RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 31/01/2028

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

O EXTRATO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DO MARACUJÁ POSSUI EFEITO BIOESTIMULANTE E ATENUADOR DOS EFEITOS DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS DE AMENDOIM

Milena Silva Garcia Palma

Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas

2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

O EXTRATO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DO MARACUJÁ POSSUI EFEITO BIOESTIMULANTE E ATENUADOR DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS DE AMENDOIM

Milena Silva Garcia Palma

Orientadora: Profa. Dra. Priscila Lupino Gratão

Coorientadores: Profa. Dra. Cristiane Pilon

Dr. Allan Lopes Bacha

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2026

P171e

Palma, Milena Silva Garcia
O extrato dos resíduos agroindustriais do maracujá possui efeito bioestimulante e atenuador de deficiência hídrica em plantas de amendoim / Milena Silva Garcia Palma. -- Jaboticabal, 2026
41 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Priscila Lupino Gratão
Coorientadora: Cristiane Pilon

1. Arachis hypogaea. 2. Passiflora. 3. Extratos Vegetais. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: O EXTRATO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DO MARACUJÁ POSSUI EFEITO BIOESTIMULANTE E ATENUADOR DOS EFEITOS DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS DE AMENDOIM

AUTORA: MILENA SILVA GARCIA PALMA
ORIENTADORA: PRISCILA LUPINO GRATÃO
COORIENTADOR: ALLAN LOPES BACHA
COORIENTADORA: CRISTIANE PILON

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
PRISCILA LUPINO GRATAO
Data: 31/07/2026 17:53:55-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. PRISCILA LUPINO GRATÃO (Participaçao Presencial)
Departamento de Biologia / UNESP / Câmpus de Jaboticabal - FCAV

gov.br Documento assinado digitalmente
WILLIANS CESAR CARREGA
Data: 02/08/2026 09:15:31-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. WILLIANS CÉSAR CARREGA (Participaçao Presencial)
Agrárion Ltda / Tutóia/MA

gov.br Documento assinado digitalmente
RITA DE CASSIA ALVES
Data: 02/08/2026 08:52:11-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dra. RITA DE CÁSSIA ALVES (Participaçao Virtual)
Ambiental Clean / Mossoró/RN

Jaboticabal, 31 de julho de 2026.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Milena Silva Garcia Palma – natural de Ribeirão Preto/SP, nasceu em 21 de setembro de 1997. Estudou em escolas públicas na cidade de Barrinha/SP e em 2017 ingressou na Universidade Estadual Paulista – UNESP/FCAV – Jaboticabal/SP onde cursou Bacharelado em Ciências Biológicas, eixo Biotecnologia e Produção, e em 2022 reingressou na Licenciatura em Ciências Biológicas. Durante a graduação trabalhou com fisiologia de plantas cultivadas, sendo bolsista no Programa Institucional de Bolsas de iniciação cientifica (PIBIC) por 2 anos (2021 a 2022; 2022 a 2023); realizou trabalhos com cana-de-açúcar, amendoim e algodão sob estresses ambientais. Participou ativamente de comissões organizadoras de atividades estudantis como o Centro Acadêmico “Alfred Russel Wallace” e o Colóquio Sobre Educação da Biologia (CEBIO), sendo presidente na gestão de 2019 – 2020. De 2021 a 2025 foi professora voluntária do Cursinho Ativo da UNESP de Jaboticabal nas áreas de botânica, fisiologia vegetal e microbiologia. Em 2024 ingressou no mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) na mesma universidade (FCAV/UNESP), sendo bolsista do programa de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por 6 meses e depois continuou os estudos sendo bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por 22 meses. Durante o mestrado realizou uma Bolsa de Estágio no Exterior (BEPE) financiada pela FAPESP, por 5 meses em Tifton, Geórgia, Estados Unidos, onde realizou o acompanhamento de trabalhos com a amendoim e manejo de aflatoxinas, além de desenvolver experimentos com cultivares norte-americanas.

Apoio Financeiro

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo 2024/02793-2 e pelo financiamento da Bolsa de Estágio no Exterior (BEPE/FAPESP) processo 2025/09901-8.

“For each of us who appear to have had a successful experiment there are many to whom their own experiments seem barren and negative. But they contribute their strength to the structure within which we all build.”

Melvin Calvin, 1961

Dedico à minha família, principalmente aos meus pais, sem vocês eu não teria chegado aonde cheguei e contribuído com a construção da ciência.

