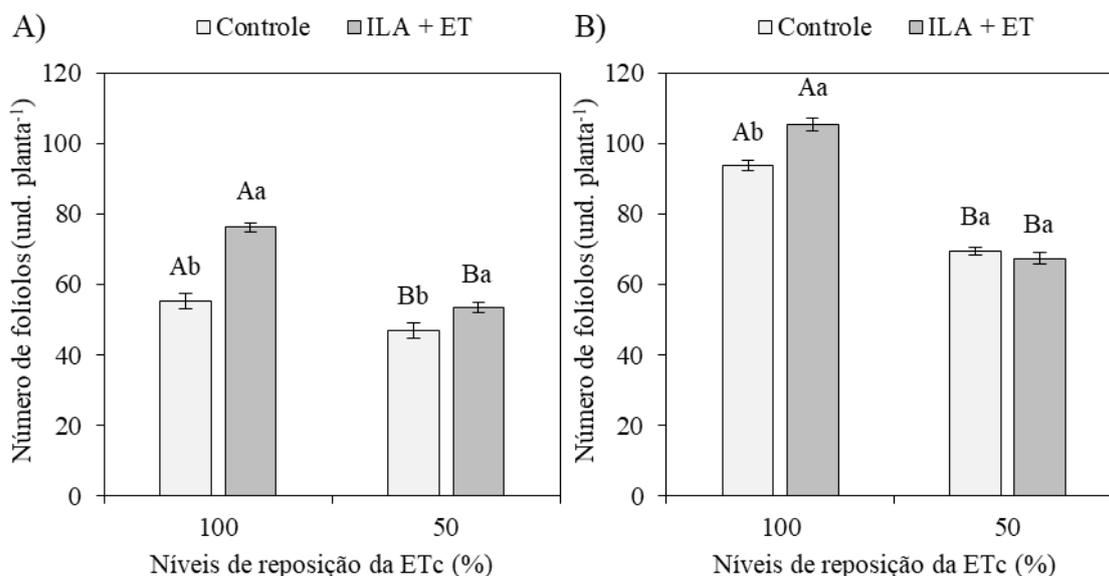


Figura 1. Número de folíolos de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, letras minúsculas comparação entre ETc e PC, letras maiúsculas comparação entre fatores a 100% e 50% de ETc, Campina Grande, PB, 2021.

Uma das estratégias utilizadas pelas plantas forrageiras submetidas ao estresse hídrico é a redução da área foliar, assim como o retardamento do crescimento e desenvolvimento de folíolos que a compõem (Araújo Junior et al., 2019). Tal fenômeno também foi observado no presente estudo em plantas de Moringa que foram submetidas a 50% da ETc, sem tratamento com ILA + ET.

O aumento significativo do número de folíolos, nas mudas tratadas com ILA + ET, tanto aos 27 quanto aos 35 DAS, sugere que o hormônio participa na regulação da expansão e crescimento das células, efeito comum na parte aérea das plantas, conforme Gomes (2011).

Com relação ao comprimento médio de folíolos, tem-se que aos 27 DAS, não houve diminuição significativa no comprimento médio de folíolos em função da redução do nível de reposição da ETc, tampouco em função do pré-condicionamento de sementes com etileno sob irradiação com luz azul, tanto nas mudas que foram irrigadas com 100% quanto naquelas irrigadas com 50% da ETc (Figura 2A).

Por outro lado, aos 35 DAS, verificou-se que houve diminuição do comprimento médio de folíolos em função do pré-condicionamento das sementes

com ET + ILA, notadamente, nas mudas que foram irrigadas com 100% da ETc, sendo registrados 3 cm no grupo controle e 2 cm no grupo tratado com ILA+ET. Já as mudas que foram irrigadas com 50% da ETc tiveram 2,16 cm de comprimento médio de folíolos para o grupo controle e 2,07 cm no grupo tratado com ILA+ET, embora estes valores não sejam diferentes estatisticamente (Figura 2B).

