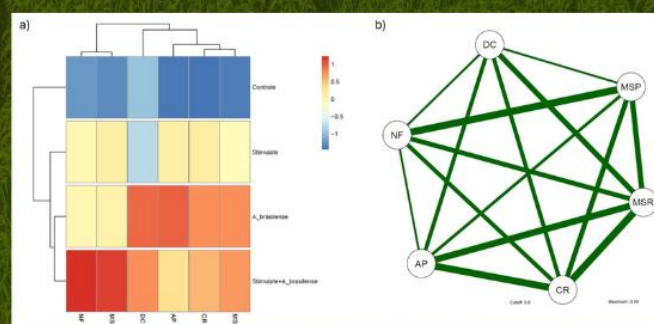
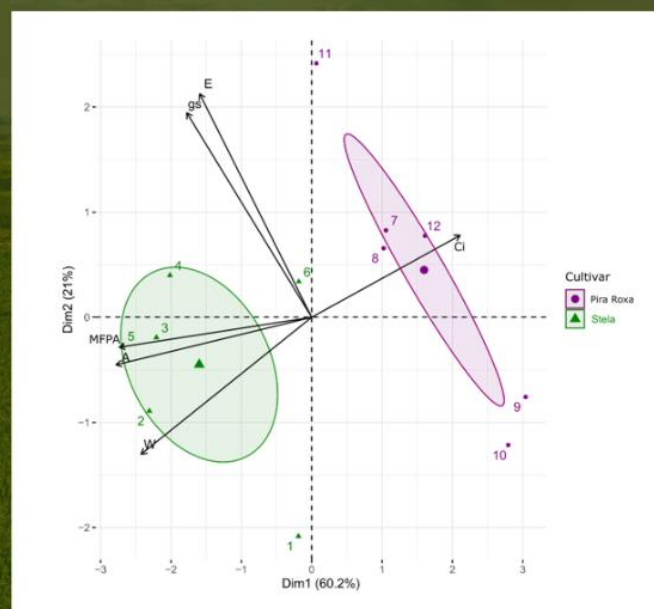


Jorge González Aguilera
Leandris Argente-Mantínez
Alan Mario Zuffo
Bruno Rodrigues de Oliveira
Fábio Steiner

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

Capítulo 6

Efeito da aplicação de diferentes doses de níquel e nitrogênio no desempenho do gergelim (*Sesamum indicum* L.)

Recebido em: 14/12/2025

Aceito em: 16/12/2025

 10.46420/9786585756709cap6

Italo Ferreira Vetrue 

Gabriela Rodrigues Sant'Ana 

Joaquim Tenório Neto 

Lorena Vitória Alves Andrade 

Carlos Eduardo da Silva Oliveira 

Jorge González Aguilera 

INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma planta originária da África e do subcontinente indiano. Cultura de ciclo anual, foi domesticada há mais de 5.000 anos e trata-se de uma das oleaginosas mais antigas conhecidas, sendo amplamente cultivada devido ao seu valor nutricional e econômico de suas sementes (Wei et al., 2022). Atualmente, apesar de sua ampla distribuição global, a cultura do gergelim ainda enfrenta diversos desafios, incluindo a instabilidade nos rendimentos, e elevada suscetibilidade a estresses bióticos e abióticos (Kefale; Wang 2022; Qureshi et al., 2022).

O níquel (Ni) é um micronutriente indispensável para o desenvolvimento vegetal, desempenhando função cofator em enzimas essenciais para os processos metabólicos críticos, tais como a fixação biológica de nitrogênio (Lima et al., 2024). Além disso, está envolvido no sistema antioxidante vegetal e na resposta da planta ao estresse (Fabiano et al., 2015). Considerando o papel do Ni na ativação de enzimas antioxidantes e no metabolismo do nitrogênio, é plausível inferir que sua presença adequada possa contribuir para a saúde e produtividade do gergelim, especialmente em ambientes sujeitos a estresses ambientais.

Nos estudos de Franco (2015), demonstrou-se que a aplicação de níquel pode aumentar a atividade da urease e da nitrogenase, resultando em maior produção de biomassa e grãos. Entretanto, altas concentrações de Ni no solo, especialmente na zona radicular, podem retardar o crescimento das plantas, o que pode resultar na redução da biomassa e da produtividade (Naveed et al., 2020). Além disso, a mobilidade do Ni no solo e sua disponibilidade para as plantas são influenciadas por práticas agrícolas (Naik et al., 2010).