Agradecimentos

Gostaria primeiramente de agradecer ao universo, às almas boas e a Deus, da forma como as coisas podem acontecer para que possamos enxergar e compreender a beleza e importância do que temos em nossa vida. Estou vivendo a finalização do meu primeiro ato como pesquisadora e o fechamento de muitos ciclos juntos, e não foi fácil chegar a este momento.

Á minha família, meus pais principalmente, são peças-chaves nesse caminho difícil que é fazer ciência, trabalhar horas e horas para no fim, nem sempre ter o devido reconhecimento. Sem meus pais não poderia ter conseguido os meios para perseverar diante das duras quedas da vida.

Aos meus amigos, que durante os anos foram tantos que vieram e foram embora, mas vocês que estiveram comigo, não esquecerei jamais. Há alguns grupos em particular como a “Confeitaria”, das “Depressivas” e o recente grupo formado por aqueles que muito se conhecem e estão no mesmo barco. Eu só tenho a agradecer a presença de vocês na minha vida, mesmo online. Quando estive nos Estados Unidos, foi quando vi o que era a amizade e o companheirismo, sem vocês eu não teria conseguido.

Meu grande agradecimento a minha orientadora, Profª Priscila, aos meus coorientadores Allan e Profª Cristiane, ao Profº Pedro, pelas orientações e auxílio, que muitas vezes foram além do trabalho científico. Este trabalho não teria sido possível sem nenhum de vocês.

Ao Laboratório de Fisiologia Vegetal, aos companheiros de bancada e de departamento. Principalmente a Sonia Maria, que esteve presente comigo desde a graduação, quando comecei na fisiologia. A Soninha é nossa mãe no laboratório e sou muito agradecida por tudo.

Por fim, eu agradeço por estar viva e presente. Agradeço pela oportunidade de bolsa pela CAPES e pela FAPESP. Agradeço os dias bons e os dias ruins, sou este ser humano de agora graças ao todo. Muito obrigada!

Sumário

1. Hipótese 1

2. Objetivos 1

2.1 Geral 1

2.2 Específicos 1

3. Capítulo 1 – Considerações Gerais 1

3.1 Aspectos gerais e importância socioeconômica do amendoim 1

3.2 A deficiência hídrica e o cultivo do amendoim 4

3.3 Bioinsumos e a cultura do amendoim 7

3.4 Produção de extratos a partir de resíduos agroindustriais 9

3.5 O maracujá amarelo: Características gerais, propriedades e aplicações 10

4. Referências Bibliográficas 13

Capítulo 2 – O extrato dos resíduos agroindustriais do maracujá possui efeito bioestimulante e atenuador dos efeitos da deficiência hídrica em plantas de amendoim 25

Resumo 25

1. Introdução 26

2. Material e Métodos 27

2.1 Condução experimental e material vegetal dos experimentos 1 e 2 27

2.2 Experimento 1 28

2.3 Experimento 2 29

2.4 Avaliações nas plantas de amendoim 29

2.5 Análises dos extratos do maracujá 29

2.6 Estatística 30

3. Resultados e discussão 30

3.1 Composição dos extratos 30

3.2 Experimento 1- Efeito Bioestimulante de ERAM nas plantas de amendoim 32

3.3 Experimento 2 – Efeito de ERAM como atenuadores dos efeitos do déficit hídrico nas plantas de amendoim 36

4. Conclusões 42

5. Referências Bibliográficas 42

Capítulo 3 – Extrato de resíduos agroindustriais de maracujá aumenta a tolerância do amendoim ao déficit hídrico por meio da modulação do sistema antioxidante e do metabolismo fisiológico 58

Resumo 58

1. Introdução 58

2. Material e Métodos 60

2.1 Condução experimental e material vegetal dos experimentos 60

2.2 Avaliação no extrato 62
2.3 Avaliações nas plantas de amendoim 63
2.6 Estatística 66
3. Resultados 67
3.1 Extrato dos Resíduos Agroindustriais do Maracujá (ERAM) 67
3.2 Avaliações Fisiológicas 68
3.3 Pigmentos Vegetais 71
3.4 Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) e MDA 71
3.5 Enzimas SOD, APX e GPOX 72
3.6 Prolina (Pro) e Glicina-Betaína (GB) 73
3.7 Glutationa 74
3.8 Crescimento 75
3.9 Análise de Componentes Principais (PCA) 76
4. Discussão 77
4.1 Efeito do ERAM como atenuador dos efeitos do estresse 77
5. Conclusões 86
6. Referências Bibliográficas 87

