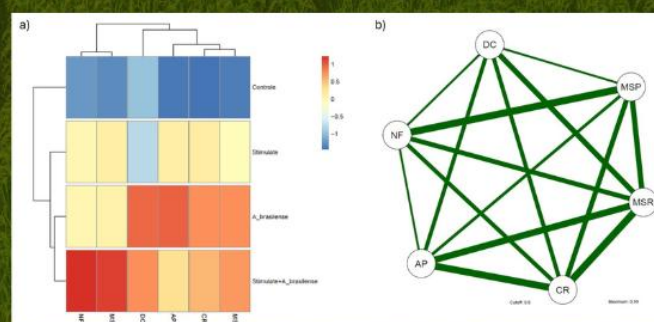
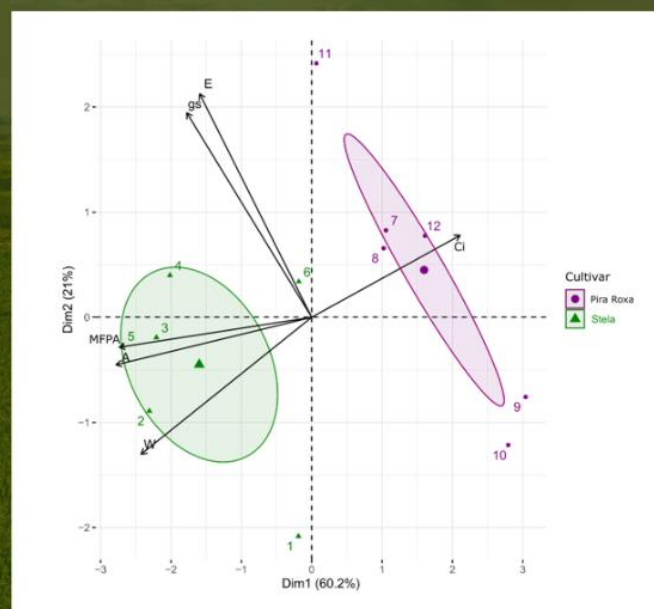


Jorge González Aguilera
Leandris Argente-Mantínez
Alan Mario Zuffo
Bruno Rodrigues de Oliveira
Fábio Steiner

Organizadores

**Análise
Multivariada:
aplicações
nas ciências
biológicas**
Volume I



Jorge González Aguilera
Leandris Argente!-Mantínez
Alan Mario Zuffo
Bruno Rodrigues de Oliveira
Fábio Steiner
Organizadores

Análise multivariada: aplicações nas
ciências biológicas
Volume I



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e 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. Albys 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
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
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. Dra. 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
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
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)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
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
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

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

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

A532

Análise multivariada: aplicações nas ciências biológicas - Volume I / Organização de Jorge González Aguilera, Leandris Argente-Mantínez, Alan Mario Zuffo, et al. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2025. 70p. ; il.

Outros organizadores: Bruno Rodrigues de Oliveira, Fábio Steiner.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-70-9

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756709>

1. Métodos e técnicas em biologia. I. Aguilera, Jorge González (Organizador). II. Argente-Mantínez, Leandris (Organizador). III. Zuffo, Alan Mario (Organizador). IV. Título.

CDD 570.1

Índice para catálogo sistemático

I. Métodos e técnicas em biologia



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

A Editora Pantanal apresenta o e-book “Análise Multivariada: aplicações nas ciências biológicas Volume I”, uma obra que consolida a missão de divulgar conhecimento científico de forma acessível, multidisciplinar e de qualidade. Este volume reúne pesquisas e reflexões atuais das possíveis aplicações das técnicas multivariadas (TM) nas áreas de ciências biológicas, elaboradas por estudantes de mestrado da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS. Os trabalhos incluem resultados aplicados recentemente ao Cerrado Sul-mato-grossense.

Os estudos destacam inicialmente dois capítulos que abordam o controle químico do trips-do-prateamento na cultura do amendoim e como o controle pode ser feito com pulverização foliar ou aplicação no sulco de semeadura com uso de produtos químicos e biológicos. Nestes capítulos se observa que ao empregar TM facilita-se o entendimento dos resultados facilitando a escolha dos melhores tratamentos. Um terceiro capítulo mostra cultivares de alface sendo influenciadas após a aplicação de nicotinamida, piridoxina e *Azospirillum brasilense*. Um quarto capítulo traz resultados relacionados aos efeitos da deficiência hídrica no desenvolvimento do sorgo no Cerrado Sul-mato-grossense. Por último, o capítulo quinto traz a experiência que aborda o desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob aplicação de bioestimulante e *Azospirillum brasilense*.