Os sintomas de toxidez de Ni não estão bem definidos para os estágios iniciais de toxicidade na planta, porém nos estágios moderados e agudos, a toxidez produz clorose, geralmente semelhante aos sintomas de deficiência de Fe (Berton et al., 2006). O Ni pode expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar através das próprias plantas ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície (Revoredo; Melo, 2006).

Sendo assim, é plausível inferir que a função do níquel no gergelim, como em outras oleaginosas, desempenha papel significativo no metabolismo do nitrogênio e na defesa contra estresses, influenciando positivamente o crescimento e a produtividade da cultura. Portanto, compreender a função do níquel no metabolismo do gergelim é essencial para otimizar práticas de manejo nutricional e melhorar o desempenho agrônômico dessa cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido nas instalações da Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, localizada na Unidade de Cassilândia, cujas coordenadas geográficas são (19°05'46" S e 51°48'50" O), a uma altitude de 521 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima tropical chuvoso (Aw), com média anual de precipitação de 1.520 mm e temperatura média de 24,1 °C. O solo é classificado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2018).

Tabela 1. Análise química do solo empregado no experimento.

P-resina* (mg dm ³)	MO (mg dm ³)	pH	K (mmolc dm ³)	Ca (mmolc dm ³)	Mg (mmolc dm ³)	H+Al (mmolc dm ³)	Al (mmolc dm ³)	SB (mmolc dm ³)	S-SO₄ (mg dm ³)
5	9	5	1,2	10	6	6	2	17,2	9
CTC (mmolc dm ³)	V (%)	Ca-CTC (%)	Mg-CTC (%)	m (%)	B (mg dm ³)	Cu (mg dm ³)	Fe (mg dm ³)	Mn (mg dm ³)	Zn (mg dm ³)
33,2	52	30	18	10	0,08	0,5	16	1.0	0,2

*P-resina: Fosforo, MO: Matéria Orgânica, pH: ph em CaCl₂, K: Potássio, Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, H+Al: Acidez Potencial, Al: Alumínio, SB: Soma Bases, S-SO₄: Enxofre, CTC: Capacidade de Troca Catiônica, V: Saturação de Bases, Ca-CTC: Ca na CTC, Mg-CTC: Mg na CTC, m: Saturação de Alumínio, B: Boro; Cu: Cobre, Fe: Ferro, Mn: Manganês, Zn: Zinco.

O experimento foi realizado em casa de vegetação com 32% de sombreamento sob bancada de cultivo em vasos de 5 dm³ preenchidos com solo do tipo (Neossolo Quartzarênico) com três plantas em cada vaso, o delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições em esquema fatorial 5x3, apresentando 45 unidades experimentais. O primeiro fator foi a combinação entre diferentes de Sulfato de Níquel (NiSO₄·6H₂O) com concentração de 19% de níquel, no qual as doses foram distribuídas em 0 mg de Ni (controle) e 1, 2, 4 e 6 mg de Ni por vaso. O segundo fator foi a aplicação de

nitrogênio em cobertura aos 30 dias após a emergência, a fonte de N foi a ureia fornecendo 45% de N. Sendo as doses de 0% (sem aplicação), 50% (160 mg de N dm⁻³ de solo) e 100% (320 mg de N dm⁻³ de solo).

Foi realizada amostragem de solo e com base nos resultados da análise química (Tabela 1), realizou-se a adução de semente de acordo a recomendação. A adubação de semente utilizou-se 6,5g de 4-14-8 (fornecendo 40 mg de N, 140 de P e 80 de K) e no florescimento foi realizado a aplica foliar 0,17 g/L de boro.

A semente do gergelim foi realizada na profundidade de 2 cm e após a emergência foi realizado o desbaste deixando apenas três plantas por vaso. Os tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade, visando o controle de pragas e doenças da cultura. O experimento foi conduzido por 60 dias após a emergência das plantas no qual foi realizado avaliações de: número de folhas, altura de plantas (cm), teor relativo de clorofila, comprimento de raiz (cm), número de capsulas (unidade), massa seca de capsulas (g), massa seca de grão (g), massa seca da parte aérea (g) e massa seca da raiz (g).