O extrato dos resíduos agroindustriais do maracujá possui efeito bioestimulante e atenuador dos efeitos da deficiência hídrica em plantas de amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma fonte importante de nutrientes e proteína vegetal e o cultivo pode ser diretamente afetado pela disponibilidade hídrica. Para atender as demandas por alimentos, a aplicação de bioinsumos na agricultura abrange os pilares econômicos, sociais e ambientais. Os resíduos do maracujá amarelo possuem em sua composição ricos metabólitos, com alto potencial antioxidante e de interesse biológico. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial do extrato natural de resíduo agroindustrial do maracujá, nas plantas de amendoim, visando à atenuação dos efeitos da deficiência hídrica e/ou efeito bioestimulante ao crescimento das plantas. O trabalho foi realizado com a cultivar IAC 503, em um delineamento experimental em blocos casualizados separados por condição hídrica, plantas irrigadas e com deficiência hídrica a 40% da capacidade de campo. Foram realizados dois trabalhos, um trabalho piloto para determinar o tipo do solvente mais efetivo em extrair compostos dos resíduos e outro trabalho mais direcionado acerca dos mecanismos envolvidos na capacidade atenuante de estresse e bioestimulante do extrato. No trabalho piloto, extrações do tipo alcoólica (AL, 100% etanol), hidroalcoólica (HA, 50% água destilada e 50% etanol) e aquosa (AQ, 100% água destilada) foram avaliadas. Como resultado a extração do tipo HA foi mais efetiva, sendo realizado o segundo trabalho em delineamento fatorial 2x3, com duas condições hídricas (irrigado e deficiência hídrica) e três concentrações do ERAM (0, 80 e 100%), com cinco repetições. A composição química do extrato foi determinada e as plantas foram avaliadas quanto às trocas gasosas, crescimento, parâmetros bioquímicos e atividade antioxidante. Foram identificados 19 compostos no ERAM, incluindo aminoácidos, açúcares e flavonas glicosídicas. Em plantas irrigadas, o ERAM atuou como bioestimulante ao promover maior assimilação de carbono, eficiência fotossintética, atividade das enzimas APX e GPOX, acúmulo de glicina-betaína e crescimento. Sob deficiência hídrica, o extrato preservou a atividade fotossintética, estimulou os sistemas antioxidantes enzimático (APX e GPOX) e não enzimático (glicina-betaína e glutationa), favorecendo o crescimento vegetal. Os resultados demonstram o potencial do ERAM como bioestimulante e como estratégia promissora para aumentar a tolerância do amendoim à deficiência hídrica.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea*, *Passiflora*, Extratos vegetais,

Extract from yellow passion fruit agro-industrial waste exhibits biostimulant effects and mitigates water deficit in peanut plants

Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) are an important source of nutrients and plant-based protein, and their cultivation can be directly affected by water availability. To meet food demands, the application of agricultural bio-inputs addresses economic, social, and environmental pillars. Yellow passion fruit residues contain metabolites with high antioxidant potential and biological significance. Thus, this study aimed to evaluate the potential of a natural extract derived from passion fruit agro-industrial residue on peanut plants, focusing on mitigating the effects of water deficit and/or promoting plant growth through a biostimulant effect. The study utilized the IAC 503 cultivar in a randomized block design, with plants separated by water condition: irrigated and water-deficient (40% of field capacity). Two experiments were conducted: a pilot study to determine the most effective solvent for extracting compounds from the residues, and a more focused study on the mechanisms underlying the extract's stress-mitigating and biostimulant capabilities. In the pilot study, alcoholic (AL: 100% ethanol), hydroalcoholic (HA: 50% distilled water and 50% ethanol), and aqueous (AQ: 100% distilled water) extraction methods were evaluated. The HA extraction proved most effective; consequently, the second experiment employed a 2x3 factorial design involving two water conditions (irrigated and water deficit) and three concentrations of the passion fruit residue extract (ERAM: 0, 80, and 100%), with five replicates. The chemical composition of the extract was determined, and the plants were evaluated for gas exchange, growth, biochemical parameters, and antioxidant activity. Nineteen compounds were identified in the ERAM, including amino acids, sugars, and glycosidic flavones. In irrigated plants, ERAM acted as a biostimulant by promoting greater carbon assimilation, photosynthetic efficiency, APX and GPOX enzyme activity, glycine-betaine accumulation, and growth. Under water deficit, the extract preserved photosynthetic activity and stimulated both enzymatic (APX and GPOX) and non-enzymatic (glycine-betaine and glutathione) antioxidant systems, thereby favoring plant growth. The results demonstrate the potential of ERAM as a biostimulant and as a promising strategy for enhancing peanut tolerance to water deficit.