Os resultados mostrados evidenciam o poder de discriminação que as análises multivariadas têm e como elas podem ser aplicadas em diversas culturas e tratamentos para melhor reconhecer as interações que entre eles surgem ao conduzir um experimento de campo ou condições controladas. Estes achados mostram como o uso de bioinsumos, principalmente *Azospirillum brasilense*, continua sendo uma ferramenta de destaque na agricultura na remediação muitas vezes de estresses abióticos. Esta nova coleção de conteúdo inédito em seu primeiro Volume reafirma o compromisso da Editora Pantanal com a produção e disseminação do conhecimento científico, estimulando práticas inovadoras, sustentáveis e socialmente relevantes. Trata-se de um compromisso constante pela excelência das obras propostas direcionado a estudantes, professores, pesquisadores e todos aqueles que buscam compreender e intervir de forma crítica e transformadora nos desafios contemporâneos nas ciências biológicas e áreas afins.

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Análise multivariada no controle químico do tripses-do-prateamento em pulverização foliar na cultura do amendoim	6
Capítulo 2	15
Controle de tripses-do-prateamento pelo tratamento de sementes ou pulverização no sulco de semeadura do amendoim	15
Capítulo 3	26
Desempenho fisiológico e produtivo de cultivares de alface sob aplicação de nicotinamida, piridoxina e <i>Azospirillum brasilense</i>	26
Capítulo 4	37
Deficiência hídrica afeta o desenvolvimento do sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L.)	37
Capítulo 5	46
Desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob aplicação de bioestimulante e <i>Azospirillum brasilense</i>	46
Capítulo 6	59
Efeito da aplicação de diferentes doses de níquel e nitrogênio no desempenho do gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.)	59
Índice Remissivo	68
Sobre os organizadores	69

Deficiência hídrica afeta o desenvolvimento do sorgo (*Sorghum bicolor* L.)

Recebido em: 29/11/2025

Aceito em: 09/12/2025

 10.46420/9786585756709cap4

Joaquim Tenório Neto 

Murilo Battistuzzi Martins 

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma espécie de provável origem Africana, domesticada pelo homem desde 3.000 a.c., que possui alto valor energético e fácil adaptabilidade a regiões de clima seco e quente, onde não se consegue boa produtividade de grãos e outras forragens (Ribas, 2003). Esta espécie, possui destaque na agricultura mundial, sendo uma das cinco principais culturas implantadas, com maior ênfase para a utilização em alimentação animal (Waquil et al., 2003). Apresenta versatilidade em seu uso, tanto na obtenção de matéria prima para amido, cereais, bebidas, ração, óleos, quanto na produção bioenergéticas de biocombustíveis (Silva, 2019).

Segundo o relatório da Conab, a safra brasileira de sorgo 22/23 foi de 4.788,7 mil t⁻¹, sendo esperadas segundo o 8º relatório de maio da Companhia Nacional de Abastecimento, para a safra 23/24, 4.909,3 mil t⁻¹ do grão (Conab, 2024).

Devido ao seu bom desenvolvimento radicular, extenso e fibroso, torna-se mais eficiente na busca por recursos hídricos e minerais (Magalhães et al., 2003). É uma gramínea adaptada a ambientes secos, possuindo faixa de temperatura ideal de 33°C a 34°C graus, apresentando decréscimo produtivo em temperaturas abaixo de 16°C e acima de 38°C graus (Duarte et al., 2021). Separada em cinco grupos agrônômicos, sendo granífero e forrageiro voltados a alimentação humana e animal, havendo destaque na economia, por conta de sua produção e consumo (Silva, 2019; Landau et al., 2020).

O sorgo granífero apresenta amplo potencial para uso nos cultivos de safrinha na região Centro-Oeste, sendo possível mecanizar as práticas culturais da lavoura. Essa cultura permite, uma maior amplitude da época de semeadura, possibilitando maior flexibilidade na implantação (Pale et al., 2003).

O sorgo cultivado em safrinha pode constar como alternativa, pois é uma espécie tolerante ao estresse hídrico e, de acordo com Stone et al. (1996), é mais eficiente para produção de grãos do que o milho, cultura comumente utilizada no Brasil em plantios de segunda safra. O estresse hídrico tem influência em todas as fases na cultura do sorgo, todavia, a fase em que o estresse hídrico proporciona maior perda de produtividade de grãos é na fase reprodutiva. Com o estresse nessa fase, várias sementes em potencial deixam de ser formadas, seja pelo abortamento ou pelo desenvolvimento insuficiente da

panícula e, mesmo após a fertilização do óvulo, o estresse hídrico compromete o enchimento de grãos (Tardin et al., 2013).