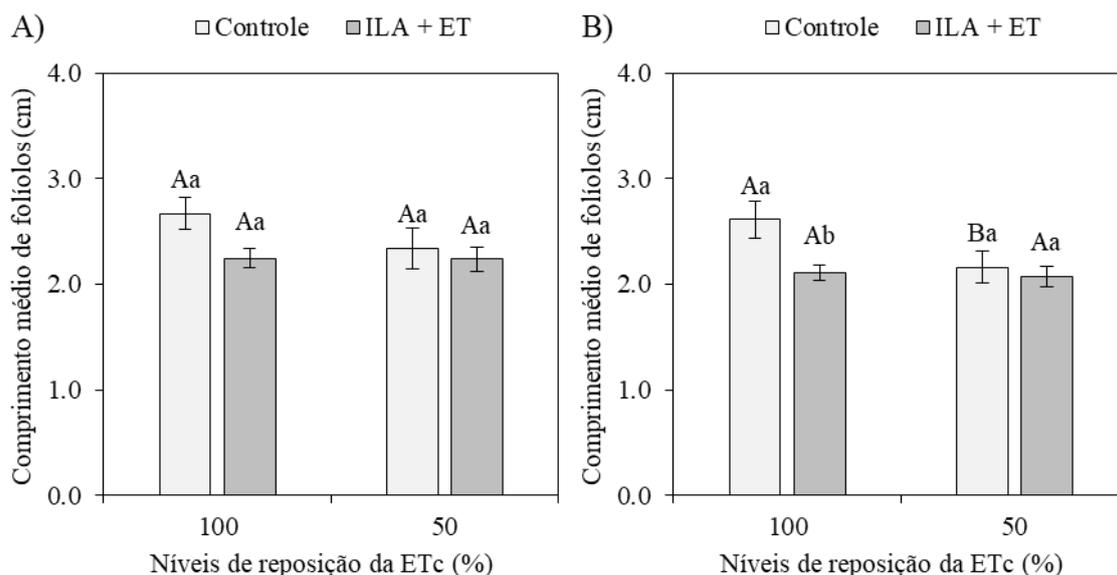


Figura 2. Comprimento médio de folíolos de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, letras minúsculas comparação entre ETc e PC, letras maiúsculas comparação entre fatores a 100% e 50% de ETC, Campina Grande, PB, 2021.

O etileno é entendido como regulador do crescimento de plântulas (Gomes, 2011). Tal afirmativa é confirmada pela Figura 2 quando é observado que independente da quantidade de ETc devolvida a cultura, o etileno reduziu o comprimento dos folíolos.

Relacionado a largura média dos folíolos, aos 27 DAS, foi constatado que não houve variação significativa nesta variável em função dos níveis de reposição da ETc e do pré-condicionamento de sementes. Foram evidenciados valores de largura média de folíolos de 1,94 cm com 100% e 1,67 cm com 50% de reposição da ETc no grupo controle; no grupo de mudas oriundas de sementes pré-condicionadas com ILA + ET foram verificados 1,70 cm com 100% e 1,71 cm com 50% de reposição da ETc (Figura 3A).

Aos 35 DAS houve diminuição da largura média de folíolos das mudas do grupo controle quando irrigadas com 50% da ETc (1,57 cm) em relação àquelas irrigadas com 100% da ETc (1,98 cm). O pré-condicionamento de sementes com ILA +_ET em mudas irrigadas com 100% de reposição de ETc provocou diminuição significativa de 1,64 cm para 1,98 cm na largura média dos folíolos em relação ao controle. Porém, quando as mudas foram irrigadas com 50% de reposição de ETc não houve variação significativa na largura média dos folíolos (Figura 3B).

