

PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

VOLUME X



**Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera**
Organizadores

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizador

Pesquisas agrárias e ambientais
Volume X



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. Msc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. Msc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. Msc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto
Prof. Msc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Msc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB

UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P472	Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume X / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 177p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-5872-269-4 DOI https://doi.org/10.46420/9786558722694 1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume X” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas:

mapeamento do estande e distribuição longitudinal de plantas de milho; variabilidade espacial da fertilidade do solo antes e após aplicação de calcário para o cultivo da soja; variabilidade espacial de micronutrientes catiônicos do solo; variabilidade espacial da fertilidade do solo e mapas de recomendação; modelagem estatística utilizando o método de heatmap para a avaliação da cultura da laranja irrigada com água residuária; água tratada magneticamente na cultura da alface e do rabanete; omissão de Nutrientes em Espécies Florestais Nativas do Brasil; água tratada magneticamente estimula a produtividade do rabanete e da alface; plantas medicinais e seu potencial controle sobre patógenos de culturas agrícolas; melhoramento genético do feijão-fava (*Phaseolus Lunatus*); seletividade de inseticidas a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), alterações morfológicas em variedades de cana-de-açúcar induzidas pela restrição hídrica. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume X, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores


Sumário


Apresentação	4
Capítulo I	6
Plantas medicinais e seu potencial controle sobre patógenos de culturas agrícolas	6
Capítulo II	20
Melhoramento Genético do Feijão-fava (<i>Phaseolus Lunatus</i>)	20
Capítulo III	51
Seletividade de inseticidas a <i>Trichogramma Pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de <i>Helicoverpa Armigera</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)	51
Capítulo IV	66
Alterações morfológicas em variedades de cana-de-açúcar induzidas pela restrição hídrica	66
Capítulo V	88
Mapeamento do estande e distribuição longitudinal de plantas de milho	88
Capítulo VI	96
Variabilidade espacial da fertilidade do solo antes e após aplicação de calcário para o cultivo da soja	96
Capítulo VII	108
Variabilidade espacial de micronutrientes catiônicos do solo	108
Capítulo VIII	118
Variabilidade espacial da fertilidade do solo e mapas de recomendação	118
Capítulo IX	127
Modelagem estatística utilizando o método de <i>heatmap</i> para a avaliação da cultura da laranja irrigada com água residuária	127
Capítulo X	137
Omissão de Nutrientes em Espécies Florestais Nativas do Brasil	137
Capítulo XI	151
Água tratada magneticamente estimula a produtividade do rabanete	151
Capítulo XII	159
Impacto da irrigação com água tratada magneticamente na alface lisa	159
Capítulo XIII	168
Produtividade da alface crespa é impactada pelo uso de água tratada magneticamente	168
Índice Remissivo	175
Sobre os organizadores	177

Alterações morfológicas em variedades de cana-de-açúcar induzidas pela restrição hídrica


Recebido em: 20/04/2022


Aceito em: 22/04/2022

 10.46420/9786558722694cap4

Kátia Cristina da Silva¹ 

Michele dos Santos Leite² 

Diógenes Martins Bardivesso¹ 

Alan Mario Zuffo³ 

Fábio Steiner^{1*} 

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) com uma área plantada de cerca de 8,48 milhões de hectares e produção de 568 milhões de toneladas de colmos produzidos na safra 2021/2022 (Conab, 2022). A produtividade brasileira estimada na safra 2021/2022 foi de 68,8 Mg ha⁻¹, considerada baixa quando comparada com o potencial de produção da cultura que é superior à 200 Mg ha⁻¹ (Santos; Borém, 2013). A ocorrência de adversidades climáticas, especialmente a deficiência hídrica tem sido apontada como um dos principais fatores que contribuem para a baixa produtividade da cultura no Brasil (Silva et al., 2008; Pincelli; Silva, 2012).

A frequência e a intensidade da deficiência hídrica constituem os fatores mais importantes à limitação do crescimento das plantas e da produção da cana-de-açúcar. Na região do Cerrado, a ocorrência de deficiência hídrica tem sido frequente e as perdas, na produtividade de colmos podem chegar à 70% em alguns anos (Marin et al., 2013). Portanto, estudos que visam identificar variedades com maior tolerância à seca são importantes para impulsionar a produção agrícola em regiões com ocorrência de deficiência hídrica, como a região do Cerrado.

A restrição hídrica afeta diversos processos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos nas plantas, e as respostas das plantas de cana-de-açúcar à restrição hídrica dependem do genótipo, do estágio de desenvolvimento da planta, da severidade e da duração da restrição hídrica, dentre outros fatores ambientais (Pincelli; Silva, 2012; Vieira et al., 2014). Plantas expostas às condições de deficiência hídrica possuem redução da condutância estomática, da taxa de transpiração, da área foliar, da taxa fotossintética,

¹ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. MS 306, km 6.4, CEP 795400-000, Cassilândia, MS, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Rod. Graziela Maciel Barroso, km 12, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil.

³ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Praça Gonçalves Dias, s/n, Centro, CEP 65800-000, Balsas, MA, Brasil.

* Autor correspondente: steiner@uems.br

redução da taxa de crescimento relativo (Silva et al., 2007; Silva et al., 2008; Patané et al., 2013; Naghavi et al., 2013; Vieira et al., 2014), além, de modificações na atividade das enzimas do metabolismo do nitrogênio e carbono e mudanças nos níveis de antioxidantes (Flexas et al., 2006).

Algumas destas respostas fazem parte de estratégias que visam reduzir os efeitos adversos da deficiência hídrica, constituindo, portanto, mecanismos de tolerância à seca. De acordo com Nepomuceno et al. (2001), a identificação e a compreensão dos mecanismos de tolerância à seca são fatores fundamentais para o desenvolvimento de novas variedades comerciais com maior tolerância à deficiência hídrica.

As variedades de cana-de-açúcar podem possuir mecanismos diferenciados de tolerância à seca. Estes mecanismos visam manter o crescimento e o desenvolvimento das plantas em condições de baixa disponibilidade de água no solo. As principais características para tolerância à seca das variedades estão relacionadas à eficiência do uso da água pelas plantas, à redução na área foliar, à redução da altura das plantas e à capacidade das raízes em explorar camadas mais profundas do solo (Pincelli; Silva, 2012; Ferreira et al., 2017).

Diferenças genéticas na tolerância à seca têm sido reportadas em variedades brasileiras de cana-de-açúcar (Silvério et al., 2017), o que pode ser útil na identificação de genótipos mais adaptados ao cultivo em regiões com longos períodos de restrição hídrica durante o ano. No entanto, a identificação de genótipos tolerantes à seca não é uma tarefa fácil devido ao fato de ocorrer fortes interações entre genótipos e ambiente, além do conhecimento restrito a respeito da função e do papel dos mecanismos de tolerância (Naghavi et al., 2013).