Para a quantificação de número de folhas e número de capsulas foi realizado a partir de contagem. Os valores de altura de plantas e comprimento de raiz foram quantificados com o auxílio de régua graduada. O teor relativo de clorofila foi quantificado utilizando medidor portátil, opti-sciences CCM-200, que permitiu efetuar leituras imediatas. A massa seca foi obtida a parti da secagem do material em estufa de circulação forçada em temperatura de 65°C no período de 72 horas e posteriormente realizou-se a pesagem do material seco, com auxílio de balança analítica de precisão.

No final do experimento os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o Programa de análise estatística Sisvar (Ferreira, 2010). A variável doses de Níquel mg dm⁻³ de solo foi realizado o teste de análise de regressão. Foi realizado o agrupamento por meio do método hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) empregando as médias de todas as variáveis. As distancias foram estimadas pelo método de distância Euclidiana e em combinação com o método de agrupamento de Tocher (Bhering, 2017). Quando observado efeito significativo nos agrupamentos, as médias dos grupos foram visualizadas através de gráficos de calor (heatmap). Na realização das análises foram empregados os pacotes: biotools, ape, factoextra, pheatmap, d3pheatmap e ComplexHeatmap no software Rbio (Bhering, 2017). No gráfico de calor, a cor vermelha representa um valor alto, enquanto a cor azul indica um valor baixo para as variâncias.

RESULTADOS

Ao avaliar os dados da ANOVA observasse que não houve diferenças significativas ao considerar as interações dos fatores avaliados e para o fator NI (Tabela 2). O fator N manifestou diferenças significativas ($p < 0.01$) na maioria das variáveis com a exceção das variáveis MGRAO e CRAIZ que não

manifestaram diferenças significativas. Os CV foram adequados com valores mínimos de 8,38% para AT e máximos de 24,07% para MCAP (Tabela 2), evidenciando boa precisão experimental.

Tabela 2. Resumo da análise de variância de número de folhas (NFOL - unidade), altura de planta (AT – cm), massa seca aérea (MSPA – g), massa seca raiz (MSR – g), massa de grão (MGRAO – g), clorofila, comprimento de raiz (CRAIZ -cm), número de capsulas, massa de capsulas (MCAP – g).

FV	NFOL	AT	MSPA	MSR	MGRAO	CLOROFILA	CRAIZ	NCAP	MCAP
NI	0,84 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,86 ^{ns}
N	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,67 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,20 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,01 ^{**}
NIxN	0,84 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,86 ^{ns}
CV(%)	17,06	8,38	15,20	23,73	17,11	31,27	15,90	20,64	24,07

** significativo a 1%, * significativo a 5% e ns não significativo. CV: Coeficiente de variação.

Quando avaliado o efeito do fator N, verificou-se que, para a características de número de folhas (Figura 1A), altura de plantas (Figura 1B), massa seca de parte aérea (Figura 1C) e massa seca de raiz (Figura 1D), houve superioridade da dose de 100% de nitrogênio, seguida pela dose de 50%, ambas superiores ao tratamento controle, no qual não foi aplicado o adubo nitrogenado (Figura 1). Em relação ao tratamento controle, quando aplicada a dose de 100% de nitrogênio houve acréscimos na ordem de 52,95%, 13,34%, 1,41% e 55%, respectivamente.