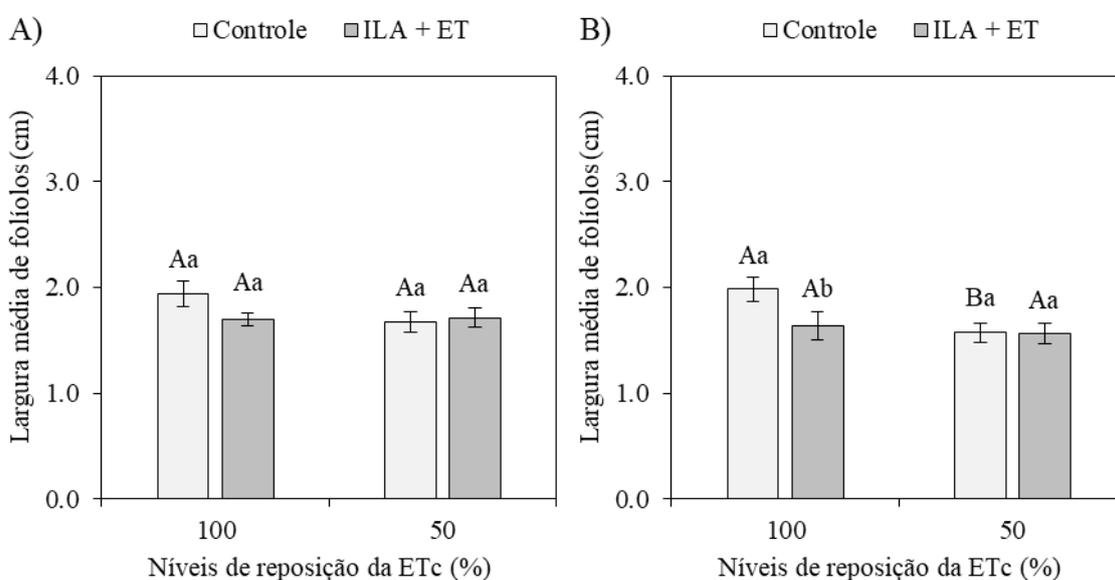


Figura 3. Largura média de folíolos de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, letras minúsculas comparação entre ETc e PC, letras maiúsculas comparação entre fatores a 100% e 50% de ETC, Campina Grande, PB, 2021.

A área total dos folíolos também sofreu alterações quando, aos 27 DAS, verificou-se diminuição na área do total de folíolos nas mudas irrigadas com 50% de reposição da ETc em relação às que foram irrigadas com 100% da ETc. As sementes que não foram pré-condicionadas tiveram área total de folíolos de 208,23 cm² quando irrigadas com 100% da ETc e 133,45 cm² sob reposição de 50% da ETc (Figura 4A). Já aquelas pré-condicionadas com ILA + ET apresentaram área de 213,42 cm² quando 100% da ETc foi repostada e 149,80 cm² quando 50% da ETc foi repostada. O pré-condicionamento de sementes não influenciou a área do total de folíolos de maneira significativa nos dois níveis de reposição da ETc (Figura 4A).

Aos 35 DAS, mudas oriundas de sementes pré-condicionadas com ILA + ET e irrigadas com 50% de reposição de ETc tiveram menor área total de folíolos ($160,80 \text{ cm}^2$) quando comparadas com aquelas cultivadas sob 100% de reposição da ETc ($268,37 \text{ cm}^2$) (Figura 4B). Esse efeito também foi observado nas mudas oriundas de sementes que não foram submetidas ao tratamento com ILA + ET, onde foi registrada área de $355,76 \text{ cm}^2$ nas mudas irrigadas com 100% da ETc e $174,06 \text{ cm}^2$ naquelas irrigadas com 50% da ETc (Figura 4B).

Quanto ao pré-condicionamento de sementes, em mudas com irrigação de 100% da reposição da ETc, verificou-se que ILA + ET reduziu a área do total de folíolos ($268,37 \text{ cm}^2$) em relação às plantas do controle ($355,76 \text{ cm}^2$). Mudas irrigadas com com 50% de reposição de ETc não tiveram diferença significativa na área do total de folíolos em função do pré-condicionamento de sementes (Figura 4B).