O stress hídrico causa drástica redução no crescimento e rendimento do sorgo (Xiong et al., 2006), prejudicando os processos fisiológicos e metabólicos de seu desenvolvimento (Taiz et al., 2017). Por conter sistema radicular denso e profundo, apresenta capacidade de redução de sua transpiração, por conta do enrolamento foliar e fechamento estomático, reduzindo seu metabolismo durante o período de deficiência hídrica (Reddy et al., 2009).

Por conta de sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas e solos, se destacando como uma cultura versátil e de alto rendimento em diversas regiões do país, a produtividade do sorgo na safra brasileira tem sido objeto de grande interesse e pesquisa nos últimos anos. Sua capacidade de resistir a secas e tolerância a solos de baixa fertilidade o torna uma opção atraente para agricultores em áreas propensas à escassez hídrica.

O presente estudo teve como objetivo avaliar como diferentes níveis de deficiência hídrica afetam o desenvolvimento e a produtividade do sorgo. Para isso, buscou-se analisar variáveis morfológicas e produtivas sob tensões de 10, 20, 40 e 60 kPa, identificar a relação entre o estresse hídrico e o desempenho da cultura, aplicar análises estatísticas para interpretar os efeitos observados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia (UUC), situada no município de Cassilândia (latitude 19°07'21" S, longitude 51°43'15" W e altitude de 516 m). De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima tropical chuvoso do tipo Aw, caracterizado por verão chuvoso e inverno seco, com precipitação inferior a 60 mm durante o inverno. A precipitação e a temperatura médias anuais são de 1.520 mm e 24,1 °C, respectivamente.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, conduzido em ambiente protegido com quatro repetições, sendo avaliados quatro níveis de tensão de água no solo (10, 20, 40 e 60 kPa).

O experimento foi conduzido em Neossolo Quartzarênico de textura arenosa, conforme classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). O solo foi previamente corrigido e adubado, sendo acondicionado em vasos de polietileno com capacidade de 12 litros, contendo 10 kg de solo. A semeadura foi feita com o sorgo granífero cultivar "Brevant 1G100", utilizando-se seis sementes por vaso. Após cerca de uma semana da emergência, realizou-se o raleio, mantendo-se apenas uma plântula por vaso, escolhida por seu vigor e desenvolvimento satisfatório, de modo a garantir uniformidade experimental.

O cultivo foi realizado no período de abril a julho, abrangendo todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, desde a fase vegetativa até a fase reprodutiva e a maturação dos grãos. Os diferentes níveis de

tensão de água no solo (10, 20, 40 e 60 kPa) foram aplicados e mantidos de forma contínua a partir do estabelecimento das plantas após a emergência, estendendo-se ao longo das fases vegetativa e reprodutiva do sorgo.

Os níveis de tensão de água no solo foram determinados por meio da curva de retenção de água, conforme metodologia descrita por Souza (2016), utilizando tensiômetros instalados nos vasos. O solo foi saturado previamente, e a umidade correspondente à capacidade de vaso foi de aproximadamente $0,25 \text{ kg kg}^{-1}$, valor considerado o teor máximo de água que o solo é capaz de reter sem drenagem de água e nutrientes. A variação da umidade foi monitorada pela massa dos vasos e pela tensão correspondente, e a curva de retenção de água foi ajustada segundo o modelo de Van Genuchten (1980).

O monitoramento da umidade do solo foi realizado diariamente com auxílio de uma balança digital. A irrigação foi efetuada manualmente, utilizando-se recipiente graduado, e ajustada conforme a necessidade de cada tratamento, de modo a manter os níveis de tensão hídrica previamente estabelecidos ao longo do ciclo da cultura. Quinze dias antes da colheita, a irrigação foi suspensa em todos os tratamentos, com o objetivo de favorecer a maturação natural dos grãos, prática adotada para assegurar características adequadas à colheita, não sendo considerada como imposição adicional de estresse hídrico experimental.

Na fase de maturação do sorgo, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura total da planta (cm), diâmetro do colmo (mm), comprimento da panícula (cm) e produtividade (kg ha^{-1}). A altura total foi determinada com fita métrica graduada, medindo-se a distância entre a base do colmo e o ápice da planta, e o diâmetro do colmo foi determinado a 1 cm acima do solo, utilizando paquímetro digital. O comprimento da panícula foi medido com fita métrica, da base até o ápice, e a produtividade foi estimada a partir da massa dos grãos após colheita, debulha e correção da umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Rbio (Bhering, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 1, observou-se que ao se elevar o nível de deficiência hídrica (aumento da tensão de água no solo) ocorreu uma redução na altura total e altura, no diâmetro do colmo, no comprimento de panícula e consequentemente na produtividade.

