

Tolerância de germoplasma de *Macroptilium* ao déficit hídrico

Germoplasm tolerance of *Macroptilium* to the water deficit

Irlane Cristine de Souza Andrade Lira¹; Rafaela Priscila Antônio²; Welson Lima Simões^{2*}; Pedro Martins Ribeiro Júnior²; Ronaldo Simão de Oliveira³; Jucicléia Soares da Silva²; Italla Mikelly Barbosa⁴

RESUMO

Diante da necessidade de identificação de espécies forrageiras mais adaptadas às mudanças climáticas, objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento de germoplasmas de *Macroptilium* sob condições de deficiência hídrica. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com delineamento em blocos casualizados, com arranjo fatorial 10 x 4 x 2, e três repetições, sendo dez acessos da cultura, quatro níveis de umidade no solo (25; 50; 75 e 100% da capacidade de campo - CC) e dois cortes. Foram avaliadas as características, altura da planta, largura e comprimento do lóbulo central, número de folhas e massa seca da planta. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, sendo as médias entre os cortes comparadas pelo teste de Tukey, e entre os acessos pelo Scott-Knott e os níveis de umidade no solo por regressão. O acesso CTM-A15, da espécie *M. atropurpureum*, seguido pelos acessos CTM-A3 e CTM-A54 apresentaram maior tolerância ao déficit hídrico e cortes estudados, sendo superiores até mesmo a testemunha CTM-A27, apresentando bom desempenho no nível de umidade no solo de 25% da CC. Já entre os acessos de *M. lathyroides* os mais tolerantes foram os acessos CTM-L27 e CTM-L7.

Palavras-chave: Leguminosa forrageira; Umidade do solo; Forragem; Semiárido.

ABSTRACT

Faced with the need to identify forage species more adapted to climate change, the objective of this work was to evaluate the behavior of *Macroptilium* germplasms under water deficiency conditions. The experiment was conducted in a greenhouse with a randomized block design, with a factorial arrangement of 10 x 4 x 2, and three replications, being ten accessions of culture, four levels of soil moisture (25; 50; 75 and 100% of the field capacity - CC), and two cuts. The characteristics, plant height, width and length of the central lobe, number of leaves and dry mass of the plant were evaluated. The data obtained were submitted to analysis of variance, and the means between the sections were compared by the Tukey test, and between the accesses by Scott-Knott and the soil moisture levels by regression. The access CTM-A15, of the species *M. atropurpureum*, followed by the accesses CTM-A3 and CTM-A54 presented greater tolerance to water deficit and studied sections, being superior even to the control CTM-A27, presenting good performance at the soil moisture level of 25% of the CC. Among the accessions of *M. lathyroides* the most tolerant were the accessions CTM-L27 and CTM-L7.

Keywords: Forage legume; Soil moisture; fodder; Semiarid.

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana.

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Semiárido.

*E-mail: welson.simoes@embrapa.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Baiano, Campus Xique-xique.

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural.

INTRODUÇÃO

O clima semiárido apresenta altas temperaturas e índices elevados de evaporação, resultando em baixa umidade do ar, além de longos períodos de estiagem, com chuvas escassas e mal distribuídas. Estas características climáticas prejudicam o desenvolvimento do alimento para os animais, fazendo-se imprescindível a identificação de espécies forrageiras resistentes e de fácil cultivo como alternativa de alimentação durante esses períodos secos. Considerando-se que esses animais muitas vezes são as únicas fontes de proteína e de renda para os agricultores da região, torna-se imprescindível o desenvolvimento de estudos que permitam criar estratégias alimentares visando otimizar o incremento desse recurso genético local (CAMPOS et al., 2017; PEREIRA, 2018).

Com relação a alimentação dos animais na caatinga, cerca de 70% das espécies vegetais fazem parte da dieta dos caprinos, ovinos e bovinos e outros animais herbívoros, sendo esses pouco resistentes aos grandes períodos de estiagens. Os outros 30% contam com mecanismos de defesa como pelos e espinhos, o que dificulta a alimentação in natura, sendo o cultivo e identificação de espécies nativas da Caatinga resistentes uma importante alternativa para aumentar a oferta de forragem, particularmente porque as plantas são ecologicamente adaptadas.

Entre as famílias de importância forrageira desta região destacam-se as leguminosas (Fabaceae) que compõem grande parte da dieta dos ruminantes, especialmente no período de seca e são uma importante fonte de proteína (GUEDES et al., 2018; PEREIRA, 2018). Espécies do gênero *Macroptilium* são leguminosas forrageiras de porte herbáceo, bem adaptadas a regiões de clima quente e de baixas precipitações, as quais regeneram-se através de sementes que formam bancos no solo formando um estoque de material genético que germinam quando ocorrem as primeiras chuvas. As principais espécies de *Macroptilium* que ocorrem no Nordeste são: *M. martii* (Benth), *M. lathyroides* (L. Urb.) e *M. atropurpureum* (Urb.), sendo estas encontradas nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (SNAK et al., 2020).

O estudo das características morfológicas nos indivíduos é muito importante para se conhecer o comportamento dessa espécie quando submetidos ao estresse provocado pelo déficit hídrico, principalmente no cenário atual de mudanças climáticas que estamos vivendo. Assim, observa-se que existe uma escassez de trabalhos sobre a tolerância ao

estresse hídrico, o comportamento e o desempenho de plantas em ambientes de pouca oferta de chuvas e com a previsão de períodos mais prolongados de secas em função do desequilíbrio climático, bem como sua influência na produção e na qualidade da forragem, tornando necessária a realização desta pesquisa, especialmente para a região semiárida. Assim, frente a necessidade de oferta de material vegetal que venha suprir a demanda para os agricultores em períodos mais crítico de seca o presente trabalho teve por objetivo avaliar a tolerância de germoplasmas de *Macroptilium* ao déficit hídrico sob condições controladas.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente a Embrapa Semiárido, na cidade de Petrolina, PE, Brasil, no período de dezembro de 2018 a março de 2019. As sementes de *Macroptilium* foram semeadas em bandejas de polietileno contendo substrato comercial e quando apresentaram pelo menos duas folhas expandidas, foram transplantadas para vaso com capacidade de 4,5 L, contendo uma mistura de terra, areia e esterco bovino, na proporção de 1:1:1, onde cada planta foi considerada como uma parcela, perfazendo assim um total de 120 parcelas.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, dispostos em arranjo fatorial 10 x 4 x 2, sendo dez acessos de *Macroptilium*, pertencentes a coleção de trabalho de *Macroptilium* (CTM) da Embrapa Semiárido (Tabela 1), quatro níveis de umidade no solo (25; 50; 75 e 100% da Capacidade de Campo) em dois cortes da cultura, e três blocos casualizados.

