



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Geovana Carla Nunes de Sousa

**ATENUADOR PIROLENHOSO NO CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS EM
MUDAS DE PITANGUEIRAS (*Eugenia uniflora* L). SOB DÉFICIT HÍDRICO**

MOSSORÓ/RN

2024

GEOVANA CARLA NUNES DE SOUSA

**ATENUADOR PIROLENHOSO NO CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS EM
MUDAS DE PITANGUEIRAS (*Eugenia uniflora* L). SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Vander Mendonça

Coorientadora: MSc. Adriana dos Santos
Ferreira.

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S725a Sousa, Geovana Carla Nunes de .
ATENUADOR PIROLENHOSO NO CRESCIMENTO E TROCAS
GASOSAS EM MUDAS DE PITANGUEIRAS (Eugenia
uniflora L). SOB DÉFICIT HÍDRICO / Geovana Carla
Nunes de Sousa. - 2024.
95 f. : il.

Orientador: Vander Mendonça.
Coorientador: Adriana dos Santos Ferreira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2024.

1. Pitangueira. 2. vinagre de madeira. 3.
restrição de água. 4. crescimento de plantas. 5.
trocas gasosas foliares. I. Mendonça, Vander,
orient. II. Ferreira, Adriana dos Santos , co-
orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Geovana Carla Nunes de Sousa

**ATENUADOR PIROLENHOSO NO CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS EM
MUDAS DE PITANGUEIRAS (*Eugenia uniflora* L). SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharelado em Agronomia.

Defendida em: 05/09/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



VANDER MENDONÇA

Data: 05/11/2024 14:58:37-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Vander Mendonça (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente



LUILSON PINHEIRO COSTA

Data: 05/11/2024 18:13:17-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. Luilson Pinheiro Costa (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



PATRYCIA ELEN COSTA AMORIM

Data: 05/11/2024 21:26:20-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. Patrycia Elen Costa Amorim (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



ADRIANA DOS SANTOS FERREIRA

Data: 05/11/2024 18:34:22-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. Adriana dos Santos Ferreira (UFRN)
Membro Examinador

Sebastião de Sousa Dantas (In Memoriam)
Meu nobre e leal amigo, que transcendeu.
Mas deixou em mim a luz e a sabedoria que
sempre compartilhava. Mesmo ausente
continua a me inspirar.

Aos meus pais, Francisco Geovani de
Sousa e Andrea Carla Nunes de Sousa,
por serem minha base, pelo amor
incondicional, por todo apoio e tempo
dedicado. Sem vocês nada disso teria
acontecido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela jornada vivida, pelo crescimento e aprendizado acadêmico, e pela realização deste objetivo: a conquista do título de bacharel em Agronomia.

Ao meu companheiro, Ronilson Dantas de Andrade Jr., agradeço pelo suporte, carinho e acolhimento durante todo esse período desafiador.

Gostaria de expressar um agradecimento especial ao meu orientador, Vander Mendonça, e à coorientadora Adriana dos Santos Ferreira, pela paciência, orientação e por me proporcionarem a oportunidade de desenvolver este trabalho, o empenho de vocês foram cruciais para o sucesso desta pesquisa.

Aos colegas do Grupo de Estudo, Pesquisa e Extensão em Fruticultura da UFERSA (GEPEF), meu sincero agradecimento pelo suporte e ajuda na montagem e condução do experimento. Vocês foram fundamentais para que este trabalho pudesse ser realizado com sucesso. A colaboração, dedicação e espírito de equipe de cada um foram essenciais para superar os desafios encontrados ao longo do processo. Agradeço por estarem sempre dispostos a contribuir, compartilhando conhecimentos e ideias que enriqueceram ainda mais esta pesquisa.

Durante minha trajetória acadêmica, tive a felicidade de conhecer pessoas incríveis, amigos que levarei para a vida. Entre eles, agradeço especialmente a Katiany Kelly Maia Paiva, uma amiga inestimável que me acompanhou e ofereceu suporte ao longo de toda essa jornada. Sua amizade e apoio foram essenciais para que eu pudesse seguir em frente, e por isso, sou eternamente grata. Em meio aos desafios conheci outra grande amiga, Andreza Maria da Silva Alves, obrigada pelas noites de estudos e todo suporte. Desejo a ambas todo sucesso.

Expresso minha gratidão a todos os amigos e colegas que fizeram parte dessa caminhada acadêmica. Mesmo que não tenha mencionado cada um individualmente, saibam que cada gesto de apoio, cada palavra de incentivo e cada momento compartilhado foi valioso para mim. Cada um de vocês contribuiu de maneira significativa para que eu pudesse alcançar este objetivo. Levo comigo as boas lembranças, os aprendizados e a certeza de que essa jornada foi mais rica graças à presença de todos vocês.

Agradeço também à Universidade Federal Rural do Semiárido pela estrutura e recursos fornecidos para a realização desta pesquisa.

Aos demais, meus agradecimentos acadêmicos

RESUMO

No clima semiárido, o crescimento das mudas de frutíferas é desafiado pelo estresse hídrico característico da região, o qual pode restringir seu desenvolvimento e, consequentemente, afetar a produção. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito atenuador do extrato pirolenhoso nas características de crescimento e trocas gasosas em mudas de pitangueiras sob diferentes períodos de irrigação. O extrato pirolenhoso exerce um efeito atenuador significativo nas características de crescimento e nas trocas gasosas em mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), submetidas a diferentes períodos de irrigação. A aplicação do extrato na concentração de 2% demonstrou ser eficaz na mitigação dos efeitos adversos do déficit hídrico, especialmente durante os primeiros sete dias de estresse hídrico. Os dados obtidos indicam que a utilização do extrato pirolenhoso não apenas favoreceu o desenvolvimento das mudas, refletindo em variáveis como número de folhas, diâmetro do caule e massa seca, mas também melhorou as trocas gasosas, evidenciadas pela taxa de assimilação de CO₂ e eficiência intrínseca do uso da água.

Palavras-chave: Pitangueira; vinagre de madeira; restrição de água, crescimento de plantas, trocas gasosas foliar.

ABSTRACT

In semi-arid climates, the growth of fruit tree seedlings is challenged by the region's characteristic water stress, which can restrict their development and consequently affect production. In this context, the aim of this research was to evaluate the mitigating effect of pyroligneous extract on growth characteristics and gas exchange in pitangueira seedlings under different irrigation periods. Pyroligneous extract has a significant mitigating effect on growth characteristics and gas exchange in pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), seedlings subjected to different irrigation periods. The application of the extract at a concentration of 2% proved to be effective in mitigating the adverse effects of water deficit, especially during the first seven days of water stress. The data obtained indicate that the use of pyroligneous extract not only favored the development of the seedlings, reflected in variables such as leaf number, stem diameter and dry mass, but also improved gas exchange, as evidenced by the rate of CO₂ assimilation and intrinsic water use efficiency.