A maior altura total foi de 94,06 cm no tratamento com 10 kPa de tensão de água no solo. Esse resultado pode ser relacionado à maior disponibilidade hídrica para as plantas, uma vez que, nesse tratamento, o solo se encontrava próximo à capacidade de campo, não impondo restrições ao desenvolvimento vegetativo. Em condições de menor estresse, o sorgo consegue expressar plenamente seu potencial de crescimento, favorecido por seu sistema radicular profundo e eficiente na absorção de água, conforme descrito na literatura (Magalhães et al., 2003). Dependendo da duração e intensidade do

estresse hídrico, pode ocorrer comprometimento do crescimento e do desenvolvimento da cultura (Batista, 2018).

Tabela 1. Resultados das variáveis morfológicas de Altura total (cm), Diâmetro do Colmo (mm), Comprimento de Panícula (cm) e Produtividade (kg ha^{-1}). As letras maiúsculas referem-se as médias de níveis de tensão de água no solo (kpa), enquanto as minúsculas as de profundidade de semeadura.

Tratamentos	Altura Total (cm)	Diâmetro do Colmo (mm)	Comprimento de Panícula (cm)	Produtividade (kg ha^{-1})
T1.10Kpa	94.06 A	14.34 A	18.87 A	2274 A
T2.20Kpa	79.31 A	9.64 B	16.25 A	2326 A
T3.40Kpa	41.12 B	9.89 B	5.87 B	184 B
T4.60Kpa	27.5 B	10.42 B	4.23 B	72 B

Contribuem também com os resultados obtidos o estudo de Guedes et al. (2007), que, ao avaliarem linhagens de sorgo granífero quanto à tolerância ao déficit hídrico, observaram médias de altura de 138 cm em condição não irrigada e 142 cm em condição irrigada, evidenciando maior crescimento sob maior disponibilidade hídrica. Nos tratamentos intermediários deste estudo (20 e 40 kPa), que representam estresse hídrico moderado, a redução da altura sugere que, embora o sorgo apresente mecanismos de tolerância, como enrolamento foliar e ajuste osmótico, esses mecanismos priorizam a sobrevivência da planta em detrimento do crescimento vegetativo.

Quanto ao diâmetro do colmo, os diferentes níveis de tensão hídrica (10, 20, 40 e 60 kPa) demonstraram diferença significativa apenas para o tratamento com 10 kPa (Tabela 1), que apresentou o maior valor médio (14,34 mm). Esse resultado confirma que a maior disponibilidade de água favorece o crescimento do colmo. No entanto, observa-se que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos de 20, 40 e 60 kPa, cujos valores variaram de 9,64 a 10,42 mm, comportamento que merece destaque.

Nascimento (2008) obteve resultados semelhantes, observando variabilidade no diâmetro do colmo em função das lâminas de irrigação, com valores de 17,0 mm sob maior disponibilidade hídrica e 12,9 mm sob menor disponibilidade. A ausência de diferença significativa no diâmetro do colmo entre os níveis de estresse moderado e severo (20 a 60 kPa) pode estar associada a mecanismos adaptativos do sorgo, como o uso de reservas estruturais do colmo, alterações na espessura da parede celular ou priorização da manutenção estrutural após um estresse inicial, conforme descrito para espécies tolerantes à seca. Esses ajustes fisiológicos permitem certa estabilidade do colmo mesmo sob condições de restrição hídrica mais acentuada.

O comprimento da panícula é um importante parâmetro que influencia diretamente o rendimento e a qualidade dos grãos em culturas como o sorgo (Magalhães et al., 2003). Foi observada clara influência do nível de tensão hídrica sobre o comprimento da panícula, com valores significativamente superiores

nos tratamentos de 10 e 20 kPa (18,87 e 16,25 cm, respectivamente) em comparação aos tratamentos de 40 e 60 kPa (Tabela 1). Essa resposta evidencia que, sob estresse moderado, o sorgo ainda consegue sustentar parcialmente o desenvolvimento reprodutivo, porém, sob estresse mais intenso, ocorre forte limitação na formação e no alongamento da panícula.

Esses resultados são consistentes com os estudos de Tolk et al. (2013), que relataram redução no comprimento da panícula e na massa de grãos sob déficit hídrico, uma vez que a diminuição do comprimento da panícula reduz o número potencial de grãos formados, comprometendo diretamente o rendimento.