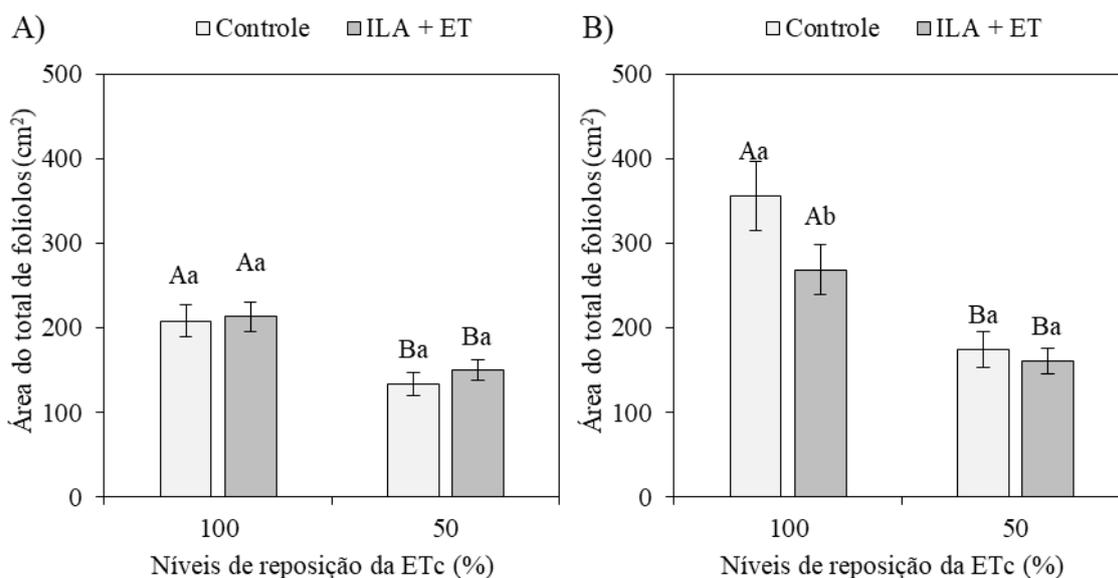


Figura 4. Área do total de folíolos de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e 35 (B) dias após a semeadura, letras minúsculas comparação entre ETc e PC, letras maiúsculas comparação entre fatores a 100% e 50% de ETc, Campina Grande, PB, 2021.

Uma estratégia utilizada pelas plantas é a diminuição da área foliar, permitindo sua aclimatação ao estresse hídrico, diminuindo sua competição por luz e

reduzindo sua taxa fotossintética (Oliveira et al., 2017). Esta afirmativa coincide quando observada a Figura 4 quando aos 35 DAS, onde o fator determinante na redução da área total de folíolos não foi diretamente estresse hídrico imposto e sim o tratamento com etileno aplicado nas plântulas no grupo que teve 100% da ETc.

Com relação a área média de um folíolo, aos 27 DAS pode-se observar que a variação dos níveis de reposição de 100% e 50% das ETc não promoveram diferença significativa na área média de um folíolo. Porém, no grupo de mudas que teve 100% da ETc repostas, verificou-se que o pré-condicionamento de sementes promoveu área média de um folíolo de 2,79 cm² e o grupo controle teve 3,81 cm². Em contrapartida, não houve diferença estatística entre o grupo controle e o grupo que teve o pré-condicionamento de sementes quando as mudas foram irrigadas com 50% de reposição da ETc (Figura 5A).

Já aos 35 DAS, verificou-se uma variação significativa para os grupos que foram irrigados com 100% da ETc, o pré-condicionamento de sementes teve uma área média de um folíolo de 2,54 cm², enquanto que o grupo controle teve uma área média de um folíolo de 3,82 cm² (Figura 5B). Entre o grupo controle e o grupo tratado com ILA + ET não houve variação estatística significativa para 50% de reposição de ETc (Figura 5B).