Este estudo foi conduzido com o objetivo de verificar as alterações morfológicas de treze variedades de cana-de-açúcar quando cultivadas sob níveis de deficiência hídrica moderada e severa.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em condições de casa de vegetação na Estação Experimental Agronômica na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, em Cassilândia, MS (19°05'30" S; 51°48'50" W e altitude média de 540 m), no período de novembro de 2018 a abril de 2019. As condições ambientais no interior da casa de vegetação durante a condução do experimento foram de 26 °C (\pm 2 °C) de temperatura média do ar e 68% (\pm 6%) à umidade relativa do ar. Foram utilizados vasos plásticos com 12 dm³ de capacidade, preenchidos com 11 dm³ de solo arenoso peneirado em malha de 5,0 mm, proveniente da camada superficial de 0,0–0,20 m de um Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico – NQo (Santos et al., 2018), coletado em uma área de pastagem nativa sem histórico de cultivo agrícola. As principais características químicas do solo foram as seguintes: pH (CaCl₂) = 4,6, matéria orgânica = 14 g dm⁻³, P (Mehlich⁻¹) = 7,8 mg dm⁻³, K⁺ = 0,16 cmol_c dm⁻³, Ca²⁺ = 1,50 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 0,50 cmol_c dm⁻³, H⁺ + Al³⁺ = 3,60 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0,25 cmol_c dm⁻³, CTC = 5,80 cmol_c dm⁻³ e 38% de saturação

por bases. Todas as análises químicas foram efetuadas seguindo indicações de Teixeira et al. (2017). A capacidade de retenção de água do solo sob condições de drenagem livre foi mensurada usando a taxa de decréscimo do teor de água de $0,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ como sugerido por Casaroli e Lier (2008), e o valor da capacidade máxima do solo em reter água foi de 210 g kg^{-1} .

A correção da acidez do solo foi realizada com a aplicação de $1,10 \text{ g}$ de calcário por dm^3 de solo (CaO: 38%; MgO: 11%; PRNT: 85%; e, PN: 62%), visando elevar a saturação por base do solo a 70% (Sousa & Lobato, 2004). Após a aplicação do calcário, o solo foi homogeneizado, umedecido até alcançar 80% da capacidade de retenção de água, e incubado por 30 dias. Decorrido esse período, o solo foi fertilizado com 50 mg dm^{-3} de N (ureia), 250 mg dm^{-3} de P (superfosfato simples), 100 mg dm^{-3} de K (cloreto de potássio), 15 mg dm^{-3} de S (gesso agrícola), 2 mg dm^{-3} de Cu (sulfato de cobre), 2 mg dm^{-3} de Zn (sulfato de zinco), 1 mg dm^{-3} de Mo (molibdato de amônio) e 1 mg dm^{-3} de B (ácido bórico), seguindo as recomendações de Novais et al. (1991) para ensaios em vasos sob condições de casa de vegetação. Aos 30 e 60 dias após o transplântio das mudas de cana-de-açúcar também foram aplicados 50 mg dm^{-3} de N em cobertura na forma de ureia (45% de N).

Tabela 1. Principais características agrônômicas das 13 variedades de cana-de-açúcar utilizadas no estudo.

Variedade	Exigência em ambientes	Velocidade de crescimento	Potencial de perfilhamento	Porte
CTC2	Média-Alta restrição	Rápido	Alto	Alto
CTC4	Alta-Média restrição	Regular	Médio	Alto
IACSP95-5000	Alta restrição	Regular	Médio	Médio
RB825336	Baixa restrição	Regular	Alto	Médio
RB835054	Média-Alta restrição	Lento	Médio	Médio
RB855035	Baixa-Média restrição	Regular	Médio	Médio
RB855156	Baixa-Média restrição	Rápida	Médio	Médio
RB855453	Alta restrição	Regular	Médio	Médio
RB855536	Alta restrição	Regular	Médio	Médio
RB867515	Média restrição	Rápido	Médio	Alto
RB965902	Média restrição	Rápido	Alto	Alto
RB966928	Média restrição	Rápido	Alto	Médio
SP80-1842	Alta restrição	Lento	Médio	Médio

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial 3×13 , com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por três níveis de manejo da irrigação [100% da capacidade de retenção de água do solo (controle), 50% do controle (estresse moderado) e 25% do controle (estresse severo)] e por treze variedades de cana-de-açúcar (Tabela 1). Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico de 12 L contendo uma planta, perfazendo um total de 117 vasos.

Os minirrebolos (segmentos de colmos com gemas individualizadas) de 3,0 cm de comprimento utilizados para a produção das mudas pré-brotadas foram extraídos de colmos-sementes provenientes de um viveiro de multiplicação de 10 meses de idade das treze variedades de cana-de-açúcar, localizado na Estação Experimental Agronômica, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, em Cassilândia (MS). As mudas pré-brotadas foram produzidas em caixas plásticas ($42 \times 28 \times 6$ cm), preenchidas com substrato comercial (Carolina Soil[®]), como mostrado da Figura 1.

O transplântio das mudas pré-brotadas (MPB) das variedades de cana-de-açúcar para os vasos plásticos foi realizado aos 18 dias após a brotação (Figura 2).



Figura 1. Ilustração do plantio dos minirrebolos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em bandejas plásticas contendo substrato comercial para a produção das mudas pré-brotadas (MPB). UEMS/Cassilândia (MS). Fotos: F. Steiner, 2019.

Após o transplântio as plantas foram mantidas em condições controladas de casa de vegetação por um período total de 100 dias. Durante os primeiros 65 dias, todos os tratamentos foram diariamente irrigados para manter o conteúdo de água próximo a 100% da capacidade de retenção de água do solo (Figura 3). Posteriormente, a imposição da restrição hídrica (50% e 25% da capacidade de retenção de água do solo) foi realizada por um período de 35 dias. O conteúdo de água no solo foi monitorado

diariamente nos períodos da manhã e da tarde (9:00 e 15:00 horas) com o sensor Three-way Meter, instalado no centro dos vasos de cada tratamento, na profundidade de 12 cm.



Figura 2. Ilustração das plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) aos 10 dias após o transplante das mudas pré-brotadas (MPB) para os vasos plásticos de 12 L. UEMS/Cassilândia (MS). Fotos: F. Steiner, 2019.



Figura 3. Ilustração do crescimento das plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) aos 65 dias após o transplante das mudas pré-brotadas (MPB) e mantidas em condições de casa de vegetação com irrigação para manter a umidade do solo em 100% da capacidade de retenção de água do solo. UEMS/Cassilândia. Fotos: F. Steiner, 2019.

Após os 35 dias de exposição à deficiência hídrica, as plantas foram retiradas dos vasos, e as raízes lavadas em água corrente sobre peneiras com malha de 1,0 mm, para remoção do solo. Em seguida, foram mensuradas as seguintes características morfológicas: altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas por planta (NFP), número de perfilhos por planta (NPP), área foliar (AF), volume radicular (VR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST). A razão parte aérea/raiz (MSPA/MSR) foi calculada dividindo-se a matéria seca da parte aérea pela massa seca do sistema radicular.

A altura de planta (AP), em centímetros, foi determinada a partir do nível do solo até a altura de inserção da folha +1 (sistema de numeração de Kuijper), utilizando uma fita métrica. O diâmetro do colmo (DC), em milímetros, foi mensurado na base do colmo principal, utilizando um paquímetro digital. O número de folhas por perfilho foi obtido por meio da divisão do número total de folhas computadas pelo número de perfilhos.