Os resultados de produtividade revelaram que, nas faixas de 40 e 60 kPa, houve redução significativa na produtividade do sorgo. Esses níveis mais elevados de déficit hídrico resultaram em comprometimento substancial do crescimento, do desenvolvimento e da formação de grãos (Tabela 1). Mesmo no tratamento de 20 kPa, considerado de estresse moderado, observa-se que, embora a produtividade tenha sido mantida em patamar semelhante ao de 10 kPa, houve redução em variáveis morfológicas, indicando que os mecanismos de tolerância atuaram para preservar a produção em detrimento do crescimento vegetativo.

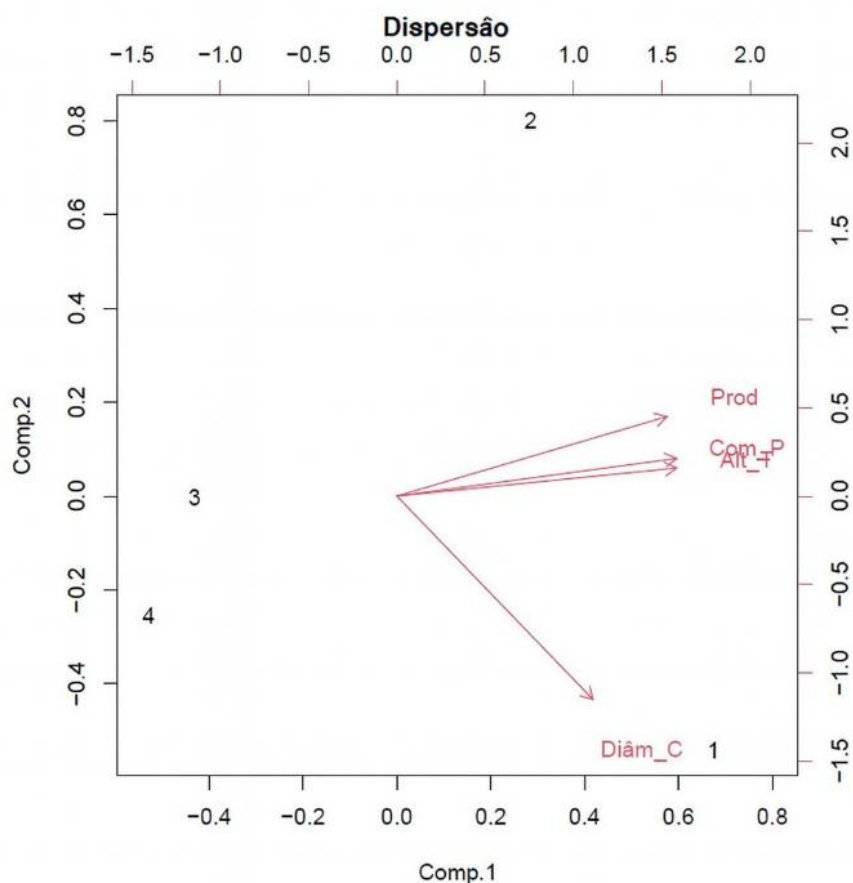


Figura 1. Análise de Componentes Principais (ACP) obtido ao avaliar variáveis morfológicas e de produtividade do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) sob diferentes tensões de água no solo. Os números de 1 até 4 se correspondem com os tratamentos aplicados 10Kpa, 20Kpa, 40Kpa e 60Kpa, respectivamente. As siglas representam as variáveis medidas: Altura Total (Alt_T), Diâmetro do Colmo (Diâm_C), Comprimento de Panícula (Comp_P) e Produtividade (Prod).

Esse estresse abiótico comprova a sensibilidade do sorgo à escassez de água em estágios críticos como o florescimento e o enchimento de grãos, conforme relatado por Xiong et al. (2006), que destacam a drástica redução no rendimento sob estresse hídrico. Goche et al. (2020) observaram que plantas de sorgo apresentam fechamento estomático e manutenção do conteúdo hídrico foliar sob estresse, o que favorece a sobrevivência, no entanto, esses mecanismos podem limitar a assimilação de carbono e, consequentemente, reduzir a formação e o enchimento dos grãos, especialmente sob estresse prolongado.

Para uma avaliação mais aprofundada das relações entre as variáveis e o agrupamento dos tratamentos sob diferentes tensões de água no solo, empregou-se também a análise multivariada, utilizando a Análise de Componentes Principais (PCA) e a Análise de Cluster Hierárquica, apresentadas na Figura 2 (Heatmap) e Figura 1 (Gráfico de Dispersão), respectivamente.

A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica que permite reduzir a dimensionalidade dos dados e visualizar as similaridades entre os tratamentos. Na Figura 1 é apresentada a dispersão das variáveis e tratamentos empregados ao avaliar a cultura do sorgo e aplicar déficit hídrico quando realizada a ACP. A ACP mostra que a análises consegue reter 99.40% da variabilidade dos dados, distribuídos em 96,1% no Comp1 e 3.29% no Comp2 (Figura 1).