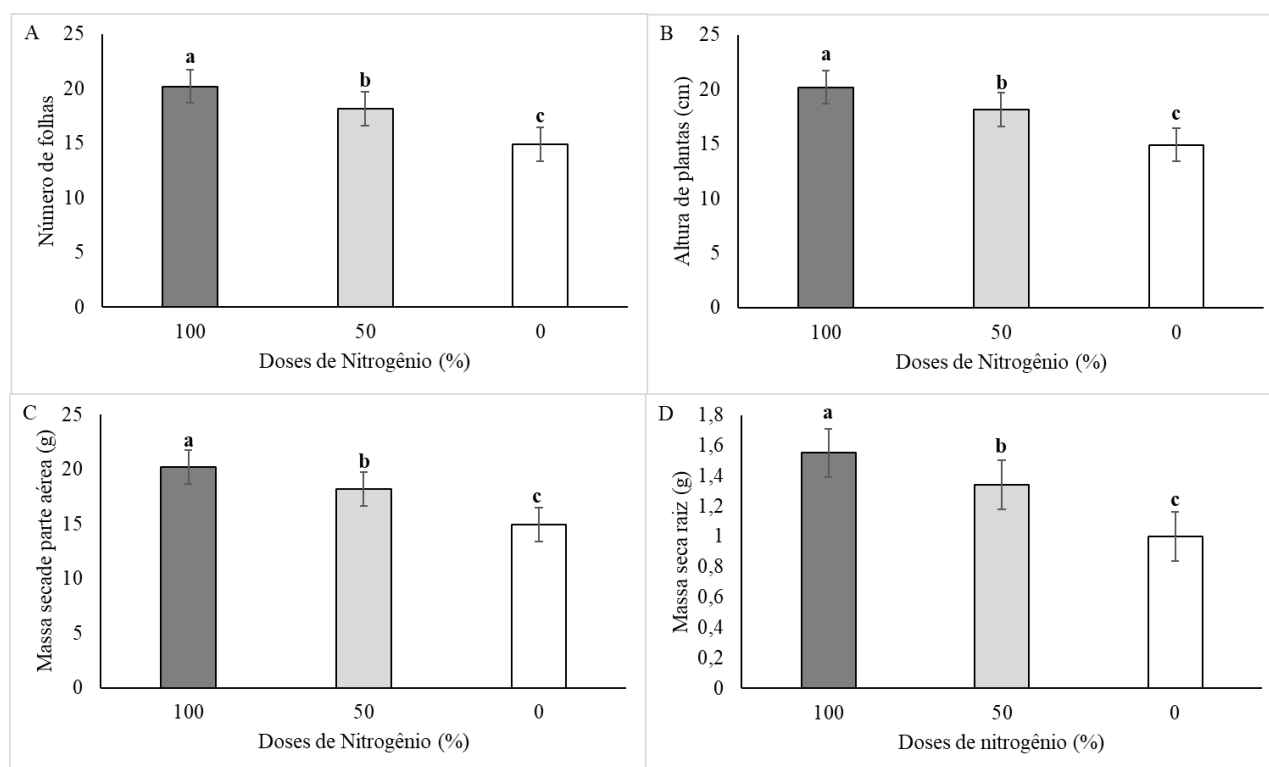


Figura 1. Valores médios de número de folhas A), altura de plantas B), massa seca de parte aérea C) e massa seca de raiz D) das plantas de gergelim cultivadas sob diferentes doses de nitrogênio.

Em relação a massa seca de capsulas, número de capsulas e teor relativo de clorofila houve superioridade de ambas as doses de nitrogênio, 100% e 50%, sobre o tratamento controle (Figura 2), as quais representaram incrementos de 27,14% e 30,09% para massa seca de capsulas, 42,99% e 40,46% para número de capsulas e 62,31% e 52,23% teor relativo de clorofila e em relação a dose de 0%.

Para as características de altura de plantas e comprimento de raiz foi constatado que o incremento das doses de níquel até a maior dose estudada (6 mg), houve acréscimo linear conforme elevaram-se as doses (Figura 3). Para a característica de altura de plantas, o incremento foi de 1,36% a cada mg de NiSO_4 aplicado, enquanto o comprimento de raiz foi incrementado 3,12% a cada mg de NiSO_4 aplicado.