Keywords: Pitangueira; wood vinegar; water restriction; plant growth; foliar gas exchange.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui montado para a experimentação, UFERSA, Campus de Mossoró,RN	59
Figura 2 - P(A) Pitangueiras adultas localizadas no Pomar da Ufersa, (B) Semeadura em sacolas para mudas, dimensões (15 x 25 cm), (C) Transplântio de pitangueiras para vasos e dispostas no solo em casa de vegetação	59
Figura 3 - Produto comercial de extrato pirolenhoso (a); condutividade elétrica (CE) e pH da solução (2% de extrato pirolenhoso), medidos usando um condutivímetro digital e um medidor de pH de bancada (B).....	62
Figura 4 - Medição de altura (A); Diâmetro do caule (B); Contagem do número de folhas de pitangueiras (C)	63
Figura 5 - Disposição das folhas de pitangueiras sobre material de EVA (Etileno-Vinil-Acetato) branco para registro fotográfico, com posterior análise no software ImageJ®.....	64
Figura 6 - Equipamento IRGA (InfraRed Gas Analyzer) utilizado para avaliar as trocas gasosas, sendo posicionado na parte aérea da planta (A); emissor de infravermelho realizando a leitura da folha da pitangueira (B).....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– (A) Dados climáticos relativos à temperatura e umidade relativa do ar (máxima e mínima) registrados nas estações meteorológicas da UFERSA, (B) Dados climáticos relativos à evapotranspiração e insolação total em Mossoró, por 17 dias do mês de novembro de 2023).....	58
Gráfico 2	– Número de folhas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.....	68
Gráfico 3	– Diâmetro do caule de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante	69
Gráfico 4	– Área foliar (A, B) e volume do sistema radicular (C) de mudas de pitangueira 230 dias após o transplante.....	70
Gráfico 5	– Concentração interna de CO ₂ (Ci) em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante	71
Gráfico 6	– Taxa de assimilação de CO ₂ (A), em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante	72
Gráfico 7	– Eficiência de carboxilação instantânea (A/Ci), em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.*	73
Gráfico 8	– Eficiência intrínseca do uso da água (A/gs) em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.....	75
Gráfico 9	– Massa seca da parte aérea (A), massa seca da raiz (B), massa seca total (C, D) de mudas de pitangueira analisadas 230 dias após o transplante	75
Gráfico 10	– Índice de qualidade de Dickson em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	caracterização química da mistura de solo de subsolo e substrato comercial utilizada para o cultivo de pitangueiras em vasos.....	61
Tabela 2	–	Análise química do extrato pirolenhoso concentrado e da água de irrigação local	61
Tabela 3	–	Análise de variância pelos valores de F para a troca gasosa e crescimento de mudas de pitangueira submetidas a diferentes períodos de irrigação (PI) e à aplicação de extrato pirolenhoso (EP) como atenuante	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABA	Ácido Abscísico
AF	Área Foliar _(cm)
AP	Altura da Planta _(cm)
Ci	Concentração Interna
CV	Coeficiente de Variação
DC	Diâmetro do Caule _(mm)
Dr	Doutor
E	Transpiração
EP	Extrato Pirolenhoso
EPD	Extrato Pirolenhoso
ERO	Espécie Reativa de Oxigênio
FV	Fonte de Variação
Gs	Condutância Estomática
ICE	Eficiência Instantânea de Carboxilação
IP	Periodo de Irrigação
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
IRGA	InfraRed Gas Analyzer
IWE	Eficiência Intrínseca do Uso da Água
MSA	Massa Seca da Parte Aérea _(g)
MSc	Mestre
MSR	Massa Seca da Raiz _(g)
MST	Massa seca total _(g)
NF	Número de Folhas
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
VSR	Volume do Sistema Radicular _(cm³)

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
\$	Cifrão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	44
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	46
2.1 Aspectos gerais de <i>Eugenia uniflora</i>	46
2.2 Área geográfica do experimento	49
2.3 Efeitos do déficit hídrico no crescimento de plantas	50
2.4 Efeitos principais do déficit hídrico sobre as trocas gasosas foliar	53
2.5 Aspectos gerais do uso do extrato pirolenhoso e utilização na agricultura.....	54
2.6 Produção de mudas sob o contexto do controle da irrigação	56
3 MATERIAIS E MÉTODOS	58
3.1. Caracterização do local e dados das Estações Meteorológicas Automáticas de Mossoró/RN	58
3.2. Delineamento experimental	59
3.3. Preparação das mudas.....	60
3.4 Análise em laboratório da água de abastecimento e do extrato pirolenhoso.....	61
3.5 Utilização do extrato pirolenhoso	62
3.6 Avaliação das Características de Crescimento de Pitangueiras.....	63
3.7 Determinação das trocas gasosas foliar em Pitangueiras	65
3.8 Tratamento Estatístico.....	66
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
5 CONCLUSÕES	81
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

1 INTRODUÇÃO

A pitangueira, ou cereja brasileira (*Eugenia uniflora* L.), é uma planta nativa do Brasil pertencente à família Myrtaceae (LORENZI, 1992). Ela se destaca por sua capacidade de adaptação a diversas condições climáticas, possibilitando sua ampla distribuição em regiões tropicais e subtropicais (GAIOLA; CARDOSO, 2022).

Seus frutos são ricos em antioxidantes benéficos à saúde humana, como pró-vitamina A, vitamina C, antocianinas e carotenoides (SANTOS et al., 2015). A polpa, com seu sabor adocicado, aroma intenso e fonte em nutrientes como cálcio, fósforo, ferro e vitaminas B1, B2, C e A, é ideal para campanhas de educação nutricional (AMORIM et al., 2009). Suas propriedades organolépticas ajudam a destacar sua versatilidade como ingrediente em produtos alimentícios e bebidas (FELLER, RIBAS e AMARAL, 2019). No aspecto nutricional, as folhas da pitangueira são reconhecidas na medicina popular brasileira por suas propriedades nutricionais, sendo valorizadas por seus efeitos antioxidantes, antidiarreicos e antibacterianos (AMORIM et al., 2009; OGUNWANDE et al., 2005).

No Brasil, a pitanga se destacou como um fruto amplamente explorado por volta dos anos 2000, consolidando-se como o principal produtor mundial da fruta, especialmente concentrado no estado de Pernambuco, na cidade de Bonito (EPSTEIN, 1998). Essa fruta, além de ser bastante apreciada em diversos restaurantes, bares e hotéis de Recife, apresenta um considerável potencial para a exportação, o que pode impulsionar a economia da região (EPSTEIN, 1998).