Keywords: *Arachis hypogaea*, *Passiflora,* Plant extracts

Lista de Tabelas

Tabela 1: Dados Meteorológicos de Jaboticabal-SP, Brasil, 2024. ..... *28*
Tabela 2: Teor de flavonoides totais expressos em equivalente de vitexina. Os extratos de maracujá avaliados tinham 100% da concentração com três tipos de solventes, Aquoso (100% água), Alcoólico (100% etanol) e Hidroalcoólico (50:50% água e etanol)..... *31*
Tabela 3: Teor de macro e micronutrientes dos extratos (%). Os extratos de maracujá avaliados tinham 100% da concentração com três tipos de solventes, Aquoso (100% água), Alcoólico (100% etanol) e Hidroalcoólico (50:50% água e etanol). *31*
Tabela 1: Candidatos anotados no fingerprint realizado via metabolômica do Extrato dos Resíduos Agroindustriais do Maracujá (ERAM)..... *67*

Lista de Figuras

Capítulo 1 - Considerações Gerais

Figura 1: Diferentes estágios do desenvolvimento do ginóforo do amendoim. Diferentes estágios do desenvolvimento do ginóforo do amendoim; a) Flor, antes da fertilização; b) ginóforo fertilizado indo ao solo; c) vagens no início do desenvolvimento do fruto; d) vagens em desenvolvimento; e) e f) etapas de enchimento das vagens; g) vagens em etapa final de maturação (Moctezuma, 2003) (Fonte da imagem: autoria própria). _____ *2*
Figura 2: Partes do amendoim. Casca da vagem, "pele" (película que envolve a semente) e semente (Çiftçi; Suna, 2022, adaptado). _____ *2*
Figura 3: Proporção de terras agrícolas de cada região em relação ao quanto possuem o cultivo por irrigação (Su; Singh, 2024 - adaptado). _____ *5*
Figura 4: : Folhas, Flor e Fruto do maracujá amarelo (Bernacci et al., 2020) _____ *11*
Figura 5: Composição dos frutos do maracujá amarelo. Fonte da imagem: Autoria própria. Fonte das informações: Campos-Rodriguez et al., (2023) _____ *12*

Capítulo 2 - O extrato dos resíduos agroindustriais do maracujá possui efeito bioestimulante e atenuador de deficiência hídrica em plantas de amendoim

*Figura 1: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso de diferentes solventes (alcoólico, aquoso e hidroalcoólico), sobre o crescimento das plantas de amendoim, cultivadas por 25 dias após a aplicação. A) Área Foliar e B) Massa Seca da Parte Aérea. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* _____ *33*
*Figura 2: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso de diferentes solventes (alcoólico, aquoso e hidroalcoólico), sobre os pigmentos vegetais das plantas de amendoim, cultivadas por 25 dias após a aplicação. A) Clorofila a, B) Clorofila b, C) Clorofila Total (a+b) e d) Carotenoides. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* _____ *35*
*Figura 3: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso de diferentes solventes (alcoólico, aquoso e hidroalcoólico), sobre o MDA das plantas de amendoim, cultivadas por 25 dias após a aplicação. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* _____ *36*
*Figura 4: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso de diferentes solventes (alcoólico, aquoso e hidroalcoólico), sobre o crescimento das plantas de amendoim, cultivadas por 25 dias após a aplicação. A) Área Foliar e B) Massa Seca da Parte Aérea. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* _____ *38*
*Figura 5: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso de diferentes solventes (alcoólico, aquoso e hidroalcoólico), sobre os pigmentos vegetais das plantas de amendoim, cultivadas por 25 dias após a aplicação. A) Clorofila a, B) Clorofila b, C) Clorofila Total (a+b) e d) Carotenoides. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* _____ *40*
Figura 6: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso de diferentes solventes (alcoólico, aquoso e hidroalcoólico), sobre o MDA das plantas de amendoim,

*cultivadas por 25 dias após a aplicação. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* 42

Capítulo 3 – Extrato agroindustrial de maracujá modula o sistema antioxidante e melhora respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de amendoim