A projeção dos tratamentos (pontos numerados) e das variáveis (vetores em vermelho) nas duas primeiras componentes principais (Comp.1 e Comp.2) mostra que o comprimento e a direção dos vetores indicam que a Prod, Comp_P e Alt_T apresentam forte correlação positiva por se orientarem na mesma direção, o que confirma que maiores valores de crescimento vegetativo se associam a maior produtividade, enquanto o Diâm_C, embora positivamente correlacionado, apresenta orientação ligeiramente distinta, indicando contribuição específica na variação total. Esse comportamento do diâmetro do colmo sugere uma resposta mais conservativa dessa variável frente ao estresse hídrico moderado, possivelmente relacionada a mecanismos fisiológicos de adaptação, como a manutenção estrutural do colmo mesmo sob redução da disponibilidade de água.

Os pontos de tratamento representam os níveis de tensão hídrica [1 (10 kPa), 2 (20 kPa), 3 (40 kPa) e 4 (60 kPa)] e, ao se distribuírem na figura, evidenciam que o tratamento de 10 kPa é o que mais influencia positivamente as variáveis mensuradas (Figura 1). Os tratamentos de 20 e 40 kPa posicionam-se de forma intermediária, indicando que, sob estresse moderado, o sorgo ainda mantém parte de seu desempenho produtivo, possivelmente em função de estratégias adaptativas como o fechamento estomático e o enrolamento foliar, descritas na literatura.

O Heatmap (Figura 2) complementa os resultados mostrados na ACP, fornecendo uma visualização hierárquica por cores. A análise de *cluster* horizontal divide claramente os tratamentos em dois grupos principais: T1 e T2 (alto desempenho) e T3 e T4 (baixo desempenho).

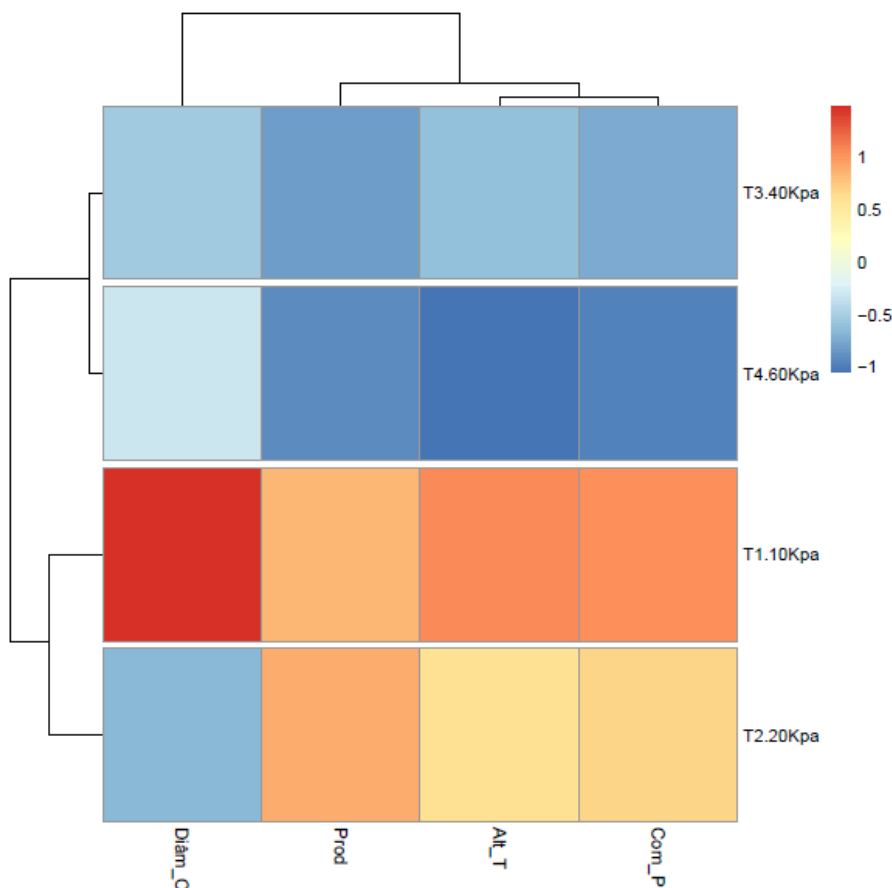


Figura 2. Mapa de Calor (Heatmap) da análise de *cluster* hierárquica das variáveis morfológicas e de produtividade do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) em função de quatro níveis de tensão de água no solo (kPa). As siglas representam as variáveis medidas: Altura Total (Alt_T), Diâmetro do Colmo (Diâm_C), Comprimento de Panícula (Comp_P) e Produtividade (Prod). As colorações indicam a magnitude dos valores padronizados (z-score), variando de azul a vermelho.