A área foliar (AF, em dm^2) foi mensurada seguindo metodologia proposta por Benincasa (2003), com modificações. Após a separação de todas as folhas das plantas, foram retirados 10 discos foliares de área conhecida ($15,0 \text{ cm}^2$), que foi considerada a área foliar da amostra (AF_{Amostra}). Em seguida, após a secagem em estufa à $65 \text{ }^\circ\text{C}$, por 72 horas, foi determinada a massa seca da amostra (MS_{Amostra}) e a massa de matéria seca das folhas (MSF). A área foliar total (AF) foi obtida por meio da seguinte equação: $AF = [(AF_{\text{Amostra}} \times MSF) / MS_{\text{Amostra}}] / 100$. O volume radicular (VR, em cm^3) foi determinado pelo método de deslocamento de água, utilizando uma proveta de volume conhecido de água (1.000 mL) graduada em mililitros (mL).

A determinação da massa de matéria seca da parte aérea (folhas + colmos) e das raízes foi realizada após a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar à $65 \text{ }^\circ\text{C}$, por 72 horas, e os resultados expressos em g/planta. A matéria seca total (MST) foi obtida pela soma de todas as partes da planta (folhas, colmos e raízes).

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos níveis de deficiência hídrica e das variedades de cana-de-açúcar foram comparadas, respectivamente, pelos testes t (LSD) e Scott-Knott, ambos ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico Sisvar[®] versão 5.6 para Windows (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância reportou efeitos significativos ($p \leq 0,05$) da interação entre os fatores variedades de cana-de-açúcar e nível de deficiência hídrica para a maioria das características morfológicas das plantas, exceto para altura de planta, diâmetro do colmo e número de perfilhos. A existência de interação significativa para a maioria das características morfológicas das plantas indica que as variedades de cana-de-açúcar possuem respostas distintas quando são expostas à níveis de deficiência hídrica.

Tabela 2. Efeito dos níveis de deficiência hídrica na altura de planta, diâmetro do colmo e número de perfilhos por planta para as 13 variedades de cana-de-açúcar. UEMS/Cassilândia, 2019/2020.

Variedade	Nível de deficiência hídrica			Média
	Controle (100% CRA)	Moderada (50% CRA)	Severa (25% CRA)	
Altura de planta (cm)				
CTC2	107,0	77,7	76,0	86,9 b
CTC4	95,0	75,7	69,0	79,9 c
IACSP95-5000	71,3	47,0	45,7	54,7 e
RB825336	87,7	71,0	57,3	72,0 d
RB835054	77,3	58,3	62,0	65,9 d
RB855035	106,3	94,7	84,7	95,2 a
RB855156	92,0	71,3	61,3	74,9 c
RB855453	94,0	68,3	66,7	76,3 c
RB855536	81,3	57,7	50,0	63,0 d
RB867515	95,0	80,3	65,7	80,3 c
RB965902	89,0	84,3	64,0	79,1 c
RB966928	110,7	92,0	76,6	93,1 a
SP80-1842	91,3	85,0	80,3	85,6 b
Média	92,1 A	74,1 B	66,1 C	
Diâmetro do colmo (mm)				
CTC2	20,6	19,3	17,7	19,2 c
CTC4	19,9	20,4	18,6	19,6 c
IACSP95-5000	20,3	19,7	19,2	19,8 c
RB825336	19,5	20,1	19,5	19,7 c
RB835054	22,1	21,2	20,2	21,1 b
RB855035	19,3	19,5	20,0	19,6 c
RB855156	21,3	21,6	19,3	20,7 b
RB855453	26,3	24,1	22,2	24,2 a
RB855536	20,5	19,5	19,3	19,7 c

Pesquisas agrárias e ambientais: Volume X

RB867515	24,8	24,1	23,1	24,0 a
RB965902	21,0	22,6	19,9	21,2 b
RB966928	22,0	21,0	21,3	21,4 b
SP80-1842	19,4	19,0	18,9	19,1 c

Média	21,3 A	20,9 A	19,9 B	
-------	--------	--------	--------	--

Número de perfilhos por planta

CTC2	10,33	11,00	8,33	9,89 a
CTC4	8,67	8,33	8,33	8,44 b
IACSP95-5000	7,00	7,33	7,33	7,22 c
RB825336	9,00	9,33	6,67	7,78 b
RB835054	5,33	5,00	6,00	5,44 d
RB855035	8,33	7,67	7,33	7,78 b
RB855156	6,67	7,00	6,67	6,78 c
RB855453	5,33	6,00	5,67	5,67 d
RB855536	7,00	7,67	7,33	7,89 b
RB867515	6,00	5,33	6,67	6,00 d
RB965902	7,33	6,00	7,33	6,89 c
RB966928	5,67	8,33	7,33	7,11 c
SP80-1842	8,00	7,33	5,67	7,00 c

Média	7,28 A	7,41 A	6,97 A	
-------	--------	--------	--------	--

Média seguida pela mesma letra maiúscula na linha para os níveis de deficiência hídrica, e letra minúscula na coluna para as variedades de cana-de-açúcar não diferem, respectivamente, pelo teste t (LSD) e teste Scott-Knott, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

A altura de planta foi maior nas variedades RB855035 e RB965902, e menor na variedade de cana-de-açúcar IACSP95-5000 (Tabela 2). O diâmetro de colmo foi maior nas variedades RB855453 e RB867515, e menor nas variedades de cana-de-açúcar CTC2, CTC4, IACSP95-5000, RB825336, RB855035, RB855536 e SP801842 (Tabela 2). O NPP foi maior na variedade CTC2, seguida das variedades CTC4, RB825336, RB855035 e RB855536, e menor potencial de perfilhamento nas variedades RB835054, RB855453 e RB867515 (Tabela 2). Essas diferenças entre as variedades de cana-de-açúcar para as principais características de crescimento e desenvolvimento das plantas podem ser devido a característica e a variabilidade genética dos genótipos de cana-de-açúcar utilizados neste estudo. A altura de planta, o diâmetro do colmo e o potencial de perfilhamento de uma variedade de cana-de-açúcar são

características morfológicas determinadas pela característica genética do genótipo, e afetadas pelas condições edafoclimáticas do ambiente de cultivo (Inman-Bamber; Smith, 2005).

Os níveis de deficiência hídrica afetaram a altura e o diâmetro do colmo das plantas de cana-de-açúcar, ao passo que o número de perfilhos por planta não foi influenciado pelos níveis de deficiência hídrica (Tabela 2). A exposição das plantas de cana-de-açúcar aos níveis de deficiência hídrica resultou no menor crescimento em altura e em diâmetro das plantas, especialmente em condições de restrição hídrica severa. O nível de deficiência hídrica moderada e severa resultou na redução média de 19% e 28% na altura das plantas, respectivamente, quando comparado às plantas em condições controle. Por sua vez, as plantas expostas à restrição hídrica severa tiveram, em média, redução de 6% no diâmetro do colmo quando comparadas às plantas em condições controle. Estes resultados indicam que a menor disponibilidade de água no solo limitou o crescimento das plantas de cana-de-açúcar. Resultados semelhantes foram relatados por Maia-Júnior et al. (2018), os quais constataram que a altura das plantas de cana-de-açúcar foi reduzida em 38% quando expostas às condições de restrição hídrica severa.