Foram avaliados acessos coletados no Nordeste brasileiro e provenientes da Colômbia, Austrália e México e uma cultivar comercial como testemunha (Tabela 1).

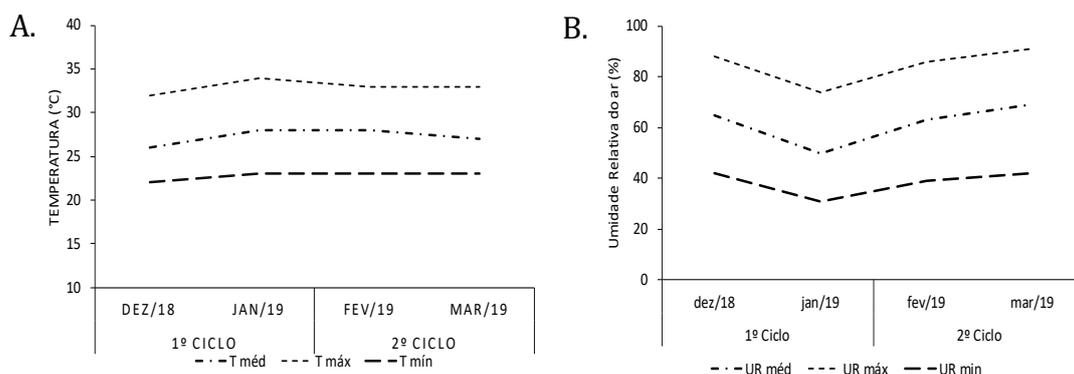
Tabela 1 - Acessos do gênero *Macroptilium* avaliados para tolerância ao estresse hídrico.

Acesso	Espécie	Origem
CTM-A03	<i>M. atropurpureum</i>	Meta, Colômbia
CTM-A15	<i>M. atropurpureum</i>	Tolima, Colômbia
CTM-A27	<i>M. atropurpureum</i> cv. <i>Siratro</i> (Testemunha)	Unknown, Australia
CTM-A54	<i>M. atropurpureum</i>	Oaxaca, Mexico
CTM-L7	<i>M. lathyroides</i>	Pernambuco, Brasil
CTM-L17	<i>M. lathyroides</i>	Bahia, Brasil
CTM-L19	<i>M. lathyroides</i>	Pernambuco, Brasil
CTM-L22	<i>M. lathyroides</i>	Pernambuco, Brasil
CTM-L24	<i>M. lathyroides</i>	Pernambuco, Brasil
CTM-L27	<i>M. lathyroides</i>	Pernambuco, Brasil

Fonte: Elaborado pelos autores.

O clima predominante do município, é BSw_h, com precipitações médias anuais de 500 mm e temperatura média anual de 26,5°C e umidade relativa do ar de 66% segundo a classificação de Köpper (LOPES et al., 2017). Os dados agro meteorológicos do período de execução do trabalho encontram-se apresentados na Figura 1.

Figura 1- Dados agrometeorológicos



(A) Dados de temperaturas do ar máxima (T máx), média (T méd) e mínima (T mín) e (B) umidade relativa do ar máxima (Ur máx), média (Ur méd) e mínima (Ur mn) durante o período do experimento (dezembro de 2018 a março de 2019), durante os dois cortes da cultura.

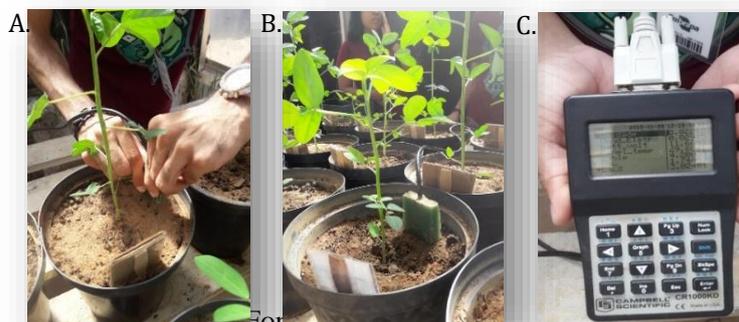
Fonte: Adaptado pelos autores.

As plantas foram mantidas sob rega na capacidade de campo durante 15 dias após serem transplantadas para os vasos, sendo o manejo da irrigação realizado a cada dois dias, através de dados determinados pelo equipamento Time Domain Reflectometry (reflectometria no domínio de tempo - TDR 100), que emite um pulso numa frequência de microondas, utilizando um circuito elétrico adequado para fornecer os dados já convertidos no teor de água no solo (Figura 2).

Aos 30 dias após o início dos tratamentos, com os diferentes níveis de umidade no solo, foi realizada uma avaliação morfoagronômica, seguida do primeiro corte e 30 dias após foi realizada outra avaliação e o segundo corte.

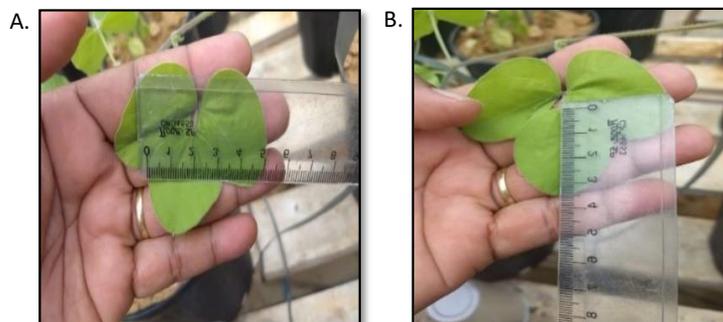
As avaliações morfológicas, da parte aérea das plantas, foram realizadas durante os dois cortes da cultura, uma em fevereiro de 2019 e outra em março de 2019, que ocorreram nos períodos de florescimento, pontos onde há maior disponibilidade de forragem pelas plantas.