Os tratamentos T1 a T4 foram agrupados com base nos valores padronizados de Diâm_C, Prod, Alt_T e Comp_P, cuja escala de cores varia do vermelho (maiores médias e melhor desempenho) ao azul (menores médias e pior desempenho); nessa representação, T1 (10 kPa) destaca-se com tons vermelho-alaranjados, especialmente para Diâm_C e Prod, confirmando o superior desenvolvimento e produtividade, enquanto T3 (40 kPa) e T4 (60 kPa) apresentam tons azul escuro em todas as variáveis, evidenciando forte redução no crescimento e no rendimento. A estabilidade relativa do Diâmetro do Colmo nos tratamentos de 20 a 60 kPa reforça a hipótese de que essa variável apresenta menor plasticidade frente ao estresse hídrico após um determinado limiar, possivelmente devido ao uso de reservas estruturais ou ajustes na parede celular.

Em suma, os resultados deste estudo indicam que o sorgo demonstrou uma relativa capacidade de tolerância à deficiência hídrica moderada, mantendo uma produção estável de grãos. Essa tolerância pode estar associada a mecanismos fisiológicos e morfoestruturais que priorizam a sobrevivência e a manutenção da produtividade sob estresse moderado. No entanto, a produtividade foi severamente comprometida sob condições de níveis de tensão mais intensa, destacando a importância da gestão

adequada da água no cultivo do sorgo, especialmente em regiões suscetíveis à escassez de recursos hídricos.

CONCLUSÃO

A deficiência hídrica influenciou negativamente todas as variáveis mesuradas, com melhores resultados observados em condições de menor nível de tensão de água no solo de 10 kpa.

O comprimento de panícula e a produtividade apresentam reduções significativas, sendo afetadas sob condições de tensão hídrica mais intensa de 40 a 60 kpa, mantendo sua produção de grãos relativamente estável nos níveis de 10 a 20 kpa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhering, L.L. (2017). Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 187-190.
- Conab (2024). Safra brasileira de grãos. Recuperado em 4 de junho de 2024, de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>
- Duarte, N. L., et al. (2021). Cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): uma revisão sobre sua versatilidade tecnológica, processamento e pós-colheita. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2021.
- Goche, T., Shargie, N. G., Cummins, I., Brown, A. P., Chivasa, S., & Ngara, R. (2020). Comparative physiological and root proteome analyses of two sorghum varieties responding to water limitation. *Scientific Reports*, 10, 11835.
- Guedes, F. L., Tardin, F. D., Magalhães, J. V., Nascimento, J. M. S., Santos, F. G., & Schaffert, R. E (2007) Avaliação fenotípica de linhagens de sorgo granífero quanto à tolerância à seca em pós-florescimento. In Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas.
- Landau, E. C. (2020). Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas (Vol. 4, 414 p.). Embrapa. (Obra original publicada em 2015). Disponível em http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214957/1/LivroDinamicaAgropecB_R-Vol04.pdf
- Magalhães, P. C., et al. (2003). Fisiologia da planta do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. (Comunicado Técnico, 86).
- Nascimento, R. (2008). Crescimento de plantas de sorgo sob diferentes disponibilidades de água no solo. *Revista Educação Agrícola Superior*, 23(1), 53–54.
- Pale, S., Mason, S. C., & Galusha, T. D. (2003). Planting time for early-season pearl millet and grain sorghum in Nebraska. *Agronomy Journal*, 95(4), 1047–1053.

- Reddy, B. V. S., Ramesh, S., Reddy, P. S., & Kumar, A. A. (2009). Genetic enhancement for drought tolerance in sorghum. *Plant Breeding Reviews*, 31, 189–222.
- Ribas, P. M. (2003). Sorgo: introdução e importância econômica. Infoteca Embrapa. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>
- Silva, L. C. de M. (2019). Cinética de secagem dos grãos e caracterização física e química durante o armazenamento de farinha de sorgo granífero (Tese de Doutorado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia).
- Souza, L. D. (2016). Adaptation of the Self-Compassion Scale for Use in Brazil: Evidences of Construct Validity. *Soil Science Society of America Journal*, 44(5), 892–898.
- Stone, L. R., Schlegel, R. E., Gwin, R. E., & Khan, A. H. (1996). Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. *Agricultural Water Management*, 30, 251–259.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia vegetal* (6. ed., 888 p.). Artmed.
- Tardin, F. D., et al. (2013). Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12(2), 102–117.
- Tolk, J. A., Howell, T. A., & Miller, F. R. (2013). Análise de componentes de rendimento de sorgo cultivado sob estresse hídrico. *Field Crops Research*, 145, 44–51.
- Van Genuchten, M. Th. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44(5), 892–898. <https://doi.org/10.2136/sssaj1980.03615995004400050002x>
- Waquil, J. M., Viana, P. A., & Cruz, I. (2003). Manejo de pragas na cultura do sorgo.
- Xiong, L., Wang, R., Mao, G., & Koczan, J. M. (2006). Identification of drought tolerance determinants by genetic analysis of root response to drought stress and abscisic acid. *Plant Physiology*, 142, 1065–1074.