O cultivo de pitangueira não apenas atende à crescente demanda interna, mas também abrem portas para o desenvolvimento de novos produtos industriais e farmacêuticos, diversificando as opções de comercialização para os agricultores e contribuindo para reduzir a vulnerabilidade alimentar das famílias envolvidas na produção (BEZERRA et al., 2004).

Contudo, a alta perecibilidade da fruta, aliada à escassez de estudos voltados para seu melhor aproveitamento, limita a comercialização, que tende a ocorrer principalmente nos centros produtores (FRANZON, 2013). Na região Nordeste do Brasil, longos períodos de estiagem podem resultar em déficit hídrico, comprometendo o rendimento na produção de mudas de culturas agrícolas (RIBEIRO, 2023). Isso ocorre porque o clima da região é tropical, caracterizado pela irregularidade na distribuição espacial e temporal das chuvas. (SILVA et al., 2021). Assim, o déficit hídrico afeta diretamente o crescimento das plantas, devido à interrupção dos processos de divisão e diferenciação celular, essenciais para o desenvolvimento vegetal (COLOM; VAZZANA, 2001).

A água é considerada um solvente universal, e sua ausência afeta negativamente os processos do sistema solo-planta-atmosfera (SCALON et al., 2011). No solo, a manutenção da quantidade adequada de água é crucial para o equilíbrio do potencial osmótico dentro da planta (SOUSA et al., 2022). À medida que o solo seca, ocorre uma diminuição na permeabilidade das células vegetais, o que interfere na dissolução de substâncias orgânicas e no preenchimento dos espaços entre as finas estruturas do protoplasma e dos vacúolos (SILVEIRA et al., 2010).

A irrigação é crucial para a produção segura em regiões semiáridas, mas deve ser feita de maneira racional devido à limitada disponibilidade e qualidade da água (RIBEIRO, 2023; SOUSA et al., 2022). É fundamental desenvolver estratégias de manejo para mitigar os impactos do déficit hídrico e gerar mais informações sobre culturas frutíferas, especialmente durante a fase de muda, como a pitangueira (BEZERRA et al., 2004). Uma alternativa é conduzir mais estudos para identificar o período limite de déficit hídrico que não comprometa a qualidade das mudas, favorecendo assim a sua sobrevivência em cenários de escassez hídrica (GUO; STARMAN; HALL, 2018). Além disso, é importante melhorar a eficiência no uso da água, promovendo um menor consumo durante a irrigação (BAYER, 2020).

Dadas as circunstâncias, a adição de nutrientes via água de irrigação pode beneficiar diretamente o aumento dos níveis de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (HUANG et al., 2019). O líquido pirolenhoso, produzido pela condensação da fumaça após a queima do carvão vegetal, apresenta uso promissor como fertilizante orgânico vegetal, conforme a instrução normativa MAPA Nº 25, de 23 de julho de 2009 (BRASIL, 2009).

O extrato pirolenhoso, conhecido também como vinagre de madeira, é um subproduto resultante da pirólise da biomassa, especialmente do carvão vegetal (ZHU et al., 2021). Este líquido apresenta uma composição química complexa e rica, contendo diversos compostos, como fenóis, ácidos orgânicos e outros compostos voláteis que podem oferecer benefícios significativos ao cultivo de plantas (OFOE et al., 2022). Quando utilizado em concentrações adequadas, o vinagre de madeira tem demonstrado potencial para melhorar o crescimento das culturas, aumentar a resistência a estresses abióticos, pragas e doenças, e, consequentemente, elevar o rendimento e a qualidade das plantas (ZHU et al., 2021).

Além de seus efeitos benéficos nas plantas, o vinagre de madeira também contribui para a saúde do solo (ZHU et al., 2021). De acordo com os autores mencionados, o extrato pode estimular a atividade microbiana benéfica, melhorando a estrutura do solo e a retenção de água, características essenciais para o cultivo sustentável. Além disso, o interesse em adicionar esse extrato às práticas de irrigação se deve a seu potencial eficácia no manejo de solos salinos,

oferecendo uma solução para desafios enfrentados por agricultores em regiões afetadas pela salinidade (GREWAL; ABBEY; GUNUPURU, 2018).

O interesse em adicionar o líquido pirolenhoso à água de irrigação surge de seu potencial vantagem inicial para o crescimento das plantas em solos salinos (LASHARI et al., 2013). Isso se deve ao fato de que a salinidade aumenta o potencial osmótico do solo, dificultando a absorção de água pelas plantas, uma vez que a diferença de potencial entre o solo e as raízes é reduzida (HUANG et al., 2019). Vários estudos recentes têm avançado na compreensão do uso do resíduo da biomassa vegetal pirolisada no crescimento das plantas sob estresse salino, como os trabalhos de Huang et al. (2019), Joseph et al. (2015), Schnitzer et al. (2009) e Ferreira et al. (2024). Entretanto, pesquisas relacionadas ao tratamento salino em pitangueiras associado ao líquido pirolenhoso no crescimento e nas trocas gasosas são escassas. Portanto, o objetivo foi avaliar o efeito do extrato pirolenhoso nas características de trocas gasosas, crescimento e fitomassa da pitangueira sob diferentes períodos de déficit hídrico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS GERAIS DE *Eugenia uniflora*

O Brasil é conhecido por sua vasta diversidade vegetal, o que possibilita uma ampla exploração econômica em vários setores industriais, desde a agroindústria até a biotecnologia (FARIAS et al., 2020). Grande parte dessa riqueza vegetal é representada pela família Myrtaceae, que inclui entre 3.800 e 5.800 espécies de arbustos distribuídas em 121 gêneros, encontradas em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo (STEFANELLO; PASCOAL; SALVADOR, 2011). Essa diversidade oferece oportunidades significativas para o desenvolvimento de produtos alimentícios, medicinais e cosméticos, além de contribuir para a conservação da biodiversidade e o equilíbrio ecológico (SANTOS et al., 2015).

A espécie *E. uniflora* popularmente conhecida como pitangueira é originária do Brasil, essa frutífera é amplamente encontrada em regiões tropicais e subtropicais devido à sua adaptabilidade a diversas condições climáticas (CARDOSO, 2022). A pitangueira possui diversos centros de diversidade e domesticação no Brasil, sendo encontrada em todas as regiões, desde o Nordeste ao Sul do país (RASHMI; NEGI, 2022; SILVA, 2021;). Interessante ressaltar que a denominação de pitangueira, pitanga ou pitanga-vermelha deriva do vocábulo tupi “pi’tãg”, que significa vermelho, em referência à coloração de seus frutos (LIRA JÚNIOR et al., 2007). Os mesmos autores destacam que, em outros países, a espécie *E. uniflora* recebe

diversas denominações: nangapiri na Argentina; Brazil cherry em países de língua inglesa; e cereza de Surinam, grosella de México e pitanga em países de língua espanhola.