A deficiência hídrica é um importante estresse abiótico que por alterar diversos processos metabólicos da planta, afeta diretamente o seu crescimento e desenvolvimento. Segundo Inman-Bamber e Smith (2005), a altura da planta é uma característica morfológica altamente sensível à restrição hídrica por ser o crescimento o resultado da divisão e do alongamento celular, levando a redução da assimilação do CO₂ e desenvolvimento da planta (Taiz et al., 2017).

Efeitos negativos da restrição hídrica no crescimento das plantas de cana-de-açúcar também foram reportados por Batista et al. (2015), os quais avaliando os efeitos da deficiência hídrica nas características morfológicas das variedades RB92579, RB855453, RB867515 e RB928064, verificaram redução de até 60% na altura e de até 25% no diâmetro do colmo das plantas expostas à restrição hídrica severa. Avaliando o crescimento das variedades de cana-de-açúcar RB835486 e RB867515 em duas condições de disponibilidade hídrica, Macêdo et al. (2012) também constataram que a deficiência hídrica resultou no menor diâmetro dos colmos. No entanto, Oliveira et al. (2010) afirmaram que a restrição hídrica tem pouco efeito em modificar a espessura do diâmetro dos colmos de cana-de-açúcar, principalmente porque esta característica morfológica tem maior influência do material genético do que das condições ambientais de cultivo.

No entanto, o maior ou menor impacto negativo da deficiência hídrica no crescimento em altura das plantas de cana-de-açúcar é determinado pela característica genética de tolerância do genótipo à condição de restrição hídrica (Silva et al., 2008; Machado et al., 2009). Avaliando o desenvolvimento de 25 variedades de cana-de-açúcar em diferentes níveis de deficiência hídrica, Silva et al. (2008) reportaram que apenas dez genótipos de cana-de-açúcar foram considerados tolerantes ao avaliar a altura sob condições de baixa disponibilidade de água do solo. Estes autores também reportaram as diferenças na

altura das plantas quando cultivadas sob condições de restrição hídrica podem ser um indicativo de tolerância e/ou suscetibilidade da variedade de cana-de-açúcar.

O potencial de perfilhamento das plantas de cana-de-açúcar não foi influenciado pelas condições de deficiência hídrica moderada e severa (Tabela 2). Resultados contrários foram reportados por Oliveira et al. (2010), os quais avaliando as características morfológicas de 11 variedades de cana-de-açúcar sob condições de restrição hídrica, constataram que a taxa de perfilhamento da maioria das variedades de cana-de-açúcar foi limitado pela menor disponibilidade de água do solo. De modo similar, avaliando o potencial de produção de 78 genótipos de cana-de-açúcar sob condições de restrição hídrica, Silva et al. (2008) reportaram redução de 16% no número de perfilhos por planta.

Considerando que a deficiência hídrica pode ocorrer durante todo o ciclo da cultura, os efeitos adversos da restrição hídrica na produtividade de colmos estão diretamente relacionados com o estágio de desenvolvimento da planta (Oliveira et al., 2016), com a intensidade e duração da restrição hídrica (verânico ou seca prolongada) e com velocidade de exposição da restrição hídrica (Silva et al., 2007; Silva et al., 2008). A cultura da cana-de-açúcar é, particularmente, suscetível à deficiência hídrica durante a fase de brotação e estabelecimento das plantas e na fase de perfilhamento, período compreendido do plantio até os 90-120 dias (Oliveira et al., 2016). A ocorrência de deficiência hídrica durante estas fases iniciais de desenvolvimento pode acarretar redução da condutância estomática, da taxa de fotossíntese, e menor potencial de perfilhamento e menor altura de planta (Zhao et al., 2010), podendo ocorrer perdas significativas de produção de colmos, dependendo da duração e intensidade da restrição hídrica (Silva et al., 2008). Segundo Landell & Silva (2004), as principais características morfológicas que possuem efeito direto no potencial de produção da cultura são altura de planta, diâmetro de colmo e número de perfilhos.

Os resultados para o número de folhas por perfilho, área foliar e volume radicular das variedades de cana-de-açúcar em função dos níveis de deficiência hídrica são mostrados na Tabela 3. Em condições controle sem restrição hídrica, o número de folhas variou de 7,25 a 9,28 folhas por perfilho, sendo maior nas variedades RB835054, RB855035, RB855453, RB867515, RB965902 e RB 966928. Em condições de deficiência hídrica moderada, o número de folhas foi maior nas variedades RB835054, RB855453 e RB867515, e menor nas variedades CTC2, RB825336, RB855536 e RB966928.

Por sua vez, quando as plantas foram expostas à deficiência hídrica severa, as variedades RB825336, RB855156, RB855453 e SP80-1842 tiveram maior número de folhas por perfilho quando comparado as demais variedades de cana-de-açúcar (Tabela 3). Ao comparar as variedades de cana-de-açúcar nas diferentes condições de disponibilidade hídrica, constatou que as variedades CTC4, IACSP95-5000, RB855156 e SP80-1842 apresentaram maior quantidade de folhas por perfilho em todos os ambientes de cultivo, ao passo que para as demais variedades de cana-de-açúcar o número de folhas por perfilho foi reduzido com os níveis de restrição hídrica (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito dos níveis de deficiência hídrica no número de folhas, área foliar e volume radicular das 13 variedades de cana-de-açúcar. UEMS/Cassilândia, 2019/2020.

Variedade	Nível de deficiência hídrica			Média
	Controle	Moderada	Severa	
	(100% CRA)	(50% CRA)	(25% CRA)	
Número de folhas por perfilho				
CTC2	7,74 bA	6,82 cB	6,40 cB	6,99
CTC4	7,31 bA	7,32 bA	6,72 cA	7,12
IACSP95-5000	7,81 bA	7,95 bA	7,50 bA	7,75
RB825336	7,63 bA	6,74 cB	7,80 aA	7,39
RB835054	8,44 aA	8,93 aA	7,28 bB	8,22
RB855035	8,48 aA	7,65 bB	6,36 cC	7,50
RB855156	8,70 bA	7,86 bA	8,00 aA	8,19
RB855453	9,25 aA	8,39 aB	8,76 aB	8,80
RB855536	8,10 bA	6,07 cC	7,59 bB	7,25
RB867515	9,28 aA	8,75 aA	7,15 bB	8,39
RB965902	8,45 aA	8,17 aA	6,95 bB	7,86
RB966928	9,00 aA	6,24 cC	7,55 bB	7,60
SP80-1842	7,25 bA	7,23 bA	7,82 aA	7,43
Média	8,26	7,55	7,38	
Área foliar (dm²/planta)				
CTC2	89,6 aA	57,9 cB	54,8 aB	67,4
CTC4	55,3 dA	50,5 cA	40,4 bB	48,4
IACSP95-5000	87,7 aA	71,2 aB	54,7 aC	71,2
RB825336	77,5 bA	61,6 bB	55,3 aB	64,8
RB835054	75,1 bA	57,4 cB	54,4 aB	62,3
RB855035	84,7 aA	79,9 aA	48,4 aB	70,7
RB855156	87,4 aA	56,5 cB	48,9 aB	64,2
RB855453	65,5 cA	64,6 bA	49,1 aB	59,7
RB855536	57,4 dA	60,9 bA	45,6 aB	54,6
RB867515	78,3 bA	52,8 cB	47,6 aB	59,6