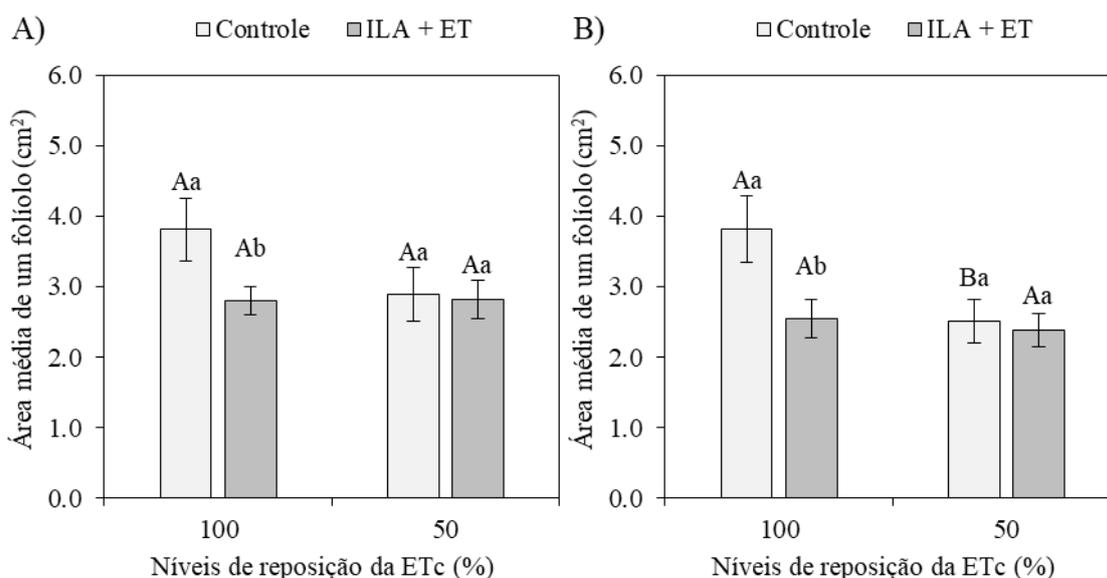


Figura 5. Área média de um folíolo de mudas de *M. oleifera* em função de níveis de reposição da ETc e pré-condicionamento de sementes com etileno (ET) sob irradiação com luz azul (ILA) aos 27 (A) e

35 (B) dias após a semeadura, letras minúsculas comparação entre ETc e PC, letras maiúsculas comparação entre fatores a 100% e 50% de ETC, Campina Grande, PB, 2021.

O etileno altera o padrão de expansão e crescimento celular, inibindo a ação e translocação das auxinas na parte aérea do vegetal, aumentando a celulase em zonas de abscisão (SCHULZ et al., 2021), o que explica a diminuição da área média de um folíolo de plântulas quando submetidas ao tratamento com etileno em comparação a plântulas do grupo controle.

4 CONCLUSÃO

O déficit hídrico promove alterações nos indicadores foliares observados, e a irradiação com luz azul e aplicação de etileno no pré-condicionamento de sementes de *M. oleifera* promovem ajustes foliares que podem atenuar o estresse por déficit hídrico. Mais pesquisas com níveis de déficit hídrico menos severos precisam ser realizadas para evidenciar a contribuição positiva do pré-condicionamento de sementes com irradiação de luz azul e etileno em plantas de *M. oleifera* estressadas.