Figura 1: Temperaturas diárias (ºC) coletadas. Tº Máx out – Temperatura máxima marcada na ponta do sensor de ponta localizado na extremidade do fio; Tº Min out - Temperatura mínima marcada na ponta do sensor de ponta localizado na extremidade do fio; Tº Máx in - Temperatura máxima marcada no sensor principal fica dentro do próprio aparelho, medindo a temperatura do ambiente. Tº Min - Temperatura mínima marcada no sensor principal fica dentro do próprio aparelho, medindo a temperatura do ambiente. 61

Figura 2: Lâminas de irrigação (%) durante os dias de tratamentos experimentais. No tratamento IR, irrigado, as plantas mantiveram as lâminas em 80% da Capacidade de Campo (CC). No tratamento DH, Deficiência Hídrica, as plantas iniciaram os tratamentos em 40%, no dia 15/02 foram para 30%; no dia 17/02 foram para 25%; no dia 19/02 foram para 20%; no dia 21/02 foram para 4%; no dia 22/02 foram para 8%; no dia 24/02 foram para 10%; no dia 26/02 foram para 8%; no dia 03/03 foram para 4%; e no dia 06/03 foram para 10%. 62

*Figura 3: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso do solvente hidroalcoólico, sobre o crescimento das plantas de amendoim, cultivadas por 28 dias após a aplicação. IR – Tratamentos Irrigados e DH – Tratamentos com Deficiência Hídrica. Resultados de A) taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), B) taxa de transpiração (E), C) concentração intercelular de CO_2 (Ci), D) condutância estomática (gs), E) eficiência do uso da água (EUA) e F) relação entre A/Ci. Estas análises corresponderam a 12, 16, 22 e 29 dias após a aplicação do extrato (DAAE). * Valores significativos de probabilidade pelo teste F.* 70

*Figura 4: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso do solvente hidroalcoólico, sobre os pigmentos vegetais das plantas de amendoim, cultivadas por 28 dias após a aplicação. A esquerda os tratamentos foram submetidos a deficiência hídrica (Deficiência) e a direita os tratamentos foram submetidos ao tratamento irrigado (Irrigado). A) Clorofila a, B) Clorofila b, C) Clorofila total e D) Carotenoides. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* 71

*Figura 5: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso do solvente hidroalcoólico, sobre o peróxido de hidrogênio e MDA das plantas de amendoim, cultivadas por 28 dias após a aplicação. A esquerda os tratamentos foram submetidos a deficiência hídrica (Deficiência) e a direita os tratamentos foram submetidos ao tratamento irrigado (Irrigado). A)peróxido de hidrogênio e B) MDA. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* 72

*Figura 6: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso do solvente hidroalcoólico, sobre as atividades da SOD, APX e GPOX das plantas de amendoim, cultivadas por 28 dias após a aplicação. A esquerda os tratamentos foram submetidos a deficiência hídrica (Deficiência) e a direita os tratamentos foram submetidos ao tratamento irrigado (Irrigado). A) SOD, B) APX e C) GPOX. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e **Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.* 73

Figura 7: Efeito de diferentes doses crescentes de ERAM (0, 80 e 100%) obtidos a partir do uso do solvente hidroalcoólico, sobre a Prolina e Glicina betaína das plantas de amendoim, cultivadas por 28 dias após a aplicação. A esquerda os tratamentos foram submetidos a deficiência hídrica (Deficiência) e a direita os tratamentos foram submetidos ao tratamento irrigado (Irrigado). A) Prolina e B) Glicina betaína. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem

5. Conclusões

O ERAM atuou como bioestimulante em plantas de amendoimmantidas sob irrigação, promovendo maior assimilação de carbono, eficiência fotossintética e crescimento. Sob deficiência hídrica, o ERAM atenuou os efeitos do estresse ao preservar a atividade fotossintética, estimular os sistemas antioxidantes enzimático (APX e GPOX) e não enzimáticos (glicina-betaína e glutationa), e reduzir a peroxidação lipídica, evidenciada pelos menores teores de MDA.

Em conjunto, os resultados demonstram que uma única aplicação de ERAM foi capaz de aumentar a capacidade antioxidante, favorecera manutenção da homeostase redox e sustentar o metabolismo fotossintético, contribuindo para maior tolerância à deficiência hídrica e para o efeito bioestimulante em plantas de amendoim. Embora os resultados evidenciem o potencial bioestimulante e atenuador

do ERAM, estudos futuros avaliando aplicações sucessivas são necessários para determinarsua eficiência agronômicae seus efeitos sobre as respostas fisiológicas e bioquímicas e produtivas das plantas em longo prazo.