A pitangueira é uma planta arbustiva com altura média entre 2 e 4 metros, podendo alcançar de 6 a 9 metros em condições ideais (DIAS, 2010). Sua copa arredondada possui um diâmetro de 3 a 6 metros e apresenta folhagem contínua ou semidecídua. O sistema radicular da pitangueira é notável, caracterizando-se por uma raiz pivotante robusta, além de um extenso volume de raízes secundárias e terciárias que ajudam na fixação e absorção de nutrientes do solo (LORENZI, 1992). As folhas da pitangueira são ovaladas a lanceoladas, dispostas em um padrão oposto-cruzado, são coriáceas e glabras, apresentando formas que variam de lanceoladas a ovais ou elípticas. Essas folhas têm um ápice que pode ser agudo ou acuminado e uma base também aguda, além de serem de um verde brilhante, o que confere um aspecto ornamental à planta (RASHMI; NEGI, 2022). Essa morfologia foliar é bem adaptada ao ambiente tropical, proporcionando resistência e capacidade de realizar fotossíntese de maneira eficiente (KOZLOWSKI, 1997; NOGUEIRA et al., 2000).

As flores da pitangueira, em ambientes propícios para seu crescimento, surgem aproximadamente um ano após o desenvolvimento da base do ramo, sendo compostas por 4 a 8 flores hermafroditas ou solitárias (LIRA JÚNIOR et al., 2007). As flores da pitangueira apresentam características que variam conforme as condições ambientais e o manejo da planta. Elas são geralmente pequenas, de coloração branca, e possuem um aroma suave que atrai polinizadores, como abelhas (SOUZA et al., 2012). Em termos de estrutura, as flores da pitangueira são completas, com quatro pétalas e vários estames, o que facilita a polinização cruzada e, conseqüentemente, aumenta a variabilidade genética dos frutos (CASTRO et al., 2018).

O florescimento da pitangueira pode ser influenciado por diversos fatores, como a disponibilidade de água, nutrientes, e a temperatura do ambiente. Em regiões de clima semiárido, como o Nordeste brasileiro, o estresse hídrico pode afetar negativamente o desenvolvimento das flores, reduzindo a taxa de frutificação (ALMEIDA et al., 2019). Entretanto, quando manejada adequadamente, com irrigação suplementar e práticas de conservação do solo, a pitangueira pode florescer abundantemente, mesmo sob condições de estresse hídrico moderado (MOURA et al., 2020).

O fruto, uma drupa redonda, varia em cor de vermelho a roxo quando maduro, sendo conhecido pelo seu sabor doce e ácido, com formato de baga e de 8 a 10 sulcos longitudinais na casca; o epicarpo do fruto evolui do verde para o laranja, passando pelo vermelho e chegando ao roxo escuro (LORENZI, 1992).

Os frutos são constituídos por 77% de polpa e 23% de sementes, e possuem um sabor doce e ácido único, com um aroma intenso (GAIOLA; CARDOSO, 2022;). Essa combinação de características botânicas não só torna a pitangueira uma planta visualmente atraente, mas também a destaca como uma fonte de frutos saborosos e nutritivos. (FIDELIS et al., 2022).

Outras características nutricionais do fruto da pitangueira são destacadas por Santos et al. (2015), que ressaltam a presença de altas concentrações de cálcio, fósforo, pro-vitamina A, vitamina C e compostos fenólicos, como antocianinas e carotenoides, conhecidos por suas propriedades antioxidantes. Além das propriedades químicas dos frutos, Rashmi e Negi (2022) analisaram os constituintes fitoquímicos e o potencial anti-helmíntico da pitangueira em diferentes estádios de desenvolvimento do fruto, constatando um alto potencial antioxidante no extrato etanólico de sementes maduras.

A propagação da pitangueira no Brasil é predominantemente realizada por mudas do tipo pé-franco, ou seja, por meio da propagação de sementes, o que resulta em plantas não uniformes e com baixo potencial produtivo (CASASOLA, 2023). Além de levar à produção de plantas com baixa produtividade e desuniformidade, esse método dificulta a identificação das variedades disponíveis no país, resultando em frutos com uma ampla gama de colorações, que variam do alaranjado ao vermelho escuro e roxo (SOUTO, 2017).

A falta de identificação precisa das variedades disponíveis no país não apenas afeta a produção quantitativa, mas também impede a obtenção de dados oficiais. Isso é um dos fatores que dificultam a avaliação da importância da pitangueira tanto no mercado interno quanto no externo (LIRA JÚNIOR et al., 2007). Silva (2006), descreve que a produção anual de pitanga em escala comercial do Estado de Pernambuco esteja entre 1.300 e 1.700 ton/ano, o que possivelmente coloca o estado com maior produtor dessa frutífera.

Analisando o comportamento da pitangueira sob irrigação na região do Vale do Rio Moxotó, Pernambuco, Bezerra et al. (2004) constataram uma produção de 9,3 a 40,1 kg de frutos por ano para as seleções de pé-franco e entre 21,3 e 28,4 kg de frutos por ano para as enxertadas. Em um estudo posterior, Lira Júnior, Fernandes Bezerra e Lederman (2010) observaram que a cultivar “Tropicana” produziu em média 26,12 kg por planta (8.111 frutos), enquanto a pitanga roxa IPA-15.1 produziu 16,13 kg por planta (5.307 frutos). Os autores destacam o potencial econômico da fruticultura no Nordeste, mas ressaltam a escassez de pesquisas direcionadas à cultura.

Outro fato que possivelmente culmina com a falta de informações de produção dessa cultura é a utilização dessa frutífera com arbusto ornamental em sistemas de produção (SIMÃO; COLA; SILVA, 2022).

Em relação ao tipo de solo e à disponibilidade hídrica necessária para o crescimento da pitanga-vermelha, essa cultura pode ser cultivada em qualquer tipo de solo (MIELKE; SCHAFFER, 2010). CASSOL et al. (2021) observaram que *E. uniflora* tem melhor desempenho em solos com pH entre 4,51 e 5,00 (CaCl_2). No sistema de produção da pitangueira, recomenda-se a adubação de fundação com fósforo e uma fonte orgânica de 30 a 60 dias antes do plantio, e a aplicação parcelada de nitrogênio e potássio antes de completar o primeiro ano, com duas aplicações em sequeiro e até quatro sob irrigação (LIRA JÚNIOR et al., 2007).