ABSTRACT

Moringa oleifera is a plant cultivated throughout history for culinary and medicinal purposes. Due to its tolerance to drought, it is cultivated in arid and semi-arid regions, for example in the Northeast of Brazil, where its yield is reduced due to water restriction. To induce tolerance to water deficit in crops, pre-conditioning of seeds with light radiation and plant hormones can be used, increasing the germination rate and favoring the growth of seedlings under stress. Thus, the aim of this study was to evaluate whether the preconditioning of seeds with blue light and application of ethylene induces leaf modifications to attenuate the stress caused by water deficit in *M. oleifera* seedlings. A completely randomized design was used, set up in a 2 x 2 factorial scheme, with the water deficit factor consisting of two levels of stabilization of water lost by crop evapotranspiration - ETc (50 and 100%) and the preconditioning factor of constituted seeds of two levels, being a control (distilled water) and application of ethylene - ET (500 mg L⁻¹ of Ethrel®) under irradiation with blue light - ILA, with four repetitions. In this sense, it was found that blue light irradiation and ethylene application in the preconditioning of *M. oleifera* seeds promote foliar adjustments that can attenuate the stress caused by water deficit. More researches with less severe water deficit levels need to be carried out to evidence the positive contribution of seed preconditioning with ET and ILA in stressed plants.

Keywords: Water stress. Vegetable hormone. Tolerance.

REFERÊNCIAS

AHMED, L. T.; WARRAG, E. M. I.; ABDELGADIR, A. Y. Effect of shade on Seed Germination and Early Seedling Growth of *Moringa Oleifera* Lam. **Journal of Forest products and Industries**, v. 3, n. 1, p. 20-26, 2014.

AL DAYEL, M. F.; SHERIF, F. El. Evaluation of the effects of *Chorella vulgaris*, *Nannochloropsis salina*, and *Enterobacter cloacae* on growth, yield and active compound compositions of *Moringa oleifera* under salinity stresses. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 3, p. 1687-1696, 2021.

ALMEIDA M. S. F. **Moringa oleífera Lam., seus benefícios medicinais, nutricionais e avaliação de toxicidade**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2018.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; GOMES, F. T.; SILVA, M. J.; JARDIM, A. M. F. R.; SIMÕES, V. J. L. P.; IZIDRO, J. L. P. S.; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. **PUBVET**, v.13, n.1, p.1-10, 2019.

CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JÚNIOR, M.; GERALDINE, A. M. Biocontrol of seed pathogens and growth promotion of common bean seedlings by *Trichoderma harzianum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 822-828, 2011.

CHITIYO, S. T.; NCUBE, B.; NDHLALA, A. R.; TSVUURA, Z. Biochemical responses of *Moringa oleifera* Lam. Plants to graded moisture deficit. **South African Journal of Botany**, v. 138, p. 41-49, 2021.

DALAL, N. R.; BHALEKAR, M. N.; RANPISE, S. A.; DALAL, S. R. Irrigation water management on growth, flowering and yield of drumstick (*Lamk.*) cv. Bhagya. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 10, n. 2, p. 749-752, 2021.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

GOMES, A. M. F. **Interações hormonais no crescimento de raízes de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. cv *Micro-Tom*) sob estresse osmótico**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

GUIMARÃES, M.A.; TELLO, J. P.J.; DAMASCENO, L. A.; VIANA, C.S.; MONTEIRO, L. R. Pré-embrição de sementes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento de plântulas de melancia. **Comunicações - Rev. Ceres**, v. 60, n. 3, 2013.

IDRIS, A.; LINATOC, A. C.; MUHAMMAD, S. M.; TAKAI, Z. I. An Effect of Light Intensity on the Total Flavonoid and Phenolic Content of *Moringa Oleifera*. **Journal of Tomography System and Sensor Application**, v. 2, n. 1, 2019.

MACÁRIO, A. P. S.; FERRAZ, R. L. S.; COSTA, P. S.; BRITO NETO, J. F.; MELO, A. S.; DANTAS NETO, J. Allometric models for estimating *Moringa oleífera* leaflets area. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e005220, 2020.

OLDONI, T. L. C.; MERLIN, N.; BICAS, T. C.; PRASNIEWSKI, A. C.; CARPES, S. T.; ASCARI, J.; ALENCAR, S. M.; MASSARIOLI, A. P.; BAGATINI, M. D.; MORALES, R.; THOMÉ, G. Antihyperglycemic activity of crude extract and isolation of phenolic compounds with antioxidant activity from *Moringa oleifera* Lam. leaves grown in Southern Brazil. **Food Research International**, v. 141, n. 3, 2021.