Pesquisas agrárias e ambientais: Volume X

RB965902	66,2 cA	49,5 cB	41,7 bB	52,5
RB966928	54,2 dA	49,2 cA	40,4 bA	47,9
SP80-1842	54,5 dA	48,2 cA	30,6 bB	44,4

Média	71,7	58,4	47,1	
-------	------	------	------	--

Volume radicular (cm³/planta)

CTC2	543,3 aA	500,0 aA	340,0 bB	461,1
CTC4	546,7 aA	453,3 aB	350,0 bC	450,0
IACSP95-5000	496,7 bA	453,3 aA	420,0 aA	456,7
RB825336	560,0 aA	410,0 bB	340,0 bB	436,7
RB835054	543,3 aA	480,0 aB	386,7 aC	470,0
RB855035	586,7 aA	523,3 aA	420,0 aB	510,0
RB855156	566,7 aA	340,0 bB	286,7 bB	397,8
RB855453	433,3 bA	365,3 bB	339,7 bB	379,4
RB855536	606,7 aA	433,3 aB	406,7 aB	482,2
RB867515	580,0 aA	493,3 aA	363,3 bB	478,0
RB965902	630,0 aA	445,0 aB	413,3 aB	496,1
RB966928	520,0 bA	376,7 bB	363,3 bB	420,0
SP80-1842	506,7 bA	413,3 bB	343,3 bB	421,1

Média	547,7	437,7	367,0	
-------	-------	-------	-------	--

Média seguida pela mesma letra maiúscula na linha para os níveis de deficiência hídrica, e letra minúscula na coluna para as variedades de cana-de-açúcar não diferem, respectivamente, pelo teste t (LSD) e teste Scott-Knott, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

O menor número de folha por perfilho em variedades de cana-de-açúcar expostas às condições de deficiência hídrica também foi reportado por Pincelli e Silva (2012). Avaliando o crescimento das variedades RB855453, RB92579, RB965902 e RB965917 em condições controle e de restrição hídrica, Holanda et al. (2014) verificaram que as variedades RB855453 e RB92579 tiveram maior redução no número de folhas por perfilho em condições de deficiência hídrica moderada. A redução da taxa de emissão de folhas em condições de deficiência hídrica tem sido considerada estratégia da planta para reduzir a taxa de transpiração e com isso reduzir o gasto metabólico (Inman-Bamber & Smith, 2005; Inman-Bamber et al., 2008), no entanto, esta estratégia está condicionada à reposição que é específica do genótipo (Smit; Singels, 2006). A redução do número de folhas tem sido resposta das plantas de cana-de-açúcar para garantir a sua sobrevivência a períodos relativamente longo de escassez de água no solo.

Em condições controle sem restrição hídrica, a área foliar foi maior nas variedades CTC2, IACSP95-5000, RB855035 e RB855156, e menor nas variedades CTC4, RB855536, RB966928 e SP80-1842 (Tabela 3). Quando as plantas foram expostas à deficiência hídrica moderada, a área foliar foi maior nas variedades IACSP95-5000 e RB855035, ao passo que a menor área foliar foi obtida nas variedades CTC2, CTC4, RB835054, RB855156, RB867515, RB965902, RB966928 e SP80-1842. Em condições de deficiência hídrica severa, a área foliar das variedades CTC2, IACSP95-5000, RB825336, RB835054, RB855035, RB855156, RB855453, RB855536, RB867515 foi maior quando comparado às demais variedades de cana-de-açúcar (Tabela 3). Ao comparar as variedades de cana-de-açúcar dentro dos níveis de deficiência hídrica pode-se verificar que as variedades IACSP95-5000 e RB855035 apresentaram maior área foliar em todos os ambientes de cultivo, indicando uma possível tolerância dessas variedades de manter seu desenvolvimento mesmo em condições de baixa disponibilidade de água no solo.

Maia-Júnior et al. (2018) avaliaram o efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento das variedades RB72910, RB99382, RB72454, RB92579, RB855536 e RB931011, e constataram redução de 44% na área foliar quando as plantas foram expostas às condições de deficiência hídrica severa. A redução da área foliar em plantas de cana-de-açúcar submetida à restrição hídrica tem sido relatada por diversos autores (Pincelli; Silva, 2012; Holanda et al. 2014; Rodolfo-Júnior et al. 2018). A menor área foliar resulta na diminuição da interceptação da radiação solar (Santos; Carlesso, 1998), reduzindo a taxa de transpiração, a taxa fotossintética e iniciação da senescência e abscisão das folhas (Taiz et al., 2017).

O volume radicular das variedades CTC2, CTC4, RB825336, RB835054, RB855035, RB855156, RB855536, RB867515 e RB965902 foi maior quando comparado às demais variedades de cana-de-açúcar em condições controle sem restrição hídrica (Tabela 4). Em condições de deficiência hídrica moderada, o volume radicular foi maior nas variedades CTC2, CTC4, IACSP95-5000, RB835054, RB855035, RB855536, RB867515 e RB965902 quando comparado às demais variedades. Quando as plantas foram expostas à deficiência hídrica severa, o volume radicular foi maior nas variedades IACSP95-5000, RB835054, RB855035, RB855536 e RB965902 (Tabela 4).

As variedades RB835054, RB855035, RB855536 e RB965902 apresentaram maior quantidade de volume radicular em todas as condições de disponibilidade hídrica do solo (Tabela 3). Khonghintaiong et al. (2018) afirmaram que em condições de deficiência hídrica as plantas de cana-de-açúcar utilizam alguns mecanismos de resistência para se adaptar as condições de baixa disponibilidade hídrica, e o maior volume do sistema radicular é um desses mecanismos de adaptação para permitir que as plantas possam absorver água em camadas mais profundas do solo. O maior volume do sistema radicular aumenta a área superficial de contato das raízes com o solo e por isso pode absorver mais água. Além disso, em períodos de escassez de água há maior expansão das raízes para explorar o perfil do solo em busca de umidade (Santos; Carlesso, 1998).

As características de desenvolvimento das raízes são relevantes para identificar variedades com maior capacidade de adaptação às condições de deficiência hídrica. Na cultura da cana-de-açúcar, o desenvolvimento de raízes profundas pode ser utilizado como critério de seleção de genótipos tolerantes a deficiência hídrica (Lakshmanan et al., 2005). Endres et al. (2010) afirmaram que tolerância de genótipos de cana-de-açúcar à restrição hídrica está diretamente associada a maior densidade das raízes, por garantir a absorção de água e de nutrientes e melhorar o desenvolvimento das plantas em condições de restrição hídrica.