Em relação à disponibilidade hídrica, a pitangueira requer umidade adequada no solo, tornando um fator essencial no seu cultivo em condições de clima tropical, como na região Nordeste (GAIOLA; CARDOSO, 2022). Segundo Inocente e Barbedo (2019), as sementes de *E. Uniflora*, mesmo dispersas com alto teor inicial de água, podem enfrentar condições adversas para o desenvolvimento das mudas, como períodos de seca, onde a falta de água no solo pode causar estresse. Portanto, são necessários novos estudos que busquem compreender os efeitos do déficit hídrico na cultura da pitangueira e encontrar alternativas para a expansão e consolidação dessa cultura no mercado brasileiro.

2.2 ÁREA GEOGRÁFICA DO EXPERIMENTO

A maior parte da região nordeste do Brasil é caracterizada por um clima semiárido. Esse clima apresenta uma alta variabilidade na distribuição de chuvas ao longo do tempo e do espaço, em que precipitação anual menor que 800 mm, enquanto a evaporação excede 2000 mm por ano. O índice de aridez de Thornthwaite é igual ou inferior a 0,50, e o déficit hídrico anual é de 60% ou mais, com secas frequentes que levam a uma falta de água durante a maior parte do ano prejudicando principalmente agricultura (SUDENE, 2017; SOUZA MEDEIROS et al., 2020; SILVA et al., 2021). Além dessas características, o município de Mossoró, localizado no semiárido do Rio Grande do Norte, apresenta um cenário climático que agrava os desafios agrícolas. A taxa de evaporação na região é extremamente elevada, frequentemente ultrapassando 2000 mm ao ano, o que resulta em um balanço hídrico negativo e intensifica a escassez de água (SILVA et al., 2021). A insolação também é significativa, com cerca de 2800 a 3000 horas de sol anuais, elevando as temperaturas médias a aproximadamente 27°C, o que aumenta a demanda hídrica das plantas e agrava o estresse hídrico (INMET, 2022).

Essas condições de alta evaporação e intensa radiação solar contribuem para o aumento do déficit hídrico na região, tornando a agricultura ainda mais vulnerável a períodos de seca prolongada. Como resultado, a produção agrícola na região de Mossoró enfrenta grandes desafios, exigindo a adoção de práticas agrícolas adaptadas às condições climáticas adversas, como técnicas de irrigação eficientes e o uso de cultivares resistentes à seca (ALMEIDA et al., 2019; MOURA et al., 2020).

Esses fatores destacam a necessidade de estratégias de manejo que considerem as particularidades do semiárido nordestino, a fim de mitigar os impactos negativos das condições climáticas sobre a agricultura local.

2.3 EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO NO CRESCIMENTO DE PLANTAS

A água é uma das substâncias químicas mais abundantes, cobrindo 71% da superfície terrestre. No entanto, sua distribuição é desigual, o que impõe restrições à produção vegetal (SOLOMON et al., 2007). A influência da restrição hídrica na produção de plantas supera o impacto combinado de outras perdas abióticas e bióticas (KRAMER & BOYER, 1995). Desta forma, o efeito da água sobre as plantas revela-se como principal fator para o crescimento e desenvolvimento do vegetal, envolvendo processos fisiológicos, bioquímicos, síntese de compostos energéticos e novos tecidos (BHATTACHARYA, 2021).

À medida que os eventos climáticos extremos aumentam a frequência dos períodos de seca, os recursos hídricos se tornam ainda mais limitados para a agricultura (RIBEIRO, 2023). Isso ocorre porque as alterações climáticas globais estão elevando a temperatura e os níveis atmosféricos de CO₂, resultando em secas mais frequentes e generalizadas (ABREHA et al., 2021). Isso torna necessário buscar estratégias e compreender os mecanismos que possibilitem o crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas em ambientes adversos (SHARP et al., 2004).

O estresse por déficit hídrico pode ser caracterizado quando a falta de água reduz o potencial hídrico e o turgor celular, impedindo que a planta desempenhe suas funções normais e essenciais (SHAO et al., 2008). Esse estresse afeta tanto a quantidade quanto a qualidade do crescimento das plantas, uma vez que prejudica a divisão e a diferenciação celular, processos essenciais para o desenvolvimento vegetal (COLOM; VAZZANA, 2001).

Os efeitos do déficit hídrico no crescimento de *Eugenia uniflora* são complexos, podendo ser observados em várias características fisiológicas e morfológicas da planta, que durante períodos de seca pode apresentar sintomas como murcha, clorose (amarelecimento das folhas) e redução no crescimento de folhas e raízes (KRAMER E BOYER, 1995).

Esses sinais são indicativos de estresse hídrico, que leva a uma diminuição na taxa de fotossíntese e na condutância estomática, resultando em menor absorção de nutrientes e água (KOZLOWSKI, 1997).

Estudos demonstram que *E. uniflora* possui um controle estomático eficaz, permitindo que a planta minimize a perda de água durante períodos de déficit hídrico ((BHATTACHARYA, 2021; SHAO et al., 2008). Essa adaptação é crucial para a sobrevivência em habitats que frequentemente enfrentam secas sazonais, como as restingas e áreas de mata atlântica (Nogueira et al., 2000). Além disso, a planta é capaz de ajustar sua morfologia, como o desenvolvimento de raízes mais profundas, para acessar água em camadas mais profundas do solo, o que contribui para sua resiliência em condições de estresse hídrico (CHAVES et al. 2009).

A tolerância ao déficit hídrico em *E. uniflora* é um aspecto importante para sua utilização em programas de restauração ecológica e em paisagismo, especialmente em áreas propensas a secas. A capacidade da planta de manter taxas fotossintéticas adequadas mesmo sob condições de estresse hídrico a torna uma opção viável para o cultivo em regiões com variações climáticas significativas (TAIZ et al., 2017).

Os efeitos do déficit hídrico no crescimento de *E. uniflora* são evidentes através de sintomas como murcha e clorose, mas a planta demonstra uma notável capacidade de adaptação, com características fisiológicas e morfológicas que a tornam uma espécie resiliente, capaz de prosperar em ambientes desafiadores (KOZLOWSKI, 1997). A compreensão dessas adaptações é fundamental para o manejo e a conservação de *E. uniflora*, especialmente em face das mudanças climáticas que afetam a disponibilidade de água em muitos ecossistemas.