Figura 2 - A-C Determinação do teor de água no solo utilizando o equipamento Time Domain Reflectometry (reflectometria no domínio de tempo, TDR 100).



Foram mensurados os seguintes descritores (Figura 3): largura do lóbulo central (LLC); comprimento do lóbulo central (CLC); altura da planta (AP) (ambos mensurados com auxílio de uma régua graduada); número de folhas por planta (NF); matéria seca da parte aérea da planta (MSP) mensurada após secagem das amostras realizada em estufa de circulação de ar á 55°C por 72 horas.

Figura 3 - Características avaliadas em acessos de *Macroptilium*, sendo A - largura do lóbulo central e B - comprimento do lóbulo central.



Fonte: Autores, 2019

Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F ($p < 0,05$), sendo as médias entre os cortes comparadas pelo teste de Tukey, os acessos pelo Scott-Knott e os níveis de umidade no solo por regressão, por meio do software SISVAR, versão 5.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou uma interação tripla entre os fatores avaliados, para todos as características analisadas. Nas Tabelas 2 e 3 verificam-se os modelos de equação e de R^2 para as variáveis largura e comprimento do lóbulo central das folhas, respectivamente. Com relação a característica largura do lóbulo central (LLC) (Tabela 2), observa-se um crescimento com o aumento do nível de umidade no solo, tendo um comportamento quadrático no corte 1 para os acessos CTM-A15 e CTM-L7, sendo seus valores máximos da derivada 5,25 e 4,50 cm para os níveis de umidade no solo de 97 e 71,5% da capacidade de campo (CC), respectivamente.

Tabela 2 - Largura do lóbulo central das folhas em dois cortes da parte aérea de genótipos de *Macroptilium*, cultivados sobre diferentes níveis de umidade do solo.

Genótipo	Níveis de umidade no solo (% da				Equação de regressão	R2	DERIVADA
	25	50	75	100			
CORTE 1							
CTM-	3.68	4.79	5.19	5.63 Aa	$v = -0.0003x^2 + 0.0582x +$	98.68*	97%/ 5.25
CTM-	3.40	3.56	4.42	4.82 Ab	$v = 0.0205x + 2.7625$	94.29**	
CTM-A3	3.26	3.63	3.98	4.12 Aa	$v = 0.0117x + 3.0167$	96.59**	
CTM-	3.34	3.57	4.45	4.91 Ab	$v = 0.0224x + 2.6688$	95.58**	
CTM-	2.39	2.75	3.66	4.27 Aa	$v = 0.0262x + 1.625$	97.73**	
CTM-	3.46	4.13	4.59	4.80 Ab	$v = 0.0179x + 3.1208$	95.12**	
CTM-	3.83	4.19	5.29	5.87 Aa	$v = 0.0289x + 2.9875$	96.67**	
CTM-	2.99	3.06	4.04	4.21 Ac	$v = 0.0186x + 2.4125$	87.91**	
CTM-	3.79	4.10	4.20	4.65 Ab	$v = 0.0107x + 3.5167$	94.55**	
CTM-L7	3.63	4.56	4.66	4.72 Ab	$v = -0.0004x^2 + 0.0572x +$	96.08**	71.5%/4.50
CORTE 2							
CTM-	2.88	3.25	3.31	3.57 Ba	$v = 0.0085x + 2.7229$	93.60**	
CTM-	2.58	2.88	2.94	3.11 Bb	$v = 0.0066x + 2.4667$	93.48*	
CTM-A3	2.28	2.50	2.69	2.82 Bc	$v = 0.0072x + 2.125$	98.66**	
CTM-	2.79	2.85	3.05	3.44 Ba	$v = 0.0086x + 2.4979$	89.36**	
CTM-	2.13	2.29	2.68	2.98 Bb	$v = 0.0118x + 1.7792$	97.93**	
CTM-	2.25	2.49	2.56	3.07 Bb	$v = 0.0101x + 1.9625$	89.22**	
CTM-	2.63	2.72	3.11	3.50 Ba	$v = 0.0121x + 2.2333$	94.40**	
CTM-	2.12	2.29	2.33	2.56 Bc	$v = 0.0055x + 1.9771$	94.73*	
CTM-	2.46	3.08	3.47	3.77 Ba	$v = 0.0172x + 2.1167$	97.11**	
CTM-L7	2.21	2.63	2.88	3.01 Bb	$v = 0.0106x + 2.0167$	94.56**	

CC – Capacidade de campo; *Médias com letras maiúsculas (diferença entre cortes), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e médias com letras minúsculas (diferença entre acessos) na lâmina, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). * e ** = regressão significativa com 5 e 1% de significância, respectivamente, ns = não significativa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para os demais acessos, os crescimentos foram lineares com o aumento da umidade do solo, com diferenças significativas de 5 e 1% de probabilidade, tendo as maiores médias registradas no nível de 100% da CC, umidade esta que deve ser tomada como referência, uma vez que nela a água fica retida com uma menor tensão no solo e se torna mais disponível para as plantas. Por meio do teste de médias (Tabela 2) podemos inferir que para a característica largura do lóbulo central, houve diferença significativa entre os

dois cortes, em todos os níveis de umidade testados. Ao comparar os dois cortes, observou-se os maiores valores para as plantas no corte 1, sendo este superior ao corte 2 em todos os níveis de umidade e para todos os acessos.

Quando considerado o desempenho dos acessos dentro de cada nível de umidade aplicado, observa-se que no nível de estresse hídrico mais severo (25% da CC), os acessos CTM-L22 e CTM-L27 foram os que mais se destacaram, apresentando maior largura das folhas nos dois cortes. Nos níveis de estresse hídrico moderado (umidades de 50 e 75% da CC), observa-se que o acesso CTM-L7 apresentou maior tolerância no corte 1 para a umidade de 50% da CC, e o acesso CTM-L22 apresentou melhor desempenho no corte 1 quando submetido a umidade de 75% da CC. Considerando o corte 2, em todos os níveis de umidade aplicado, o acesso CTM-L27 foi o que demonstrou melhor desempenho. O acesso que demonstrou melhor desempenho nos dois cortes foi o acesso CTM-L22, e o acesso CTM-A54 apenas no corte 2.