Os resultados reportaram efeito significativo ($P < 0,05$) para a interação entre os fatores variedades de cana-de-açúcar e nível de deficiência hídrica para a produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e total (Tabela 4). Em condições controle sem restrição hídrica, a matéria seca da parte aérea variou de 246,6 a 129,0 g/planta, e foi maior nas variedades RB855035, RB855453 e SP80-1842, e menor nas variedades IACSP95-5000, RB855536 e RB867515. Quando as plantas foram expostas à deficiência hídrica moderada, a matéria seca da parte aérea variou de 88,6 a 196,2 g/planta, e foi maior nas variedades RB855035 e RB965902, enquanto a menor matéria seca da parte aérea foi obtida na variedade RB855536. Em condições de deficiência hídrica severa, a matéria seca da parte aérea variou de 147,8 a 77,4 g/planta, e foi maior na variedade RB966928, e menor nas variedades de cana-de-açúcar CTC4, IACSP95-5000, RB825336, RB855536, RB965902 e SP80-1842 (Tabela 4).

A exposição das plantas aos níveis de deficiência hídrica resultou na menor produção de matéria seca em todas as variedades de cana-de-açúcar. O nível de deficiência hídrica moderada e severa resultou na redução, média, de 16% e 43% na produção da matéria seca da parte aérea das plantas, respectivamente, quando comparado às plantas em condições controle. Pincelli & Silva (2012) também reportaram menor produção de matéria seca da parte aérea das plantas de cana-de-açúcar em condições de deficiência hídrica. Holanda et al. (2014) constataram que houve redução de 44,7% na produção da matéria seca da parte aérea das plantas em condições de deficiência hídrica.

A produção de matéria seca das raízes em condições controle sem restrição hídrica foi maior nas variedades RB855536 e RB965902, ao passo que a menor produção de matéria seca das raízes foi obtida nas variedades CTC4, RB855453 e RB966928 (Tabela 4). Quando as plantas foram expostas à restrição hídrica moderada, a maior produção de matéria seca das raízes foi obtida na variedade RB855035, ao passo que as variedades CTC2, CTC4, IACSP95-5000, RB825336, RB855156, RB855453, RB855536, RB965902, RB966928 e SP80-1842 apresentaram menor matéria seca das raízes.

Em condições de deficiência hídrica severa, as variedades RB825336, RB835054, RB855035, RB855536, RB867515 e RB965902 apresentaram maior produção de matéria seca das raízes quando comparado às demais variedades de cana-de-açúcar. As variedades RB855453 e RB966928 não foram influenciadas pelos níveis de restrição hídrica.

Tabela 4. Efeito dos níveis de deficiência hídrica na produção de matéria seca da parte aérea, das raízes e total das 13 variedades de cana-de-açúcar. UEMS/Cassilândia, 2019/2020.

Variedade	Nível de deficiência hídrica			Média
	Controle	Moderada	Severa	
	(100% CRA)	(50% CRA)	(25% CRA)	
Matéria seca da parte aérea (g/planta)				
CTC2	198,6 bA	148,3 cB	121,9 bC	156,3
CTC4	173,6 cA	136,3 cB	85,9 cC	131,9
IACSP95-5000	144,6 dA	129,3 cA	86,2 cB	121,4
RB825336	169,4 cA	138,2 cB	82,8 cC	130,1
RB835054	169,0 cA	159,6 bA	105,2 bB	144,6
RB855035	246,6 aA	190,5 aB	127,5 bC	188,2
RB855156	180,8 cA	176,3 bA	107,2 bB	154,5
RB855453	226,8 aA	174,4 bB	116,7 bC	172,6
RB855536	129,0 dA	88,6 dB	85,6 cB	101,1
RB867515	149,0 dA	145,3 cA	115,4 bB	139,1
RB965902	199,7 bA	196,2 aA	92,9 cB	165,8
RB966928	168,4 cA	169,7 bA	147,8 aB	162,0
SP80-1842	228,2 aA	136,8 cB	77,4 cC	147,5
Média	183,4	152,8	104,0	
Matéria seca das raízes (g/planta)				
CTC2	76,7 cA	72,7 cA	53,7 bB	67,7
CTC4	65,7 dA	56,0 cA	48,0 bB	56,6
IACSP95-5000	80,3 cA	63,0 cB	53,7 bB	65,7
RB825336	86,3 bA	57,7 cB	57,7 aB	67,2
RB835054	78,3 cA	81,7 bA	61,7 aB	73,9
RB855035	95,0 bA	117,3 aB	62,0 aC	91,4
RB855156	88,7 bA	46,0 cB	38,0 bB	57,5
RB855453	59,3 dA	54,0 cA	48,0 bA	53,8
RB855536	100,0 aA	56,7 cB	61,0 aB	72,5
RB867515	84,7 bA	80,0 bA	62,7 aB	75,1

RB965902	112,0 aA	60,3 cB	65,7 aB	79,3
RB966928	68,7 dA	57,7 cA	53,0 bA	59,8
SP80-1842	80,3 cA	52,0 cB	45,7 bB	59,3
Média	82,8	65,6	54,7	

Matéria seca total (g/planta)

CTC2	275,3 cA	221,0 cB	175,5 bC	223,9
CTC4	241,3 dA	190,3 dB	133,9 cC	188,5
IACSP95-5000	229,0 dA	192,3 dB	139,9 cC	187,1
RB825336	255,7 cA	195,8 dB	140,5 cC	197,3
RB835054	246,3 dA	242,2 cA	166,9 bB	218,5
RB855035	341,6 aA	307,8 aB	189,5 aC	279,6
RB855156	266,1 cA	224,8 cB	145,2 cC	212,0
RB855453	286,1 bA	228,4 cB	164,3 bC	226,4
RB855536	229,0 dA	145,3 eB	146,6 cB	173,6
RB867515	233,7 dA	231,7 cA	178,1 bB	214,5
RB965902	311,7 bA	264,9 bB	158,6 cC	245,1
RB966928	229,1 dA	235,4 cA	200,8 aB	221,8
SP80-1842	308,5 bA	188,9 dB	123,1 cC	206,8
Média	265,5	220,8	158,7	

Média seguida pela mesma letra maiúscula na linha para os níveis de deficiência hídrica, e letra minúscula na coluna para as variedades de cana-de-açúcar não diferem, respectivamente, pelo teste t (LSD) e teste Scott-Knott, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

A menor disponibilidade de água no solo pode limitar o crescimento e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e, conseqüentemente, tem-se menor acúmulo de matéria seca das raízes (Machado et al., 2009). As raízes são o primeiro órgão da planta responsável por identificar a condição de baixa disponibilidade hídrica do solo e sinalizar o estresse abiótico às células, tecidos e demais órgãos vegetais (Taiz et al., 2017). A deficiência hídrica ocasiona aumento na síntese de ácido abscísico (ABA) nas raízes, redução da síntese de citocininas e outros hormônios vegetais que são transportados pelo xilema para a parte aérea da planta, alterando o metabolismo fisiológico e químico das plantas, muito antes do que tenha ocorrido redução no conteúdo relativo de água nas folhas (Davies et al., 1990).