Nesse sentido, o potencial hídrico do solo coordena tanto a reserva quanto a disponibilidade de água para as plantas, estando associado a três termos: campo de capacidade, ponto de murcha permanente e conteúdo de água disponível (BHATTACHARYA, 2021). À medida que a quantidade de água no solo diminui, ocorre uma redução na condutividade hidráulica devido à substituição da água pelo ar nos poros do solo (KAPPES et al., 2009). Esse processo diminui o movimento da água em direção aos perímetros dos poros do solo, o que pode limitar a condutividade hidráulica até as raízes e causar deficiência hídrica (TAIZ et al., 2017).

O crescimento é um dos processos fisiológicos mais sensíveis à seca devido à redução da pressão de turgescência (SHAO et al., 2008). De acordo com esses autores a expansão celular só pode ocorrer quando a pressão de turgescência é maior que o limite de rendimento da parede celular.

O déficit hídrico torna as paredes celulares dos tecidos foliares menos extensíveis, resultando em uma baixa expansão dos tecidos, um processo regulado por uma família de genes (COSGROVE, 2005). A expressão de vários genes de expansiva em regiões de crescimento de raízes e folhas é reprimida pelo déficit hídrico, com correlações entre a expressão local de expansiva e a taxa de alongamento local (TARDIEU, GRANIER e MULLER, 2011).

O estresse hídrico suprime significativamente a expansão e o crescimento celular devido à baixa pressão de turgescência (TAIZ et al., 2017). Essa redução na pressão de turgescência resulta no fechamento estomático, um processo influenciado pelo aumento dos níveis endógenos do hormônio do estresse, conhecido como ácido abscísico (ABA) (RODRIGUES et al., 2019).

A baixa frequência na abertura dos estômatos governado pelo ABA está diretamente relacionado ao efluxo de íons e ânions das células guarda para as células do mesófilo (TAIZ et al., 2017). Essa instabilidade iônica induz o fechamento dos estômatos, resultando em menor perda de água pela transpiração e baixa absorção de CO₂ (AULER et al., 2021). A diminuição na disponibilidade de CO₂ para o ciclo de Calvin acarreta efeitos prejudiciais, impactando negativamente o fotossistema II e promovendo a geração de espécies reativas de oxigênio (ERO's), que podem causar danos celulares (GURURANI; VENKATESH; TRAN, 2015).

O processo de formação de espécies reativas de oxigênio (ERO's) ocorre naturalmente nos vegetais; no entanto, em situações de déficit hídrico, essa formação tende a aumentar devido à produção de glicolato mesófilo (TAIZ et al., 2017). À medida que o nível de CO₂ intercelular diminui, a oxigenação da RUBISCO é favorecida, resultando em uma maior produção de ERO's (NOCTOR; MHAMDI; FOYER, 2014). Um aumento nos níveis de ERO's pode provocar uma oxidação parcial ou grave dos componentes celulares, induzindo alterações no estado redox, portanto, é decisivo controlar seu metabolismo em condições de estresse (KAR, 2011).

Dessa forma, o déficit hídrico impacta em todas as etapas do crescimento e desenvolvimento das plantas. É essencial compreender e atenuar os efeitos negativos da seca para aprimorar a gestão do uso da água em condições climáticas instáveis e garantir uma produção agrícola eficiente (JHA; KUMAR; INES, 2018).

2.4 EFEITOS PRINCIPAIS DO DÉFICIT HÍDRICO SOBRE AS TROCAS GASOSAS FOLIAR

Os efeitos do déficit hídrico nas plantas são amplamente reconhecidos, especialmente em relação às trocas gasosas foliares, que são cruciais para a fotossíntese e a transpiração. A água desempenha um papel fundamental no crescimento das plantas, e sua ausência pode impactar severamente diversas funções fisiológicas (CHAVES et al. 2008). Durante períodos de seca, a condutância estomática (gs) costuma diminuir, resultando em uma redução na taxa de transpiração e na assimilação de CO₂, o que afeta a produtividade fotossintética da planta (MISHRA et al., 2023). Quando as plantas enfrentam condições de seca, elas tendem a fechar seus estômatos para minimizar a perda de água por transpiração (MISHRA et al., 2023). Essa resposta, embora crucial para a sobrevivência da planta, resulta em uma diminuição na absorção de CO₂, o que pode levar a uma redução na taxa de fotossíntese (KOZLOWSKI, 1997). Estudos demonstram que a redução da condutância estomática pode resultar em uma diminuição significativa na fotossíntese, afetando o crescimento e a produtividade das plantas (CHAVES et al. 2008).

Entretanto, além da condutância estomática, o déficit hídrico também pode afetar a atividade das enzimas envolvidas na fotossíntese (KOZLOWSKI, 1997). A escassez de água pode levar a alterações na estrutura e na função das membranas celulares, impactando a eficiência das reações bioquímicas que ocorrem durante a fotossíntese (FLEXAS et al., 2006).

Adicionalmente, o déficit hídrico pode induzir um aumento na produção de compostos secundários, como os fitocromos, que podem atuar como sinalizadores de estresse (GRAVATT e KIRBY, 1998). Esses compostos podem influenciar a resposta da planta ao estresse hídrico, mas também podem ter efeitos adversos sobre a fotossíntese e as trocas gasosas (CHAVES et al., 2009). A interação entre a produção de compostos secundários e a fotossíntese é complexa e ainda está sendo estudada, mas é evidente que o déficit hídrico pode ter um impacto abrangente nas trocas gasosas.

Estudos demonstram que o déficit hídrico impacta na eficiência intrínseca do uso da água (A/gs), indicando que as plantas podem utilizar a água de forma mais eficiente em condições de estresse hídrico moderado (BHATTACHARYA, 2021). Assim, a gestão da água se torna essencial em ambientes onde a disponibilidade hídrica é limitada. A adoção de práticas agrícolas que visem melhorar a eficiência do uso da água pode ajudar a mitigar os efeitos adversos da seca e, consequentemente, garantir uma produção agrícola mais robusta (JHA; KUMAR; INES, 2018).

Além disso, o déficit hídrico pode induzir um aumento na formação de espécies reativas de oxigênio, levando a estresses oxidativos e danos celulares, sendo a manutenção da integridade celular e a capacidade de adaptação a estresses hídricos fundamentais para a sobrevivência das plantas (TAIZ et al., 2017). Pesquisa sugere que a intervenção com extratos naturais, como o extrato pirolenhoso, pode atuar como um condicionador que melhora o ambiente do solo e as trocas gasosas, mitigando parcialmente os efeitos do estresse hídrico (GREWAL; ABBEY; GUNUPURU, 2018). Portanto, entender como o déficit hídrico afeta as trocas gasosas é crítico para desenvolver estratégias de manejo que promovam a resistência das culturas à seca, assegurando assim a sustentabilidade agrícola e a segurança alimentar em regiões suscetíveis a condições climáticas adversas.