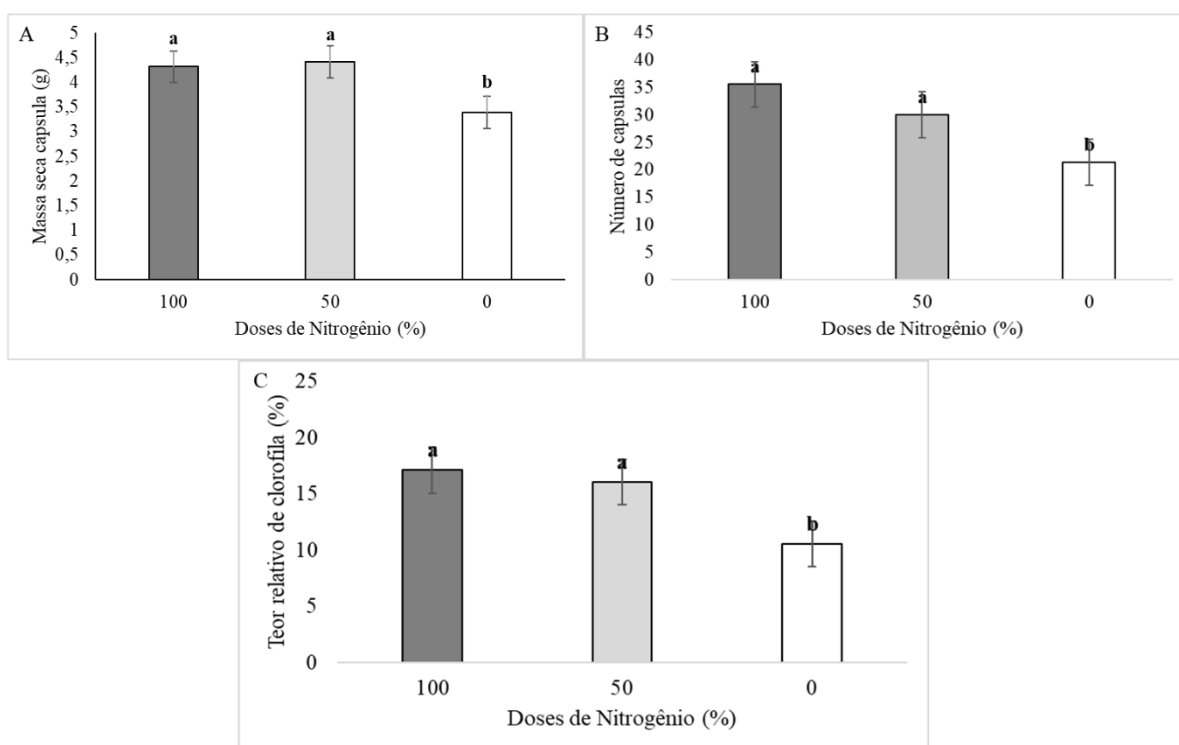


Figura 2. Massa seca de capsulas A), número de capsulas B) e teor relativo de clorofila C) das plantas de gergelim cultivadas sob diferentes doses de nitrogênio.

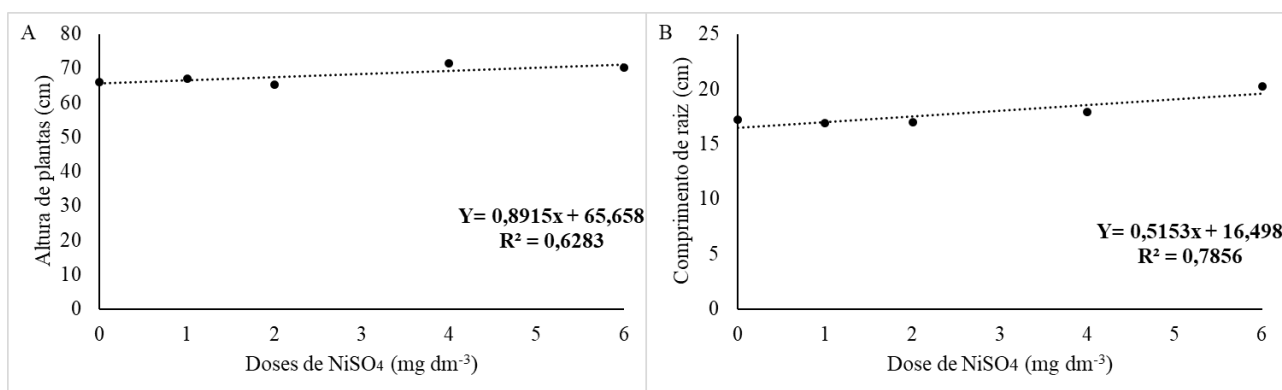


Figura 3. Altura de plantas A) e comprimento de raiz B) de plantas de gergelim cultivadas sob diferentes doses de níquel.