6. Referências Bibliográficas

ADIREDDY, Rajanna G. *et al.* Photosynthetic responses to light levels in drought-tolerant novel peanut (Arachis hypogaea L) genotypes. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 25032, 11 jul. 2025.

AHLAWAT, Yogesh K. *et al.* Plant phenolics: neglected secondary metabolites in plant stress tolerance. **Brazilian Journal of Botany**, v. 47, n. 3, p. 703–721, 2 nov. 2023.

ALEXIEVA, V. *et al.* The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 12, p. 1337–1344, 21 dez. 2001.

ANDERSON, Mary E. [70] Determination of glutathione and glutathione disulfide in biological samples. *In*: *[S.l.: S.n.].* p. 548–555.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163–190, 1 jun. 2013.

AZEVEDO NETO, André D. *et al.* Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. **Journal of Plant Interactions**, v. 5, n. 1, p. 1–10, mar. 2010.

AZEVEDO, R. A. *et al.* Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v. 104, n. 2, p. 280–292, 17 out. 1998.

BARBOSA, José Carlos; MALDONADO JÚNIOR, Walter. **AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. JaboticabalFUNEP, , 2015.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205–207, ago. 1973.

BAXTER, A.; MITTLER, R.; SUZUKI, N. ROS as key players in plant stress signalling. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 5, p. 1229–1240, 1 mar. 2014.

BOSE MAZUMDAR, Aparupa; CHATTOPADHYAY, Sharmila. Glutathione Pathways and Gene Networks: Central Players in Crop Adaptation to Environmental Stresses. **Plant Growth Regulation**, v. 105, n. 6, p. 1927–1948, 20 dez. 2025.

BRADFORD, Marion M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248–254, maio 1976.

BULGARI, Roberta; FRANZONI, Giulia; FERRANTE, Antonio. Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 306, 12 jun. 2019.

CANNEA, Faustina Barbara; PADIGLIA, Alessandra. Antioxidant Defense Systems in Plants: Mechanisms, Regulation, and Biotechnological Strategies for Enhanced Oxidative Stress Tolerance. **Life**, v. 15, n. 8, p. 1293, 14 ago. 2025.

CHEN, Jiaxu *et al.* Advances in the Biosynthetic Regulation and Functional Mechanisms of Glycine Betaine for Enhancing Plant Stress Resilience. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 16, p. 7971, 18 ago. 2025.

DEVI, Ritu *et al.* ABCB transporters: functionality extends to more than auxin transportation. **Planta**, v. 261, n. 4, p. 93, 18 abr. 2025.

DU JARDIN, Patrick. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3–14, nov. 2015.

FAROOQ, M. *et al.* Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1, p. 185–212, mar. 2009.

FURLAN, Ana Laura *et al.* Metabolic features involved in drought stress tolerance mechanisms in peanut nodules and their contribution to biological nitrogen fixation. **Plant Science**, v. 263, p. 12–22, out. 2017.

FURLAN, Ana Laura *et al.* Proline metabolic dynamics and implications in drought tolerance of peanut plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 151, p. 566–578, jun. 2020.

GIANNOPOLITIS, Constantine N.; RIES, Stanley K. Superoxide Dismutases. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309–314, 1 fev. 1977.

GILL, Sarvajeet Singh; TUTEJA, Narendra. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909–930, dez. 2010.

GRATÃO, Priscila L. *et al.* Biochemical dissection of diageotropica and Never ripe tomato mutants to Cd-stressful conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 56, p. 79–96, jul. 2012.

GRIEVE, C. M.; GRATTAN, S. R. Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds. **Plant and Soil**, v. 70, n. 2, p. 303–307, jun. 1983.

HASANUZZAMAN, Mirza *et al.* Regulation of Ascorbate-Glutathione Pathway in Mitigating Oxidative Damage in Plants under Abiotic Stress. **Antioxidants**, v. 8, n. 9, p. 384, 9 set. 2019.

HASANUZZAMAN, Mirza *et al.* Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. **Antioxidants**, v. 9, n. 8, p. 681, 29 jul. 2020.

HAYAT, Sikandar *et al.* Aqueous Garlic Extract as a Plant Biostimulant Enhances Physiology, Improves Crop Quality and Metabolite Abundance, and Primes the Defense Responses of Receiver Plants. **Applied Sciences**, v. 8, n. 9, p. 1505, 1 set. 2018.