OLIVEIRA, H. P.; RIBEIRO, T. B.; MACHADO, A. S.; SILVA, L. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. R. Respostas fisiológicas de forrageiras ao déficit hídrico e baixas temperaturas. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 14, n. 5, p. 7008-7014, 2017.

PEREIRA, J. L.; QUEIROZ, R. M. L.; CHARNEAU, S. O.; FELIX, C. R.; RICART, C. A. O.; SILVA, F. L.; STEINDORFF, A. S.; ULHOA, C. J.; NORONHA, E. F. Analysis of *Phaseolus vulgaris* Response to Its Association with *Trichoderma harzianum* (ALL-42) in the Presence or Absence of the Phytopathogenic Fungi *Rhizoctonia solani* and *Fusarium solani*. **Plos One**, v. 9, n. 5, e98234, 2014.

RANGEL, M. S. A. *Moringa Oleifera*; uma planta de uso múltiplo. **Embrapa – CPATC Circular Técnica**, n. 9, p. 41, 1999.

RHAMAN, M. S.; IMRAN, S.; RAUF, F.; KHATUN, M.; BASKIN, C. C.; MURATA, Y.; HASANUZZAMAN, M. Seed Priming with Phytohormones: An Effective Approach for the Mitigation of Abiotic Stress. **Plants**, v. 10, n. 37, 2021.

SCHULZ, D. G.; AJALA, M. C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Alterações fisiológicas em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden submetidas à fertilização nitrogenada e ação do etileno. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, 2021.

SILVA, A. E.; FERRAZ, R. L. S.; SILVA, J. P.; COSTA, P. S.; VIÉGAS, P. R. A.; BRITO NETO, J. F.; MELO, A. S.; MEIRA, K. S.; SOARES, C. S.; MAGALHÃES, I. D.; MEDEIROS, A. S. Microclimate changes, photomorphogenesis and water consumption of *Moringa oleifera* cuttings under different light spectrums and exogenous phytohormone concentrations. **Australian Journal Crop Science**, v. 14, n. 5, p. 751-760, 2020.

URVA; SHAFIQUE, H.; JAMIL, Y.; HAQ, Z. U.; MUJAHID, T.; KHAN, A. U.; IQBAL, M.; ABBAS, M. Low power continuous wave-laser seed irradiation effect on *Moringa oleifera* germination, seedling growth and biochemical attributes. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 170, p. 314-323, 2017.

AGRADECIMENTOS

À Deus por toda a proteção e discernimento a mim concedidos.

Aos meus pais Miguel Antonio Moreno Lara e Gilza Barbosa de Oliveira de Moreno, por toda dedicação a mim ao longo desta caminhada.

As minhas tias Maria Gomes, Maria de Oliveira, Marileide Barbosa, Genilda Barbosa, Maria de Fátima, e aos meus tios Gilmar Barbosa e Genaro Barbosa por todo carinho, cuidado e apoio.

Aos meus irmãos Isabelle Moreno e Louis Fellipe Moreno pelo companheirismo de sempre.

Ao professor D.Sc. José Félix de Brito Neto, pela orientação neste trabalho.

Ao professor D.Sc. Rener Ferraz e a professora M.Sc. Patrícia Costa pela dedicação, auxílio na análise dos dados e elaboração deste trabalho.

Aos colegas de graduação, que caminharam conosco durante todo o curso, em especial a Thiago Macedo, Bruna Souza, Viviane Galdino, Leonardo Afonso e Ely Pereira.

Aos professores do curso de Agroecologia pelos ensinamentos.

Aos funcionários do departamento e do Campus de Lagoa Seca por carinho e dedicação comigo ao longo destes anos de graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo financiamento deste trabalho no âmbito do Projeto de Pesquisa nº 160862/2019-1.

E a todos que direta ou indiretamente colaboraram com este trabalho.