A Figura 4 mostra o dendrograma e mapa de calor obtido ao considerar as variáveis medidas e as combinações (N x Ni) de tratamentos testados no experimento. Os tratamentos foram agrupados em quatro grupos diferentes que incluem no G1 seis tratamentos com doses 0 de N e apenas um com doses de 50% de N. No G1 os tratamentos agrupados são aqueles que manifestam os menores valores das nove variáveis avaliadas (Figura 4). O G2 inclui os tratamentos com as maiores doses de Ni com 6 mg e as doses de N de 50 e 100%, estes dois tratamentos manifestaram os máximos valores das variáveis medidas. Os G3 e G4 incluem tratamentos que manifestaram valores intermediários para a maioria das variáveis medidas (Figura 4). Quando considerado as variáveis houve a formação de dois grupos de variáveis, um primeiro com quatro variáveis CRAIZ, ALT, MCAP E CLOROFILA e um segundo grupo com cinco variáveis NFOL, MSR, MSPA, NCAP E MGRAO.

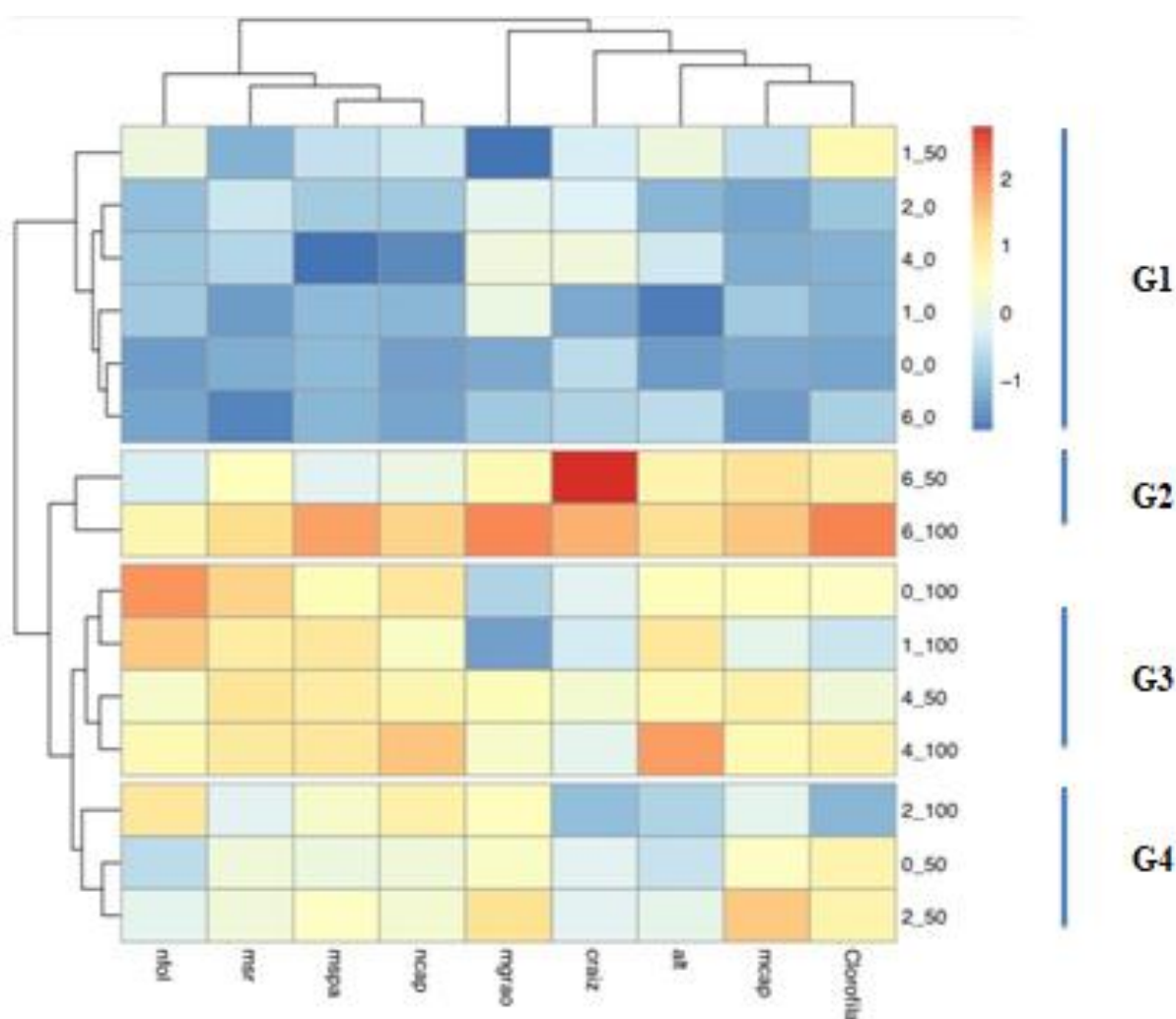


Figura 4. Dendrograma e mapa de calor das análises de agrupamento hierárquico. No eixo horizontal as siglas significam: Número de folhas (NFOL), altura de planta (AT), massa seca aérea (MSPA), massa seca raiz (MSR), massa de grão (MGRAO), clorofila, comprimento de raiz (CRAIZ), número de capsulas (NCAP), e massa de capsulas (MCAP). No eixo vertical são mostradas as combinações dos níveis de níquel e de nitrogênio.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram que a aplicação de nitrogênio foi benéfica às características avaliadas, promovendo uma superioridade nas médias de características vegetativas (Figura 1 e 2). Neste sentido, os resultados obtidos estão relacionados à responsividade do gergelim ao nitrogênio, fato evidenciado por estudos anteriores, em que a aplicação de doses crescentes deste elemento resultou em incrementos quanto ao desenvolvimento em altura, número de folhas, expansão do limbo foliar (Thuc et al., 2022), acúmulo de massa nos órgãos aéreos (Golan et al., 2022) e crescimento dos órgãos radiculares (Sehgal et al., 2021).