Índice Remissivo

A

agrupamento, 61, 65
análise multivariada, 8, 10, 11, 12
Arachis hypogaea L., 6
Azospirillum brasilense, 26, 27, 28, 33, 47, 48, 51, 55

E

Enneothrips enigmaticus, 6, 9

G

gergelim, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66

H

Heatmap, 11

L

Lactuca sativa, 26

N

Nicotinamida, 27, 29
níquel, 59, 60, 63, 64, 65, 66
nitrogênio, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66

P

Piridoxina, 27, 29, 32

S

Sesamum indicum, 59

U

UPGMA, 8, 11

Sobre os organizadores



  **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 (2018-2022) na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 184 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 69 organizações de e-books, 53 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com



 **Leandris Argente-Martínez**

Professor Titular e Professor Catedrático "C" no Instituto Tecnológico Nacional do México, Campus Valle del Yaqui (ITVY). É membro do Sistema Nacional de Pesquisadores (SNI) da SECIHTI, Nível 1. É Professor PRODEP do Ministério da Educação Pública do México e lidera o Grupo Acadêmico Consolidado ITVAYA-CA3. Suas áreas de pesquisa incluem Fisiologia Vegetal, Bioquímica e Biologia Celular e Molecular em plantas e microrganismos. Possui doutorado em Biotecnologia. Sua pesquisa concentra-se em mecanismos fisiológicos, vias anapleróticas e mecanismos moleculares ativados por organismos durante sua adaptação a estresses abióticos. Ele utiliza marcadores moleculares de tolerância de organismos ao estresse abiótico (salinidade, seca e calor). Emprega técnicas de isótopos estáveis para monitorar reações bioquímicas em células e tecidos. Também aplica técnicas experimentais univariadas e multivariadas para processamento de dados. E-mail para contato: oleinismora@gmail.com



  **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 237 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 131 resumos simples/expandidos, 86 organizações de e-books, 53 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 23 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto II na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Bruno Rodrigues de Oliveira**

Graduado em Matemática pela UEMS/Cassilândia (2008). Mestrado (2015) e Doutorado (2020) em Engenharia Elétrica pela UNESP/Ilha Solteira. Pós-doutorado pela UFMS/Chapadão do Sul na área de Inteligência Artificial aplicada na Engenharia Florestar/Agrônoma. É editor da Pantanal Editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences e Analista no Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul. Tem experiência nos temas: Matemática, Processamento de Sinais via Transformada Wavelet, Análise Hierárquica de Processos, Teoria de Aprendizagem de Máquina e Inteligência Artificial, com ênfase em aplicações nas áreas de Engenharia Biomédica,

Ciências Agrárias e Organizações Públicas. Contato: bruno@editorapantanal.com.br



  **Fabio Steiner**

Graduação em Engenharia Agrônoma (2007), Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Marechal Cândido Rondon (2010), e Doutorado em Agronomia – Agricultura pela Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' – UNESP/Botucatu (2014). Atualmente, é professor titular da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, atuando no Curso de Graduação em Agronomia da Unidade Universitária de Cassilândia (MS) e no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal (PGAGRO), nível de Mestrado e Doutorado, da Unidade Universitária de

Aquidauana. Tem experiência na área de Agronomia - Agricultura, com ênfase em fisiologia de plantas cultivadas, estresses abióticos, nutrição mineral de plantas, fertilidade do solo, sistemas agrícolas de produção agrícola e ciclagem de nutrientes, atuando principalmente com as culturas de soja, cana-de-açúcar, milho, amendoim, algodão, trigo, feijão e plantas de cobertura.

Em um cenário científico cada vez mais dependente da interpretação de grandes volumes de dados, a **Análise Multivariada** se estabelece como uma ferramenta estatística indispensável para extrair informações complexas e tomar decisões precisas.

Este volume é uma obra essencial que preenche a lacuna entre a teoria estatística e a prática de pesquisa nas Ciências Biológicas e Agrárias.



9786585756709



Pantanal Editora

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

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

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

contato@editorapantanal.com.br