Já ao considerar a característica comprimento do lóbulo central (CLC) (Tabela 3), todos os acessos estudados apresentaram diferença significativa entre os dois cortes, sendo os valores obtidos no corte 1 superiores aos do corte 2, a exemplo do que foi observado na característica largura do lóbulo central, em todos os níveis de umidade testados.

A equação da regressão apresentou comportamento linear para os acessos que apresentaram significância, com bom ajuste do R^2 e altamente significativo, a 1% de probabilidade, com o nível de umidade máximo em 100% da CC. Apenas os acessos CTM-A3 e CTM-A54 além da testemunha, não apresentaram efeito significativo no corte 2 (Tabela 3).

Analisando as médias dos comprimentos dos lóbulos centrais nos níveis de estresse hídrico mais severo (umidade de 25% da CC), o acesso mais tolerante nos dois cortes foi CTM-L7, seguido pelo acesso CTM-L24 e CTM-L27, que apresentaram tolerância ao déficit hídrico apenas no corte 1 e pelos acessos CTM-L17 e CTM-L22 que se mostraram tolerantes apenas no corte 2.

Para os níveis de estresse hídrico moderado os acessos que se destacaram foram CTM-L17 e CTM-L7 nos dois cortes, no nível de umidade de 50% da CC seguidos pelos acessos CTM-L22 e CTM-L24, no corte 1 e o acesso CTM-L27 no corte 2. Para a nível de umidade 75% da CC os acessos que apresentaram maiores comprimentos do lóbulo central nos dois cortes foram, CTM-L17, CTM-L22, CTM-L27 e CTM-A15, seguidos

pelos acessos CTM-A54, CTM-L19 e CTM-L24 no corte 1, e pelo acesso CTM-L7 no corte 2. O acesso CTM-A15, apresentou um desempenho satisfatório tanto no estresse hídrico mais severo, quanto nos moderados, nos dois cortes, sendo o acesso que apresentou maior largura e comprimento do lóbulo central.

Tabela 3 - Comprimento do lóbulo central das folhas em dois cortes da parte aérea de genótipos de *Macroptilium*, sobre diferentes disponibilidades da água no solo para a planta.

Genótipo	Níveis de umidade no solo (% da				Equação de regressão	R2	DERIVADA DH/MED.
	25	50	75	100			
CORTE 1							
CTM-	5.25	6.02	6.52	6.71 Ab	$v = 0.0196x + 4.9$	93.02**	
CTM-	4.64	5.64	6.42	6.80 Ab	$v = 0.029x + 4.0625$	96.41**	
CTM-A3	4.79	5.23	5.27	5.49 Ac	$v = 0.0086x + 4.6542$	88.83**	
CTM-	4.79	4.90	6.39	6.64 Ab	$v = 0.0282x + 3.9146$	87.48**	
CTM-	4.87	5.72	6.62	7.36 Aa	$v = 0.0335x + 4.0458$	99.85**	
CTM-	4.87	5.31	6.15	6.43 Ab	$v = 0.0221x + 4.3104$	96.64**	
CTM-	4.94	6.19	6.62	7.16 Aa	$v = 0.0283x + 4.4542$	93.85**	
CTM-	5.53	6.09	6.68	6.78 Ab	$v = 0.0174x + 5.1792$	93.63**	
CTM-	5.21	5.50	6.48	7.15 Aa	$v = 0.0271x + 4.3875$	96.31**	
CTM-L7	5.75	5.78	5.96	6.54 Ab	$v = 0.0102x + 5.3687$	80.62**	
CORTE 2							
CTM-	3.52	4.16	4.46	4.58 Bb	$v = 0.014x + 3.3063$	89.79**	
CTM-	3.59	3.59	3.69	3.83 Bc	v	ns	
CTM-A3	3.20	3.59	3.66	3.71 Bc	v	ns	
CTM-	3.25	3.50	3.55	3.72 Bc	v	ns	
CTM-	3.88	4.08	4.37	5.15 Ba	$v = 0.0164x + 3.3417$	90.20**	
CTM-	3.00	3.54	3.73	4.54 Bb	$v = 0.0192x + 2.5$	94.44**	
CTM-	3.54	3.44	4.42	4.55 Bb	$v = 0.0159x + 2.9896$	79.77**	
CTM-	3.11	3.69	3.70	4.46 Bb	$v = 0.0163x + 2.7229$	89.76**	
CTM-	3.29	4.11	4.42	4.75 Bb	$v = 0.0187x + 2.9708$	93.79**	
CTM-L7	3.49	4.14	4.28	4.31 Bb	$v = 0.0104x + 3.4021$	77.31**	

CC – Capacidade de campo; *Médias com letras maiúsculas (diferença entre cortes), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e médias com letras minúsculas (diferença entre acessos) na lâmina, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). * e ** = regressão significativa com 5 e 1% de significância, respectivamente, ns = não significativa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Soares et al., (2017), o estresse leva as plantas a passarem por várias adaptações morfológicas e fisiológicas, sendo uma delas a redução no tamanho das folhas, essa redução aumenta a sobrevivência das plantas em ambientes adversos. Amaral (2018) ao estudar o déficit hídrico em laranjeiras também constatou que o estresse hídrico tem vários efeitos sobre o crescimento vegetal, entre eles a inibição da expansão foliar, abscisão foliar, acentuado crescimento de raízes e fechamento estomático levando a planta a diminuir a taxa transpiratória e consequentemente a expansão foliar.

Considerando a característica número de folhas da planta (NFP) (Tabela 4), podemos observar que os acessos CTM-A54, CTM-L19 e CTM-L22 no corte 1 e CTM-L17 e CTM-L27 no corte 2, também apresentaram um crescimento no NFP com o aumento da disponibilidade da água no solo, tendo um comportamento quadrático, mas

de forma exponencial, obtendo assim o maior valor com a umidade de 100% da CC. Já no corte 2, os acessos CTM-A54 e a testemunha obtiveram um comportamento quadrático da curva com valores máximos da derivada nos níveis de umidade de 92,9 e 118,6% da CC, respectivamente, sendo seus NFP de 105 e 78 respectivamente. Os demais acessos apresentaram comportamento linear, todos com bom ajuste do R^2 e alta significância nos dois cortes.

Tabela 4 - Número de folhas por planta (NFP) em dois cortes da parte aérea de genótipos de *Macroptilium*, cultivados sobre diferentes níveis de umidade do solo.