A produção de matéria seca total em condições controle sem restrição hídrica foi maior na variedade RB855035, ao passo que a menor produção de matéria seca total foi obtida nas variedades CTC4, IACSP95-5000, RB835054, RB855536, RB867515 e RB966928 (Tabela 4). Em condições de deficiência hídrica moderada, a produção de matéria seca total foi maior na variedade RB855035, e menor na variedade RB855536. Em condições de deficiência hídrica severa, a produção de matéria seca total foi maior nas variedades RB855035 e RB966928, e menor nas variedades CTC4, IACSP95-5000, RB825336, RB855156, RB855536, RB965902 e SP80-1842 (Tabela 4). O menor acúmulo de matéria seca pelas plantas sob condições de restrição hídrica é consequência dos mecanismos de adaptação das plantas para evitar a perda excessiva de água. Em condições de restrição hídrica ocorre diminuição da área foliar, o que reduz a interceptação de radiação solar e reduz a condutância estomática, e consequentemente, tem-se menor assimilação de CO₂ e menor acúmulo de matéria seca (Cavatte et al., 2011).

A altura da planta, área foliar e a produção de matéria seca da parte aérea e total de todas as variedades de cana-de-açúcar foram menores em condições de deficiência hídrica (Tabelas 2, 3 e 4). As plantas expostas à restrição hídrica severa tiveram, em média, redução de 28% na altura de planta, 35% na área foliar, e redução de 43% e 40% na produção de matéria seca da parte aérea e total, respectivamente, quando comparadas às plantas em condições controle. Estes resultados reportam a resposta das plantas de cana-de-açúcar comumente relatada na literatura quando expostas à deficiência hídrica (Silva et al., 2008; Machado et al., 2009). Um dos primeiros processos que é alterado ou afetado em resposta à menor disponibilidade de água no solo é a expansão celular, um processo altamente dependente da turgescência das plantas (Taiz et al., 2017). No entanto, com o avanço da deficiência hídrica, outros processos fisiológicos e bioquímicos da planta são afetados, com efeitos diretos na produção e translocação de fotoassimilados pela planta, redução na taxa de assimilação de carbono e redução da taxa de crescimento relativo (Pinheiro; Chaves, 2011). Como resultado desses efeitos, há uma redução na altura da planta, na área foliar e no acúmulo de matéria seca da parte aérea e das raízes. A redução da área foliar ocorre como uma reação de defesa das plantas à restrição hídrica, reduzindo a taxa de transpiração e, portanto, amenizando a perda de água para a atmosfera (Taiz et al., 2017).

A razão parte aérea/raiz em condições controle sem restrição hídrica variou 1,26 a 3,81, e foi maior na variedade RB855453, e menor na variedade RB855536 (Tabela 5). Em condições de deficiência hídrica moderada, a razão parte aérea/raiz variou de 1,54 e 3,85, e foi maior na variedade RB855156, e menor nas variedades de cana-de-açúcar CTC2, IACSP95-5000, RB835054, RB855035, RB855536 e RB867515. Quando as plantas foram expostas à restrição hídrica severa, a razão parte aérea/raiz variou de 1,41 a 2,83, e foi maior na variedade RB855156, e menor para as variedades CTC4, IACSP95-5000, RB825336, RB835054, RB855035, RB855536, RB867515, RB965902 e SP801842 (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito dos níveis de deficiência hídrica na razão parte aérea/raiz das 13 variedades de cana-de-açúcar. UEMS/Cassilândia, 2019/2020.

Variedade	Nível de deficiência hídrica			Média
	Controle (100% CRA)	Moderada (50% CRA)	Severa (25% CRA)	
CTC2	2,60 bB	2,05 aA	2,26 bAB	2,32
CTC4	2,56 cB	2,53 bB	1,76 aA	2,31
IACSP95-5000	1,83 cA	2,03 aA	1,61 aA	1,86
RB825336	1,93 cB	2,39 bB	1,42 aA	1,95
RB835054	2,18 cA	1,93 aA	1,70 aA	1,96
RB855035	2,59 cB	1,62 aA	2,05 aA	2,11
RB855156	1,99 cA	3,85 dC	2,83 cB	2,93
RB855453	3,81 dC	3,19 cB	2,41 bA	3,17
RB855536	1,26 aA	1,54 aA	1,40 aA	1,44
RB867515	1,76 bA	1,94 aA	1,83 aA	1,88
RB965902	1,73 bA	3,35 cB	1,41 aA	2,27
RB966928	2,31 bA	3,09 cB	2,76 cB	2,76
SP801842	2,83 cB	2,63 bB	1,69 aA	2,41
Média	2,30	2,51	1,96	

Média seguida pela mesma letra maiúscula na linha para os níveis de deficiência hídrica, e letra minúscula na coluna para as variedades de cana-de-açúcar não diferem, respectivamente, pelo teste t (LSD) e teste Scott-Knott, ambos ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: os autores.

As condições de deficiência hídrica resultaram na menor razão matéria seca: raiz das plantas de cana-de-açúcar, especialmente sob restrição hídrica severa (Tabela 5). Esses resultados indicam que houve maior partição de fotoassimilados da parte aérea das plantas para as raízes das plantas expostas a menor disponibilidade de água no solo. O padrão de alocação de matéria seca entre as diferentes estruturas e órgãos das plantas pode ser alterado ao longo do desenvolvimento da planta, especialmente em condições ambientais adversas. No entanto, este padrão de alocação de matéria seca entre as diferentes partes da planta é essencial para a otimização do desenvolvimento da cultura em condições ambientais adversas, especialmente porque o padrão de alocação de fotoassimilados pode afetar a capacidade competitiva e de adaptação das plantas e as suas respostas aos estresses impostos pelo ambiente (Larcher, 2006).

De acordo com Lambers et al. (2008), esses padrões de alocação de matéria seca estão diretamente relacionados à otimização da captação dos recursos mais escassos. Por exemplo, em condições de

adequado suprimento de água no solo as plantas podem investir mais em folhas de modo a aumentar a captação de energia luminosa e aumentar a taxa fotossintética, e consequentemente, aumentar a produção de fotoassimilados, que podem ser translocados para os colmos. Por outro lado, em condições de restrição hídrica, as plantas podem investir mais em raízes de modo a aumentar a captação de água e nutrientes, quando a disponibilidade de água no solo é baixa ou limitada (Lambers et al., 2008).

De forma geral, o maior investimento em raízes quando há menor disponibilidade de água no solo ocorre logo na fase inicial do período de escassez de água, depois que houver a sinalização da redução gradual da disponibilidade de água do solo. Nessa fase, a planta precisa de pleno abastecimento de nutrientes e água para manter seu crescimento e diferenciação (Larcher, 2006).

CONCLUSÃO

As alterações morfológicas das variedades de cana-de-açúcar expostas às condições de restrição hídrica moderada e severa são dependentes do genótipo cultivado. Portanto, as características morfológicas da cana-de-açúcar podem ser utilizadas para diferenciar genótipos com maior ou menor potencial de desenvolvimento quando cultivado em condições de deficiência hídrica.

Sob deficiência hídrica moderada, as variedades com maior potencial de desenvolvimento da parte aérea e das raízes foram CTC2 e RB855035, e sob deficiência hídrica severa foram CTC2, RB855035, RB867515 e RB966928. Portanto, estas variedades são as mais indicadas para serem cultivadas em áreas que estão sujeitas a ocorrência de algum nível de restrição hídrica.