Aplicações crescentes de doses de fertilizantes nitrogenados tendem a incrementar o teor deste nutriente nos órgãos vegetais (Sehgal et al., 2021; Thuc et al., 2022), potencializando respostas fisiológica das plantas devido à capacidade do nitrogênio em atuar nos processos metabólicos e enzimáticos, como formação de clorofila (Khorami et al., 2020) e, consequentemente, afetar positivamente a capacidade de trocas gasosas das plantas (Sehgal et al., 2021).

Incrementos nas taxas fotossintéticas também estão relacionados ao acúmulo de açúcares, consequentemente, a aplicação de doses crescentes de nitrogênio afetam os teores de reservas presentes nas plantas de gergelim, tais como carboidratos (Wang et al., 2024).

Adicionalmente aos efeitos obtidos pela elevação das doses de nitrogênio, constatou-se efeito benéfico da aplicação de níquel sobre as características de altura de plantas e comprimento radicular (Figura 2). Esta resposta está relacionada ao caráter de essencialidade do Ni que, quando em níveis adequados, estimula a produção de hormônios envolvidos na divisão e expansão celular (Zhou et al., 2023).

A fertilização com níquel também influencia positivamente os mecanismos de defesa (Rabinovich et al., 2024) e atividade fotossintética das plantas (Rodak et al., 2024). Em complemento, apesar de não haverem sido identificadas interações entre as aplicações de níquel e nitrogênio no presente estudo, observa-se na literatura que para culturas leguminosas há elevada interação entre estes nutrientes, onde o níquel atua como um promotor da assimilação de nitrogênio (Rodak et al., 2024). Todavia, essa resposta à exposição ao níquel varia entre espécies vegetais, dependendo da capacidade de acúmulo, órgãos com maior concentração, entre outros fatores (Seregin; Kozhevnikova, 2006).