Genótipo	Níveis de umidade no solo (% da CC)				Equação de regressão	R ²	DERIVADA DH/MED.
	25	50	75	100			
CORTE 1							
CTM-A15	39 Ab	45 Bc	54 Ac	56 Bc	$y = 0.2467x + 33.167$	94,92**	
CTM-A27	36 Ab	44 Ac	59 Bb	64 Bc	$y = 0.404x + 25.667$	96,83**	
CTM-A3	56 Aa	75 Aa	84 Aa	111 Aa	$y = 0.6933x + 38.167$	96,51**	
CTM-A54	45 Ab	55 Bb	61 Bb	94 Bb	$y = 0,0092x^2 - 0,5327x + 53,75$	96,64*	Exponencial
CTM-L17	42 Ab	46 Ac	82 Aa	92 Ab	$y = 0.7427x + 19$	90,90**	
CTM-L19	49 Aa	56 Ab	68 Ab	94 Ab	$y = 0,0076x^2 - 0,354x + 53,583$	99,61**	Exponencial
CTM-L22	52 Aa	54 Ab	66 Ab	91 Ab	$y = 0,0091x^2 - 0,624x + 62,083$	99,95**	Exponencial
CTM-L24	36 Ab	43 Ac	50 Ac	60 Ac	$y = 0.3147x + 27.667$	98,47**	
CTM-L27	56 Aa	63 Ab	66 Ab	67 Ac	$y = 0.1467x + 54$	87,55*	
CTM-L7	52 Aa	59 Ab	77 Aa	90 Ab	$y = 0.528x + 36.667$	97,33**	
CORTE 2							
CTM-A15	33 Aa	59 Ab	62 Ac	89 Ab	$y = 0.688x + 17.667$	92,95**	
CTM-A27	33 Aa	47 Ac	73 Ab	75 Ac	$y = -0,0054x^2 + 1,281x + 2,4583$	94,34*	118,6%/78
CTM-A3	25 Ba	42 Bc	70 Bb	78 Bc	$y = 0.748x + 7.1667$	96,08**	
CTM-A54	28 Ba	82 Aa	93 Aa	106 Aa	$y = -0,016x^2 + 2,9733x - 33,5$	97,28*	92,9%/105
CTM-L17	35 Aa	36 Bd	73 Ab	92 Ab	$y = 0,0073x^2 - 0,0753x + 29,25$	93,96**	Exponencial
CTM-L19	39 Ba	44 Bc	49 Bd	67 Bc	$y = 0.3587x + 27.333$	89,27**	
CTM-L22	27 Ba	40 Bd	73 Ab	78 Bc	$y = 0.754x + 7.3333$	92,49**	
CTM-L24	29 Aa	44 Ac	45 Ad	59 Ad	$y = 0.3613x + 21.417$	92,51**	
CTM-L27	33 Ba	36 Bd	48 Bd	72 Ac	$y = 0,0088x^2 - 0,588x + 42,667$	99,96**	Exponencial
CTM-L7	32 Ba	33 Bd	42 Bd	47 Be	$y = 0.2203x + 24.542$	92,90**	

CC – Capacidade de campo; *Médias com letras maiúsculas (diferença entre cortes), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e médias com letras minúsculas (diferença entre acessos) na lâmina, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). * e ** = regressão significativa com 5 e 1% de significância, respectivamente, ns = não significativa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já na comparação entre as médias do NFP, dentro dos diferentes níveis de umidade do solo testados, os acessos que apresentaram maior tolerância ao estresse hídrico mais severo (umidade de 25% da CC) nos dois cortes, foram os acessos CTM-A3, CTM-L19, CTM-L22, CTM-L27 e CTM-L7, seguidos pelo acesso CTM-A15, CTM-A54, CTM-L17 e CTM-L24, que apresentaram maiores NFP apenas no corte 2. Quando submetidos aos estresses hídricos moderados, os acessos CTM-A3 no corte 1 e CTM-A54 no corte 2, foram os que apresentaram maior NFP no nível de umidade de 50% da CC e os acessos

CTM-A3, CTM-L17 e CTM-L7 no corte 1, e CTM-A54 no corte 2, foram os que apresentaram maior NFP quando submetidos ao nível de umidade de 75% da CC.

Esses acessos foram superiores a testemunha CTM-A27 em relação a todas as disponibilidades hídricas testadas, apresentando o mesmo comportamento apenas na umidade de 25% da CC no corte 2, e não responderam significativamente na umidade de 100% da CC, controle. Pode-se observar na Tabela 4 que no corte 2 houve uma redução no número de folhas para as disponibilidades hídricas de estresse severo como também as de estresse moderado, quando comparado ao corte 1 para todos os acessos, apresentando um crescimento no número de folhas apenas para o tratamento controle. Essa redução provavelmente se dá pelo fato de o estresse hídrico acelerar a senescência foliar com o decorrer dos cortes da planta.

Campos et al., (2021) relata que em feijoeiro submetidos ao estresse hídrico foram encontrados efeitos severos como, baixo rendimento dos grãos e poucas folhas para a planta, sendo estas na maioria folhas menores e murchas. Du et al., (2020), observaram em seus estudos com leguminosas com a soja, que o estresse hídrico apresentou efeitos negativos no crescimento no desenvolvimento e no rendimento da cultura, pois o déficit hídrico inibiu a produção de produtos fotossintéticos levando a diminuição da capacidade fotossintética da folha, o que acelera tanto a senescência foliar quanto o estresse oxidativo, levando a uma diminuição no quantitativo de folhas e conseqüentemente na produção de biomassa. Silva (2021), também trabalhando com soja, observou uma diminuição no número de folhas por planta, quando esta foi submetida ao estresse severo por 32 dias, porém essa diminuição foi considerada por ele inexpressiva.

Ao observar a característica altura da planta na Tabela 5, nota-se que os acessos CTM-A3 e CTM-L7 apresentaram comportamento quadrático de forma exponencial no ciclo 1, já os acessos CTM-L17 e CTM-L27, apresentaram comportamento quadrático da curva para a maioria dos acessos, sendo os valores máximos nas umidades de 89,16 e 103,6% da CC, com medias máximas de 75,90 e 93,62 cm, respectivamente no corte 1. Os demais acessos apresentaram comportamento linear neste corte e no corte 2, sendo que os modelos de equação de R^2 apresentaram excelentes ajustes, com significância de 1%.