2.5 ASPECTOS GERAIS DO USO DO EXTRATO PIROLENHOSO E UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA

O extrato pirolenhoso é um produto resultante da decomposição térmica (pirólise) de materiais contendo carbono, como madeira, resíduos agrícolas, ou qualquer outro tipo de material orgânico durante a queima se decompõe, dando origem a três fases: uma sólida, o carvão vegetal; outra gasosa (CAMPOS, 2007). A pirólise é um processo químico que se refere à transformação térmica da biomassa, ou outros materiais em ambientes. Esse processo ocorre em condições de baixo ou nenhum oxigênio e resulta na produção de carvão vegetal e ácido pirolenhoso (GREWAL; ABBEY; GUNUPURU, 2018).

A composição do extrato pirolenhoso pode variar dependendo do material utilizado e das condições da pirólise (CAMPOS, 2007). Os principais componentes incluem oligômeros de carboidratos, lignina, celulose e hemicelulose, juntamente com minerais (OUATTARA et al., 2023). Cerca de 20% da composição é formada por componentes aquosos, como metanol, ácido acético e acetona, enquanto aproximadamente 15% são resíduos de alcatrão, predominantemente compostos fenólicos (OFOE et al., 2022). Além disso, gases como metano, etano e monóxido de carbono, resultantes da pirólise da lignina, representam cerca de 10% do peso da lignina (MOHAN; PITTMAN; STEELE, 2006; PETTERSEN, 1984).

A mistura complexa de produtos químicos e suas propriedades funcionais possibilitou a utilização do ácido pirolenhoso em diversas áreas industriais, abrangendo agricultura, engenharia de alimentos e medicina (OFOE et al., 2022).

Na agricultura, o vinagre de madeira ou extrato pirolenhoso, quando utilizado em concentrações adequadas, pode melhorar o crescimento das culturas, aumentar a resistência a estresses abióticos, pragas e doenças, e, conseqüentemente, elevar o rendimento e a qualidade das plantas (ZHU et al., 2021).

O crescimento e desenvolvimento das plantas na presença do extrato pirolenhoso estão associados aos estímulos celulares proporcionados pelos possíveis compostos químicos presentes, como por exemplo, acetato de metila e metanoato de metila (GREWAL; ABBEY; GUNUPURU, 2018). Essa substância também pode fornecer substrato para os microrganismos do solo usarem em suas atividades metabólicas, facilitando a mineralização ou decomposição da matéria orgânica, que conseqüentemente, libera nutrientes essenciais para as plantas (AKLEY et al., 2023).

Além das propriedades benéficas para o crescimento e desenvolvimento de plantas, Ofoe et al. (2022) descreveram evidências de que o extrato pirolenhoso contém butenolide, um composto biologicamente ativo da nova família de fitohormônios conhecida como “karrikinolide ou karrikins”, que, em concentrações adequadas, pode influenciar positivamente o crescimento das plantas.

Zulkarami et al. (2011) investigaram o efeito do ácido pirolenhoso no crescimento, produtividade e qualidade do melão (*Cucumis melo* L, cv. 'Glamour') em cultivo sem solo e encontraram que o uso combinado de fertilizantes e ácido pirolenhoso melhorou significativamente o desenvolvimento da cultura.

Angelo et al. (2022) observaram que a adição de 1,0% de extrato pirolenhoso ao substrato promoveu o desenvolvimento radicular de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro. No entanto, Zulkarami et al. (2011) conduziram um estudo sobre o efeito do ácido pirolenhoso no crescimento, produtividade e qualidade do melão cultivada em sistema hidropônico. Os resultados mostraram que a combinação de fertilizantes com o ácido pirolenhoso foi eficaz para melhorar significativamente o desenvolvimento dessa cultura. De maneira análoga, Angelo et al. (2022) também constataram benefícios ao adicionar 1,0% de extrato pirolenhoso ao substrato utilizado para cultivar mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro, promovendo um crescimento radicular mais vigoroso,

Akley et al. (2023) relataram que o uso do extrato pirolenhoso aumentou a produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em comparação ao controle, com variações de 45% para aplicação no solo e 28% para aplicação foliar em 2021, e 65% e 30%, respectivamente, em 2022. Ferreira et al. (2024) verificaram os benefícios do extrato em mudas de girassol (*Helianthus annuus* L.) utilizando uma concentração de 2% do extrato pirolenhoso.

Em pesquisa conduzida por Schnitzer et al. (2009), é importante destacar que não foram observadas diferenças significativas nas variáveis biométricas das plantas (*Cattleya intermedia* Lindl e *Cattleya loddigesii* Lindl.), independentemente das doses de ácido pirolenhoso aplicadas, sugerindo que o efeito do ácido pirolenhoso pode variar de acordo com as condições específicas de cultivo, a formulação do extrato e a interação com outros fatores presentes no ambiente de crescimento de plantas. Leite (2023) encontrou menores médias nas variáveis de produção quando as plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) foram cultivadas com o extrato.

Nesse contexto, é fundamental continuar investigando as aplicações do ácido pirolenhoso, considerando diferentes cenários e métodos, para compreender melhor como ele pode ser utilizado para otimizar o crescimento e a produtividade das culturas.

Essas diferenças podem ser atribuídas às variações nas condições do solo, métodos de aplicação e doses utilizadas, destacando a necessidade de mais estudos para entender melhor as interações entre o extrato pirolenhoso, o solo e as culturas, e otimizar sua aplicação para maximizar a produtividade. Além disso, são escassos os estudos sobre a mitigação do déficit hídrico, especialmente na fase de muda e em culturas frutíferas, o que reforça a necessidade de ampliar as pesquisas nesse campo

2.6 PRODUÇÃO DE MUDAS SOB O CONTEXTO DO CONTROLE DA IRRIGAÇÃO

A produção de mudas sob o contexto do controle da irrigação demanda um manejo eficiente que está diretamente relacionado à análise custo-benefício das tecnologias disponíveis, às características edafoclimáticas, à frequência, ao período e ao método de irrigação, ao estágio fenológico da cultura e ao objetivo da produção (ANDRADE, 2021; FARIA et al., 2016). A integração desses fatores contribui para um sistema de produção mais eficiente no uso da água.

Segundo Mendonça e Rassini (2015), o manejo da irrigação é essencial para racionalizar a aplicação de água, levando em consideração parâmetros como a estimativa ou medição da evapotranspiração da cultura (ETC, em mm dia⁻¹), a capacidade de armazenamento de água no solo (CAD, em mm) e a taxa de aplicação de água do sistema de irrigação (Ta, em mm h⁻¹).