HE, Kang *et al.* The Impact of Short-Term Drought on the Photosynthetic Characteristics and Yield of Peanuts Grown in Saline Alkali Soil. **Plants**, v. 13, n. 20, p. 2920, 18 out. 2024.

HENDERSON, Bethany C. R.; SANDERSON, John M.; FOWLES, Andrew. A review of the foliar application of individual amino acids as biostimulants in plants. **Discover Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 69, 13 maio 2025.

HERNANDEZ-LEON, Sergio G.; VALENZUELA-SOTO, Elisa M. Glycine Betaine is a Phytohormone-Like Plant Growth and Development Regulator Under Stress Conditions. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 42, n. 8, p. 5029–5040, 2 ago. 2023.

HUCHZERMEYER, Bernhard *et al.* Metabolic Pathway of Natural Antioxidants, Antioxidant Enzymes and ROS Providence. **Antioxidants**, v. 11, n. 4, p. 761, 11 abr. 2022.

ISRAR, Mohd *et al.* Bioaccumulation and physiological effects of mercury in Sesbania drummondii. **Chemosphere**, v. 65, n. 4, p. 591–598, out. 2006.

JARIN, Afsana *et al.* Glycine betaine in plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Discover Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 127, 22 dez. 2024.

JIANG, Chunji *et al.* Comparative transcriptome analysis of genes involved in the drought stress response of two peanut (Arachis hypogaea L.) varieties. **BMC Plant Biology**, v. 21, n. 1, p. 64, 27 dez. 2021.

KAZAKOV, Petar *et al.* Biostimulant-Based Molecular Priming Improves Crop Quality and Enhances Yield of Raspberry and Strawberry Fruits. **Metabolites**, v. 14, n. 11, p. 594, 5 nov. 2024.

KHAN, Naeem *et al.* Role of sugars, amino acids and organic acids in improving plant abiotic stress tolerance. **Pakistan Journal of Botany**, v. 52, n. 2, 15 abr. 2020.

KUMAR, Krishna *et al.* An Overview of Plant Phenolics and Their Involvement in Abiotic Stress Tolerance. **Stresses**, v. 3, n. 3, p. 570–585, 8 ago. 2023.

LAOUÉ, Justine; FERNANDEZ, Catherine; ORMEÑO, Elena. Plant Flavonoids in Mediterranean Species: A Focus on Flavonols as Protective Metabolites under Climate Stress. **Plants**, v. 11, n. 2, p. 172, 10 jan. 2022.

LI, Nenghui *et al.* Glycine betaine and plant abiotic stresses: Unravelling physiological and molecular responses. **Plant Science**, v. 355, p. 112479, jun. 2025.

LICHTENTHALER, Hartmut K. [34] Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *In*: *[S.l.: S.n.]*. p. 350–382.

MANSOOR, Sheikh *et al.* Reactive Oxygen Species in Plants: From Source to Sink. **Antioxidants**, v. 11, n. 2, p. 225, 25 jan. 2022.

MARTINEZ, Vicente *et al.* Accumulation of Flavonols over Hydroxycinnamic Acids Favors Oxidative Damage Protection under Abiotic Stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 15 jun. 2016.

MIHARA, Midori; UCHIYAMA, Mitsuru; FUKUZAWA, Kenji. Thiobarbituric acid value on fresh homogenate of rat as a parameter of lipid peroxidation in aging, CCl4 intoxication, and vitamin E deficiency. **Biochemical Medicine**, v. 23, n. 3, p. 302–311, jun. 1980.

MISHRA, Neelam *et al.* Achieving abiotic stress tolerance in plants through antioxidative defense mechanisms. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2 jun. 2023.

MITTLER, Ron. ROS Are Good. **Trends in Plant Science**, v. 22, n. 1, p. 11–19, jan. 2017.

MITTLER, Ron *et al.* Reactive oxygen species signalling in plant stress responses. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 23, n. 10, p. 663–679, 27 out. 2022.

MONTEIRO, Carolina C. *et al.* Biochemical responses of the ethylene-insensitive Never ripe tomato mutant subjected to cadmium and sodium stresses. **Environmental and Experimental Botany**, v. 71, n. 2, p. 306–320, jun. 2011.

NOCTOR, Graham *et al.* Glutathione: a key modulator of plant defence and metabolism through multiple mechanisms. **Journal of Experimental Botany**, v. 75, n. 15, p. 4549–4572, 12 ago. 2024.