Tabela 5 - Altura da planta (AP) em dois cortes da parte aérea de genótipos de *Macroptilium*, cultivados sobre diferentes níveis de umidade do solo.

Genótipo	Níveis de umidade no solo (% da CC)				Equação de regressão	R2	DERIVADA DH/MED
	25	50	75	100			
CORTE 1							
CTM-A15	66 Aa	82 Aa	100 Ab	118 Ac	$y = 0.5133x + 55.667$	93,76**	
CTM-A27	51 Ab	83 Aa	91 Ac	93 Ad	$y = -0.0121x^2 + 2.062x + 7.5833$	98,67**	85,2%/95,43
CTM-A3	71 Aa	73 Ab	116 Aa	144 Aa	$y = 0.0101x^2 - 0.2123x + 67.208$	95,78**	Exponencial
CTM-A54	66 Aa	90 Aa	103 Ab	125 Ab	$y = 0.7633x + 48.417$	99,15**	
CTM-L17	35 Ad	59 Ac	72 Ae	76 Af	$y = -0.012x^2 + 2.14x - 19.5$	99,67**	89,16%/75,90
CTM-L19	38 Ac	47 Ad	67 Ae	71 Af	$y = 0.478x + 25.667$	95,01**	
CTM-L22	46 Ab	64 Ac	71 Ae	85 Ae	$y = 0.4987x + 35.5$	98,03**	
CTM-L24	45 Ab	72 Ab	87 Ac	108 Ac	$y = 0.8147x + 27.333$	98,76**	
CTM-L27	46 Ab	75 Ab	81 Ad	93 Ad	$y = -0.0072x^2 + 1.492x + 14.333$	96,47**	103,6%/93,62
CTM-L7	53 Ab	56 Ac	64 Ae	90 Ad	$y = 0.0095x^2 - 0.694x + 64.75$	99,06**	Exponencial
CORTE 2							
CTM-A15	41 Ba	77 Aa	78 Bb	103 Ba	$y = 0.9367x + 20$	90,42**	
CTM-A27	40 Ba	55 Bb	56 Bc	83 Bc	$y = 0.5213x + 26$	88,53*	
CTM-A3	38 Ba	59 Bb	77 Bb	96 Bb	$y = 0.7607x + 19.833$	99,90**	
CTM-A54	38 Ba	66 Bb	88 Ba	123 Aa	$y = 1.108x + 9.6667$	99,15**	
CTM-L17	26 Ab	41 Bc	69 Ab	75 Ad	$y = 0.588x + 18.167$	91,66**	
CTM-L19	26 Bb	37 Bc	45 Bd	55 Be	$y = 0.382x + 16.5$	99,63**	
CTM-L22	31 Bb	44 Bc	57 Bc	58 Be	$y = 0.3647x + 24.667$	91,18**	
CTM-L24	33 Bb	46 Bc	47 Bd	67 Bd	$y = 0.42x + 21.75$	90,59**	
CTM-L27	31 Bb	40 Bc	43 Bd	56 Be	$y = 0.3047x + 23.25$	94,38**	
CTM-L7	34 Bb	36 Bc	53 Bc	55 Be	$y = 0.324x + 24.167$	88,17**	

CC – Capacidade de campo; *Médias com letras maiúsculas (diferença entre cortes), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), e médias com letras minúsculas (diferença entre acessos) na lâmina, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). * e ** = regressão significativa com 5% e 1% de significância, respectivamente, ns = não significativa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando se compara as médias dos acessos submetidos ao nível de estresse hídrico mais severo (umidade de 25% da CC), os que apresentaram plantas com maior altura nos dois cortes foram os da espécie *M. atropurpureum* CTM-A15, CTM-A3 e CTM-A54, sendo estes superiores a testemunha CTM-A27, que apenas mostrou um bom desenvolvimento no corte 2. O acesso CTM-A15 ainda se mostrou responsivo quando submetido ao estresse hídrico moderado, com umidade de 50% da CC nos dois cortes, já o acesso CTM-A54 respondeu bem no corte 1 a este mesmo nível de umidade, porém no nível de umidade de 75% da CC apenas os acessos CTM-A3 no corte 1 e CTM-A54 no corte 2 apresentaram plantas mais altas. Para o nível de umidade de 100% da CC os acessos CTM-A15 e CTM-A54 foram os únicos que se apresentaram responsivos, porém apenas no corte 2. Os demais acessos não apresentaram diferença significativa para nenhuma outra disponibilidade hídrica. Os acessos da espécie *M. atropurpureum* foram os únicos acessos que apresentaram maior altura de planta entre as duas espécies, isso provavelmente se deu por essa espécie, apresentar um comportamento característico de plantas trepadeiras.

Diante do exposto, pode se inferir que os acessos que têm menor alteração no número de folhas e altura das plantas tem maior capacidade de tolerar o déficit hídrico, demonstrando ter potencial para serem recomendadas como alternativas para tolerância à seca. Os resultados podem estar associados ao fato que o estresse hídrico severo inibe a síntese de produtos fotossintéticos e interrompe o balanço de carbono, resultando em crescimento reduzido e distúrbios metabólicos fisiológicos. Esta redução, principalmente no tamanho das folhas é comum em plantas sob estresse, pois as mudanças impostas na fisiologia das plantas levam-nas a desenvolver mecanismos de adaptação e resistência, ajudando a converter a energia poupada em atividades bioquímicas da planta, otimizando a absorção de nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2017; DU et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

Segundo Campos et al., (2021), uma das formas que a planta desenvolve para manter seu desenvolvimento, mesmo quando submetidas a estresse hídrico severo, é o ajustamento osmótico, pois dessa forma mantem tanto o abastecimento de água nas folhas, como a produção de folhas. Assim, pode-se inferir que acessos submetidos ao estresse severo e que tem menor alteração no número de folhas e altura das plantas nesta condição, tem maior capacidade de tolerância ao déficit hídrico, demonstrando ter potencial para serem selecionadas como alternativas para utilização em épocas de seca.