As variedades de cana-de-açúcar CTC4, RB825336 e SP80-1842 possuem menor potencial de desenvolvimento da parte aérea e das raízes em condições de deficiência hídrica moderada e severa, e não devem ser recomendadas para o cultivo em região com ocorrência restrição hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batista ELS et al. (2015) Avaliação do efeito do estresse hídrico no crescimento de cultivares de cana-de-açúcar usando um sistema automático de fertirrigação. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, 35(2): 215-229.
- Benincasa MMP (2003). *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: Funep, 42 p.
- Casaroli D, Lier QJ (2008) Critérios para determinação da capacidade de vaso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1): 59-66.
- Cavatte PC et al. (2011) *A fisiologia dos estresses abióticos. Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos*. Visconde do Rio Branco: Suprema, 79p.

- Conab (2022). Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, Safra 2021/2022. v. 6, n. 3, 58p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: mar. 2022.
- Davies WJ et al. (1990) Sensing of soil water status and the regulation of plant growth and development. *Plant, Cell & Environment*, 13(3): 709-719.
- Endres L et al. (2010) Photosynthesis and water relations in Brazilian sugarcane. *The Open Agriculture Journal*, 4(1): 31-37.
- Ferreira THS et al. (2017) Sugarcane water stress tolerance mechanisms and its implications on developing biotechnology solutions. *Frontiers in Plant Science*, 8:e1077.
- Ferreira DF (2014) Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 38(2): 109-112.
- Flexas J et al. (2006) Decreased rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO₂ concentration. *New Phytologist*, 172(1): 73-82.
- Holanda LA et al. (2014). Variáveis morfológicas da cana-de-açúcar em função do regime hídrico durante o desenvolvimento inicial. *Irriga*, 19(4): 573-584.
- Inman-Bamber NG et al. (2008). Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59(1): 231-240.
- Inman-Bamber NG, Smith DM (2005) Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research*, 92(2): 185-202.
- Khonghintaiong J et al. (2018) Rooting and physiological trait responses to early drought stress of sugarcane cultivars. *Sugar Tech*, 20(3): 396-406.
- Lakshmanan P et al. (2005) Sugarcane biotechnology: the challenges and opportunities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 41(4): 345-363.
- Lambers H et al. (2008) *Plant physiological ecology*. New York: Springer, 345p.
- Landell MGA, Silva MA (2004) As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. *Visão Agrícola*, 1(1): 18-23.
- Larcher W (2006) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Editora Rima, 117p.
- Macêdo GAR et al. (2012) Características agrônômicas e químicas das variedades de cana-de-açúcar RB83-5486 e RB86-7515 sob irrigação e sequeiro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(6): 599-603.
- Machado RS et al. (2009) Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(12): 1575-1582.

- Maia-Júnior SO et al. (2018) Respostas morfológicas e fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar sob estresse hídrico no segundo ciclo de cultivo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12(3): 2661-2672.
- Marin F, Nassif DSP (2013) Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, 17(2): 232-239.
- Naghavi MR et al. (2013) Evaluation of drought tolerance indices for screening some of corn (*Zea mays* L.) cultivars under environmental conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 5(3): 388-393.
- Nepomuceno AL et al. (2001) Tolerância a seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, 23: 12-18.
- Novais RF et al. (1991) Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira AJ, Garrido WE, Araújo JD & Lourenço S (Eds.). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa, p. 189-254.
- Oliveira ECA et al. (2010) Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(9): 951-960.
- Patanè C et al. (2013) Comparative effects of salt and water stress on seed germination and early embryo growth in two cultivars of sweet sorghum. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(1): 30-37.
- Pincelli RP, Silva MA (2012) Alterações morfológicas foliares em cultivares de cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. *Bioscience Journal*, 28(4): 546-556.
- Pinheiro C, Chaves MM (2011) Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *Journal of Experimental Botany*, 62(3): 869-882.
- Rodolfo-Júnior F et al. (2018) Biometric responses of third ratoon sugarcane varieties under variable water regime. *Comunicata Scientiae*, 9(1): 81-92.
- Santos F, Borém A (2013). *Cana-de-açúcar: do plantio à colheita*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 317p.
- Santos HG et al. (2018) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5ª Ed. Brasília: Embrapa, 812p.
- Santos RF, Carlesso R (1998) Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, 2(3): 287-294.
- Silva MA et al. (2008) Agronomic performance of sugarcane families in response to water stress. *Bragantia*, 67(3): 655-661.
- Silva MA et al. (2007) Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(3): 193-201.
- Silva MA et al. (2013) Photosynthetic capacity and water use efficiency in sugarcane genotypes subject to water deficit during early growth phase. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 56(5): 735-748.

- Silvério JM et al. (2017) Drought tolerance of the sugar cane varieties during the initial development. *Australian Journal of Crop Science*, 11(6): 711-715.
- Smit MA, Singels A (2006) The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Research*, 98(1): 91-97.
- Sousa DMG, Lobato E (2004) *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 418p.
- Taiz L et al. (2017) *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto alegre: Artmed, 888p.
- Teixeira Pc et al. (2017) *Manual de métodos de análise de solo*. 3ª ed. Brasília: Embrapa Solos, 573p.
- Vieira EA et al. (2017) Physiological and biochemical changes attenuate the effects of drought on the Cerrado species *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke. *Plant Physiology and Biochemistry*, 115(3): 472-483.
- Zhao D et al. (2010) Sugarcane response to water-deficit stress during early growth on organic and sand soils. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(2): 403-414.

Índice Remissivo

- A**
- água tratada magneticamente, 152, 153, 156, 157, 158, 161, 165, 166, 167, 170, 173, 174
 alface, 169, 170, 172, 173, 174
 amarelecimento, 140
 Angico-amarelo, 145
 arborização urbana, 139
 aroeira, 144
- B**
- baru, 145
 Bignoniaceae, 139
- C**
- cálcio, 139
 cedro doce, 141
 cerejeira, 142
 clorose, 140
 Controle de patógenos, 19
 controle químico, 54
 copaíba, 140
Croton heliotropifolius, 7, 8, 13, 14
 cupuaçuzeiro, 142
- D**
- deficiência de nitrogênio, 140
 desenvolvimento, 161, 165, 166
- E**
- enxofre, 139
 Exigências nutricionais, 144
- F**
- Fertilidade do solo, 108
 fitoterápicas, 145
 Fósforo, 139
- H**
- heatmap, 130, 132, 133, 134, 135
 hortaliças, 160
- I**
- ipê-amarelo, 139
- ipê-roxo, 141
 irrigação, 152, 153, 155, 157, 160, 161, 162, 163, 164, 166
- J**
- jequitibá-branco, 146
- L**
- Lactuca sativa*, 160, 169, 172
 lodo de esgoto, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135
- M**
- macronutrientes, 139
 magnésio, 139
 Mapas de recomendação, 125
 massa seca, 141
 mogno - brasileiro, 146
 Mulungu, 147
- N**
- nitrogênio, 139
 nutriente faltante, 143
- O**
- omissão, 139
 ornamental, 139
- P**
- parasitoide, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61
 paricá, 147
 pequi, 143
 pinhão-manso, 143
 pinheiro do paraná, 139
 potássio, 139
 produção, 170, 174
 produtividade, 152, 158
 propriedade medicinal, 140
- R**
- rábano, 156, 158
 raquitismo, 140
 reflorestamento, 139

S

seletividade, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 63

T

Trichogramma, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

V

Variabilidade espacial, 116

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 69 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 48 organizações de e-books, 32 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br