ORIGINLAB CORPORATION. **Origin(Pro)**. Northampton, MA, USA.OriginLab Corporation, , 2018.

OSKU, Mozhdeh *et al.* Physiological and molecular responses of two contrasting drought resistance pistachio interspecific hybrid rootstocks. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 22 abr. 2025.

PAITAL, Biswaranjan. Removing small non-enzymatic molecules for biochemical assay of redox regulatory enzymes; An exemplary comments on “Antioxidant responses in gills and digestive gland of oyster Crassostrea madrasensis (Preston) under lead exposure. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 154, p. 337–340, jun. 2018.

PATEL, Jaykumar *et al.* Differential Physio-Biochemical and Metabolic Responses of Peanut (Arachis hypogaea L.) under Multiple Abiotic Stress Conditions. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 2, p. 660, 8 jan. 2022.

PATEL, Monika; FATNANI, Dhara; PARIDA, Asish Kumar. Silicon-induced mitigation of drought stress in peanut genotypes (Arachis hypogaea L.) through ion homeostasis, modulations of antioxidative defense system, and metabolic regulations. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 166, p. 290–313, set. 2021.

PATIL, Jitendra R. *et al.* Flavonoids in plant-environment interactions and stress responses. **Discover Plants**, v. 1, n. 1, p. 68, 27 dez. 2024.

PEREIRA, Jacqueline Wanessa de Lima *et al.* Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 766–773, dez. 2012.

PILON, Cristiane *et al.* Assessing stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation under progressive drought in peanut (Arachis hypogaea L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 231, p. 124–134, dez. 2018.

POKHREL, Sameer *et al.* Understanding the impacts of drought on peanuts (Arachis hypogaea L.): exploring physio-genetic mechanisms to develop drought-resilient peanut cultivars. **Frontiers in Genetics**, v. 15, 8 jan. 2025.

RAO, Muhammad Junaid *et al.* Antioxidant Defense System in Plants: Reactive Oxygen Species Production, Signaling, and Scavenging During Abiotic Stress-Induced Oxidative Damage. **Horticulturae**, v. 11, n. 5, p. 477, 29 abr. 2025.

REN, Jingyao *et al.* Comparative physiological and coexpression network analyses reveal the potential drought tolerance mechanism of peanut. **BMC Plant Biology**, v. 22, n. 1, p. 460, 26 set. 2022.

REN, Jingyao *et al.* Differential photosynthetic responses to drought stress in peanut varieties: insights from transcriptome profiling and JIP-Test analysis. **BMC Plant Biology**, v. 25, n. 1, p. 957, 25 jul. 2025.

ROUPHAEL, Youssef; COLLA, Giuseppe. Toward a Sustainable Agriculture Through Plant Biostimulants: From Experimental Data to Practical Applications. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1461, 24 set. 2020.

SADAK, M. S. *et al.* Amino acids foliar application for maximizing growth, productivity and quality of peanut grown under sandy soil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 2023.

SHIADE, Seyede Roghie Ghadirnezhad *et al.* Plant metabolites and signaling pathways in response to biotic and abiotic stresses: Exploring bio stimulant applications. **Plant Stress**, v. 12, p. 100454, jun. 2024.

SHOMALI, Aida *et al.* Diverse Physiological Roles of Flavonoids in Plant Environmental Stress Responses and Tolerance. **Plants**, v. 11, n. 22, p. 3158, 18 nov. 2022.

UNG, Kien Lam *et al.* Structures and mechanism of the plant PIN-FORMED auxin transporter. **Nature**, v. 609, n. 7927, p. 605–610, 15 set. 2022.

WANG, Mingxun *et al.* Sharing and community curation of mass spectrometry data with Global Natural Products Social Molecular Networking. **Nature Biotechnology**, v. 34, n. 8, p. 828–837, 9 ago. 2016.

WANG, Shujun *et al.* Photosynthesis, Chlorophyll Fluorescence, and Yield of Peanut in Response to Biochar Application. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 31 maio 2021.

WU, Jieting *et al.* Advances in the study of the function and mechanism of the action of flavonoids in plants under environmental stresses. **Planta**, v. 257, n. 6, p. 108, 3 jun. 2023a.

WU, Jieting *et al.* Advances in the study of the function and mechanism of the action of flavonoids in plants under environmental stresses. **Planta**, v. 257, n. 6, p. 108, 3 jun. 2023b.