Observa-se na Tabela 6 que para a característica da matéria seca da planta (MSP), no corte 1, os acessos que apresentaram comportamento quadrático da curva foram CTM-A54 e CTM-L17, com os máximos valores de 1114 e 1235 g para os níveis de umidade de 89,98 e 90,91% da CC, respectivamente. Cabe destacar que o acesso CTM-A15 apresentou comportamento exponencial e os demais apresentaram comportamento linear. No corte 2 foi observado comportamento linear para quase todos os acessos, com excelente ajuste do R^2 e alta significância a 1%, sendo que apenas os acessos CTM-L24 e CTM-L27 não apresentaram diferença significativa com relação a disponibilidade de água no solo.

Quando os acessos foram submetidos ao nível de estresse hídrico mais severo (umidade de 25% da CC), os que apresentaram mais acúmulo de massa nos dois cortes foram os acessos CTM-L22 e CTM-L24. Quando submetidos a um estresse mais moderado (umidade de 50% da CC) o acesso que apresentou melhor desempenho foi o acesso CTM-A54 no corte 2 e para o nível de umidade de 75% da CC, foram os acessos CTM-L19, CTM-L22 e CTM-L24 no corte 1. Os acessos CTM-A3, no corte 1, CTM-L27 e CTM-L7 no corte 2, apresentaram melhor acúmulo de massa em todas as lâminas, se

assemelhando a testemunha CTM-A27 apenas no nível de umidade de 75% da CC, sendo superior nas demais lâminas.

Tabela 6 - Matéria seca da planta (MSP) em dois cortes da parte aérea de genótipos de *Macroptilium*, cultivados sobre diferentes níveis de umidade do solo.

Genótipo	Níveis de umidade no solo (% da CC)				Equação de regressão	R2	DERIVADA DH/MED.
	25	50	75	100			
CORTE 1							
CTM-A15	365 Ab	568 Ad	772 Ad	1223 Ad	$y = 0.19x^2 - 11.93x + 530.42$	99,20**	Exponencial
CTM-A27	498 Ac	835 Ac	1356 Aa	1415 Ac	$y = 16.587x - 110$	92,33**	
CTM-A3	660 Aa	673 Ac	1326 Ab	1768 Ac	$y = 11.333x + 270$	90,63**	
CTM-A54	427 Ab	970 Ab	977 Ac	1133 Ad	$y = -0.1547x^2 + 27.84x - 138.33$	91,79*	89,98%/1114
CTM-L17	268 Ac	823 Ac	1195 Ab	1210 Ad	$y = -0.2353x^2 + 42.783x - 708.75$	99,88**	90,91/1235
CTM-L19	550 Aa	805 Ac	1483 Aa	1613 Ab	$y = 15.473x + 145.83$	93,61**	
CTM-L22	550 Aa	893 Ab	1377 Aa	1707 Ab	$y = 15.813x + 143.33$	99,45**	
CTM-L24	667 Aa	760 Ac	1513 Aa	1710 Ab	$y = 15.533x + 191.67$	90,77**	
CTM-L27	673 Aa	1130 Aa	1375 Aa	1835 Aa	$y = 14.92x + 320.83$	98,71**	
CTM-L7	630 Aa	1096 Aa	1433 Aa	1897 Aa	$y = 16.547x + 230$	99,62**	
CORTE 2							
CTM-A15	320 Ab	367 Bb	747 Ab	803 Bb	$y = 6.6173x + 202.33$	91,56**	
CTM-A27	260 Ba	675 Ba	865 Ab	952 Bb	$y = 5.5587x + 440.17$	81,24**	
CTM-A3	462 Ba	670 Aa	1133 Ba	1450 Ba	$y = 18.279x - 85.417$	96,81**	
CTM-A54	394 Aa	742 Ba	827 Bb	937 Bb	$y = 6.852x + 296.5$	88,93**	
CTM-L17	220 Ab	427 Bb	882 Bb	952 Bb	$y = 10.02x + 5.8333$	92,57**	
CTM-L19	247 Bb	450 Bb	555 Bc	673 Bc	$y = 5.5387x + 135$	97,53**	
CTM-L22	517 Aa	575 Bb	742 Bb	868 Bb	$y = 4.8867x + 370$	97,05**	
CTM-L24	522 Aa	531 Bb	540 Bc	568 Bc	y	ns	
CTM-L27	508 Ba	510 Bb	522 Bc	642 Bc	y	ns	
CTM-L7	414 Ba	440 Bb	715 Bb	865 Bb	$y = 6.512x + 201.5$	92,44**	

CC – Capacidade de campo; *Médias com letras maiúsculas (diferença entre cortes), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). e médias com letras minúsculas (diferença entre acessos) na lâmina, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). * e ** = regressão significativa com 5% e 1% de significância, respectivamente, ns = não significativa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Silva (2021) em estudos com outras espécies de leguminosas como a soja, relatou que o déficit hídrico foi o maior responsável por diversas alterações fisiológicas causadas nas plantas, porém em seus estudos, somente a matéria seca da folha não apresentou interação significativa quando aplicado um estresse severo de 32 dias, o que não foi observado neste estudo, pois para essa característica quase todos os acessos apresentaram interação significativa, sendo que apenas os acessos CTM-L24 e CTM-L27 não apresentaram interação significativa no corte 2.

Os resultados corroboram com a descrição de alguns autores, os quais descrevem que a baixa disponibilidade hídrica leva ao fechamento dos estômatos, que resulta no aumento da temperatura foliar e na diminuição da eficiência fotossintética, o que acarreta um decréscimo do acúmulo de matéria seca e uma expressiva diminuição do fluxo de nutriente que vão do solo para as raízes, inibindo o desenvolvimento da planta

(PEIXOTO, 2011; MENEZES et al., 2014; PERDOMO et al., 2017; TAIZ et al., 2017). Nesse contexto, ao correlacionar os dados obtidos neste trabalho com as características climáticas da região semiárida, conforme apresentada na Figura 1, as altas temperaturas registradas durante a realização do experimento nos dois ciclos estudados tendem a favorecer a diminuição da largura e comprimento do lóbulo central, como ainda a diminuição no número de folhas por acelerar a senescência, isso se dá como forma da planta se proteger da perda de água em suas folhas, pois ao acionar esse mecanismo de defesa, esta tende a diminuir o tamanho e a espessura da folha proporcionando menor teor de matéria seca da planta. Para Rowland et al., (2018), o déficit hídrico é um dos principais fatores que reduzem o crescimento das plantas, sendo visto como um limitante de produtividade.