Com base nos presentes resultados e aqueles evidenciados pela literatura, constata-se a importância de estudos aprofundados sobre doses e formas de aplicação do níquel em espécies como o gergelim, a fim de serem reportados os efeitos em espécies de interesse econômico, uma vez que essa temática está fortemente associada aos estresses causados pelo excesso deste nutriente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Berton, R. S., Pires, A. M. M., Andrade, S. A. L. D., Abreu, C. A. D., Ambrosano, E. J., & Silveira, A. P. D. D. (2006). Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. *Pesquisa Brasileira Agropecuária*, 41, 1305–1312.
- Bhering, L. L. (2017). Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17, 187-190.
- Embrapa (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa,. 353 p.
- Fabiano, C. C., Tezotto, T., Favarin, J. L., Polacco, J. C., & Mazzafera, P. (2015). Essentiality of nickel in plants: a role in plant stresses. *Frontiers in Plant Science*, 6, 754.
- Ferreira, D. F. (2010). *SISVAR* - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA. 66 p.
- Franco, G. D. C. (2015). Tratamento de sementes de soja com níquel para o aumento da fixação biológica e atividade da urease [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo].
- Golan, E., Peleg, Z., Tietel, Z., & Erel, R. (2022). Sesame response to nitrogen management under contrasting water availabilities. *Oil Crop Science*, 7(4), 166-173.
- Kefale, H., & Wang, L. (2022). Discovering favorable genes, QTLs, and genotypes as a genetic resource for sesame (*Sesamum indicum* L.) improvement. *Frontiers in Genetics*, 13, 1002182.
- Khorami, A., Sinaki, J., Dehaghi, M., Rezvan, S., & Damavandi, A. (2020). Sesame (*Sesame indicum* L.) biochemical and physiological responses as affected by applying chemical, biological, and nano-fertilizers in field water stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 43(3), 456-475.
- Lima, E. G., Zanuzo, M. R., Vieira, C. V., Pelissari, F., & de Andrade Coimbra, R. (2024). Effect of nickel seed treatment in soybeans. *Scientific Electronic Archives*, 17(1).
- Naik, S. K., Sasmal, S., Sur, P., Pandit, T., Mandal, M., & Das, D. K. (2010). Mobility of lead and nickel in soil in relation to nutrition of sesame. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 56(2), 223-236.
- Naveed, M., Bukhari, S. S., Mustafa, A., Ditta, A., Alamri, S., El-Esawi, M. A., & Siddiqui, M. H. (2020). Mitigation of nickel toxicity and growth promotion in sesame through the application of a bacterial endophyte and zeolite in nickel contaminated soil. *International journal of environmental research and public health*, 17(23), 8859.
- Qureshi, M., Langham, D. R., Lucas, S. J., Uzun, B., & Yol, E. (2022). Breeding history for shattering trait in sesame: classic to genomic approach. *Molecular Biology Reports*, 49(7), 7185-7194.
- Rabinovich, A., Di, R., Lindert, S., & Heckman, J. (2024). Nickel and Soil Fertility: Review of Benefits to Environment and Food Security. *Environments*, 11(8), 177.
- Revoredo, M. D., & Melo, W. J. D. (2006). Disponibilidade de níquel em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com sorgo. *Bragantia*, 65, 679-685.

- Rodak, B. W., Freitas, D. S., Rossi, M. L., Linhares, F. S., Moro, E., Campos, C. N. S., & Lavres, J. (2024). A study on nickel application methods for optimizing soybean growth. *Scientific Reports*, 14(1), 10556.
- Sanni, G. B., Ezin, V., Chabi, I. B., Missihoun, A. A., Florent, Q., Hamissou, Z., & Ahanchede, A. (2024). Production and Achievements in *Sesamum indicum* Industry in the world: past and current state. *Oil Crop Science*, 9(3), 187-197.
- Sehgal, A., Smith, C. A., Walne, C. H., Chastain, D., Shankle, M., & Reddy, K. R. (2021). Developing functional relationships between sesame growth, development, and nitrogen nutrition during early season. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 4(3), e20198.
- Seregin, I., & Kozhevnikova, A. D. (2006). Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants. *Russian journal of plant Physiology*, 53, 257-277.
- Thuc, L. V., Huu, T. N., Ngoc, T. M., Hue, N. H., Quang, L. T., Xuan, D. T., ... & Khuong, N. Q. (2022). Effects of nitrogen fertilization and nitrogen fixing endophytic bacteria supplementation on soil fertility, N uptake, growth, and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivated on alluvial soil in dykes. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022(1), 1972585.
- Wang, M., Wang, Y., Wang, X., Wei, G., Yang, H., Yang, X., ... & Wu, Z. (2024). Integrated physiological, biochemical, and transcriptomics analyses reveal the underlying mechanisms of high nitrogen use efficiency of black sesame. *Plant Physiology and Biochemistry*, 206, 108205.
- Wei, P., Zhao, F., Wang, Z., Wang, Q., Chai, X., Hou, G., & Meng, Q. (2022). Sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review of nutritional value, phytochemical composition, health benefits, development of food, and industrial applications. *Nutrients*, 14(19), 4079.
- Zhou, P., Jiang, Y., Adeel, M., Shakoor, N., Zhao, W., Liu, Y., ... & Zhang, P. (2023). Nickel oxide nanoparticles improve soybean yield and enhance nitrogen assimilation. *Environmental Science & Technology*, 57(19), 7547-7558.

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