No trabalho com estresse hídrico em leguminosa desenvolvido por Du et al., (2020), ocorreu uma diminuição expressiva da biomassa da parte aérea mais do que das raízes. Apesar de não ter sido quantificado essa relação, foi possível observar uma maior redução de matéria seca e desenvolvimento da planta neste trabalho (Figura 4), frente às menores disponibilidades hídricas. Pereira (2019) também relatou, que em seus estudos com soja submetida ao estresse hídrico resultaram tanto na redução da matéria seca quanto na diminuição do índice de área foliar.

Figura 4 - Sintoma visual do efeito do déficit hídrico no desenvolvimento vegetativo do acesso CTM-L22 (*M. lathyroides*) submetido aos níveis de umidade no solo de 1; 2; 3 e 4, sendo 25; 50; 75 e 100% da capacidade de campo, respectivamente, ao fim do experimento.



Fonte: Autores, 2019

Diante dos resultados observados, pode-se afirmar que existe variabilidade para as características avaliadas, o que sugere sucesso na seleção de materiais potencialmente superiores. A variação das plantas frente aos diferentes níveis de umidade no solo pôde

ser observada no final do experimento (Figura 4), na qual observa-se visualmente uma diferença entre as alturas das plantas, com relação os diferentes níveis de umidade do solo nos quais elas foram cultivadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os acessos mais tolerantes ao estresse hídrico mais severo (umidade do solo de 25% da CC), foram os CTM-A15, da espécie *M. atropurpureum*, seguido pelos acessos CTM-A3 e CTM-A54.

Os acessos CTM-L27 e CTM-L7 foram os mais tolerantes da *M. lathyroides*, demonstrando potencial para futuros programas de melhoramentos da espécie para condições semiáridas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) do Semiárido, pela parceria desenvolvida na condução da pesquisa, disponibilizando suas instalações e tudo que foi necessário para a realização da pesquisa. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. A Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e ao Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais (PPGRGV-UEFS).

REFERÊNCIAS

- BARROS, J. M. T. M. **Fungos micorrízicos em mudas de *Jatropha curcas* L. submetidas a estresse hídrico.** 2018. 30 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção vegetal). UFAL, Alagoas. Disponível em:< <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/3388/1/Fungos%20micorr%20adizicos%20em%20mudas%20de%20Jatropha%20curcas%20L.%20submetidas%20a%20estresse%20h%20adrico.pdf>>. Acesso em 21 Abr 2023.
- CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, 7 p. 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>
- CAMPOS, F. S. et al. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no semiárido. **Revista Nutritime**, v. 14, n. 2, p. 5004-5013. 2017. Disponível em:< <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/203167/1/alternativa-de-alimentacao-para-caprinos-2002.pdf>>. Acesso em 21 Abr 2023.

DU, Y. et al. Effect of drought stress on sugar metabolism in leaves and roots of soybean Seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 146, p. 1-12. 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.11.003>

GUEDES, F. L. et al. **Desempenho de forrageiras em caatinga manipulada em região semiárida**. Circular Técnica. Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral. 2018.
Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190842/1/CNPC-2018-CT47.pdf>>. Acesso em 21 Abr 2023.

LOPES, I. et al. Balanço hídrico em função de regimes pluviométricos na região de Petrolina-PE. **Irriga**, v. 22, p. 443-457. 2017.
<https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n3p443-457>

MENEZES JÚNIOR, F. O.; GONÇALVES, P. A.; VIEIRA NETO, J. Produtividade da cebola em cultivo mínimo no sistema convencional e orgânico com biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 475-481, 2014.
<https://doi.org/10.1590/S0102-053620140000400017>

PEIXOTO, C. P. **Curso de Fisiologia Vegetal**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011. 177 p.

PERDOMO, J. A. et al. Rubisco and Rubisco Activase Play an Important Role in the Biochemical Limitations of Photosynthesis in Rice, Wheat, and Maize under High Temperature and Water Deficit. **Frontiers Plant Science**, v.13, n. 8, 15 p. 2017.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00490>

PEREIRA, I. M. C. **Potencial de Produção de Oleaginosas no Semiárido Pernambucano, com ênfase ao desenvolvimento de *Syagrus Coronata* (Licuri) em Solos Degradados**. 2018. 148 p. Tese (Doutorado em Geografia) UFPE, Recife.
Disponível em:
<<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/31060/1/TESE%20Iwelton%20Madson%20Celestino%20Pereira.pdf>>. Acesso em 21 Abr 2023.

PEREIRA, Y. C. et al. Brassinosteroids in soybean plants under water deficit. **Photosynthetica**, v. 57, n. 1, p. 181-191, 2019.
[10.32615/ps.2019.029](https://doi.org/10.32615/ps.2019.029)

ROWLAND, L. S.; SMITH, H. K.; TAYLOR, G. The potential to improve culinary herb crop quality with deficit irrigation. **Scientia Horticulturae**, v. 242, p.44-50, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.051>

SILVA, A. L. J. **24-epibrassinolídeo atenua o estresse hídrico na fase de crescimento vegetativo e melhora o rendimento de plantas de soja**. 2021. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). UFAL, Alagoas.
Disponível em: <<https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/8058/1/24-Epibrassinol%20C3%20ADdeo%20atenua%20o%20estresse%20h%20C3%20ADdrico%20na%20fase%20de%20crescimento%20vegetativo%20e%20melhora%20o%20rendimento%20de%20plantas%20de%20soja.pdf>>. Acesso em 21 Abr 2023.

SOARES, E. V. de L. et al. Avaliação de parâmetros relacionados ao estresse hídrico. In: org. Broetto, F.; Gomes, E. R.; Joca, T. A. C. **O estresse das plantas (recurso eletrônico): teoria & prática**. São Paulo, Cultura acadêmica, Cap. 8, p.133-145. 2017.

SOUZA, L. P. et al. Alocação de fitomassa e crescimento de clones de cajueiro irrigados com águas de diferentes salinidades. **Revista Desafios**, v.7, n.1, p.52-63, 2020.
<http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220162203142486>

SNAK, C., RIBEIRO, C.L., DELGADO-SALINAS, A. 2020. *Macrotidium* in **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB29790>>. Acesso em 21 set 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p. 2017.