Um aspecto crucial no manejo da irrigação é o intervalo ideal entre irrigações, que pode ser ajustado para aumentar a eficiência no uso da água, controlar o crescimento das mudas e melhorar o rendimento das culturas (BAYER, 2020). No entanto, a capacidade de armazenamento de água no solo e o consumo hídrico, que variam entre espécies, são fatores que devem ser considerados na definição desse intervalo (SILVA et al., 2023).

Compreender o limite tolerável entre os intervalos de irrigação é fundamental, pois intervalos prolongados podem resultar em déficit hídrico. Silva et al. (2023) investigaram a morfofisiologia e as relações hídricas de porta-enxertos de *Spondias* (*Spondias tuberosa* L. e *Spondias mombin*. L.) sob diferentes frequências de irrigação e observaram que o manejo de irrigação com turno de rega de cinco dias reduziu as trocas gasosas e o crescimento dos porta-enxertos. Esses resultados foram atribuídos ao maior intervalo entre irrigações, que causou déficit hídrico. De forma semelhante, Selote e Khanna-Chopra (2010) destacam que o estresse hídrico leve no início do crescimento das mudas de duas cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.), pode conferir resistência a déficits hídricos subsequentes de maior intensidade, em fases posteriores de desenvolvimento.

A exposição a condições de déficit hídrico leva as plantas a responderem a novos períodos de estresse com adaptações morfofisiológicas mais rápidas, aumentando sua capacidade de sobrevivência em ambientes desafiadores (NÓIA JÚNIOR et al., 2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL E DADOS DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS DE MOSSORÓ/RN

A pesquisa foi realizada em novembro de 2023, em casa de vegetação na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), localizada em Mossoró, RN, Brasil ($5^{\circ} 11' 31''$ S e $37^{\circ} 20' 40''$ W), com uma altitude média de 18 metros acima do nível do mar. De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Mossoró é classificado como BSw_h, caracterizado por ser um clima tropical muito quente, seco e semiárido durante a maior parte do ano (ALVARES et al., 2013).

Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa (UR) (máxima e mínima), evapotranspiração diária e insolação total (Gráfico 1) foram obtidos através do monitoramento dos parâmetros meteorológicos em Mossoró, utilizando informações das duas Estações Meteorológicas Automáticas (EMA/2023) localizado na UFERSA.

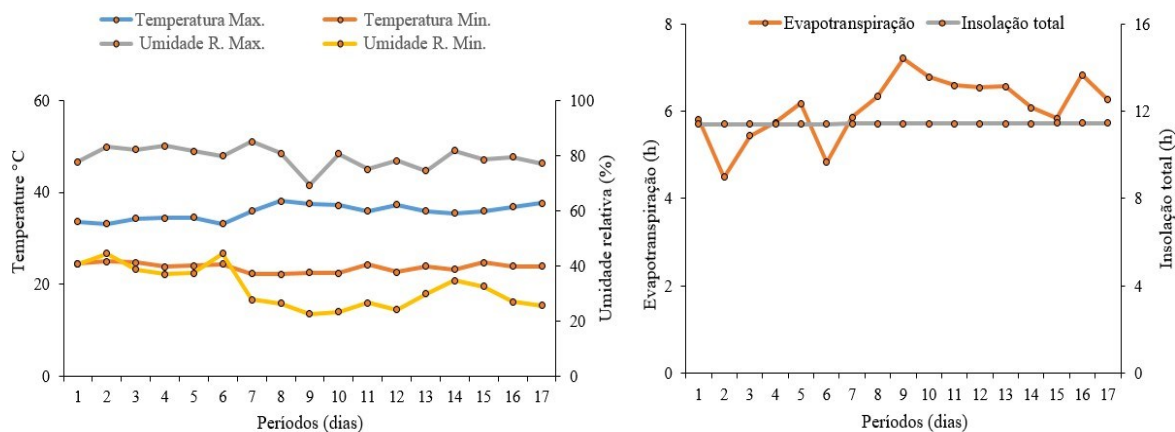


Gráfico 1: (A) Dados climáticos relativos à temperatura e umidade relativa do ar (máxima e mínima) registrados nas estações meteorológicas da UFERSA, (B) Dados climáticos relativos à evapotranspiração e insolação total em Mossoró, por 17 dias do mês de novembro de 2023.

3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento teve duração de 17 dias e foi conduzido em delineamento de blocos casualizados. O arranjo experimental seguiu esquema fatorial 3×2 , com quatro repetições, tratando cada planta como uma unidade experimental conforme o croqui (Figura 1). Foram definidos três períodos de irrigação (PI): IP0 (irrigação diária), IP2 (irrigação a cada 7 dias) e IP3 (irrigação a cada 14 dias). Cada condição foi avaliada com e sem aplicação do extrato pirolenhoso.

Croqui do experimento com plantas de pitangueiras em casa de vegetação, com 6 plantas na vertical e 4 plantas na horizontal, área total de 20 m².

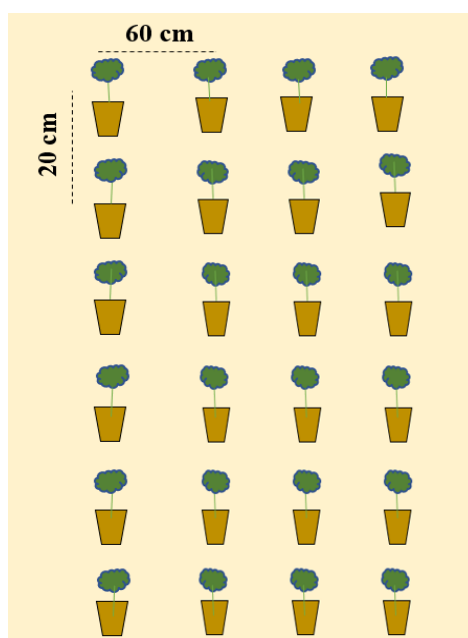


Figura 1: Croqui montado para a experimentação, UFERSA, Campus de Mossoró, RN.

3.3. PREPARAÇÃO DAS MUDAS

As sementes foram obtidas por matrizes dos frutos de pitangueiras, no pomar didático da UFERSA e foram extraídas após despulpamento e limpeza. As sementes foram semeadas em sacolas de polietileno de dimensões (15 x 20 cm) contendo substrato comercial e permaneceram sob irrigação intermitente por 90 dias. Após esse período, as plantas foram transplantadas para vasos com capacidade de 2,5 dm³, preenchidos com uma mistura de solo de subsolo e substrato comercial à base de casca de pinus, cinza, vermiculita, turfa, serragem e estabilizadores na proporção de 2:1.

Os procedimentos apresentados na Figura 2.

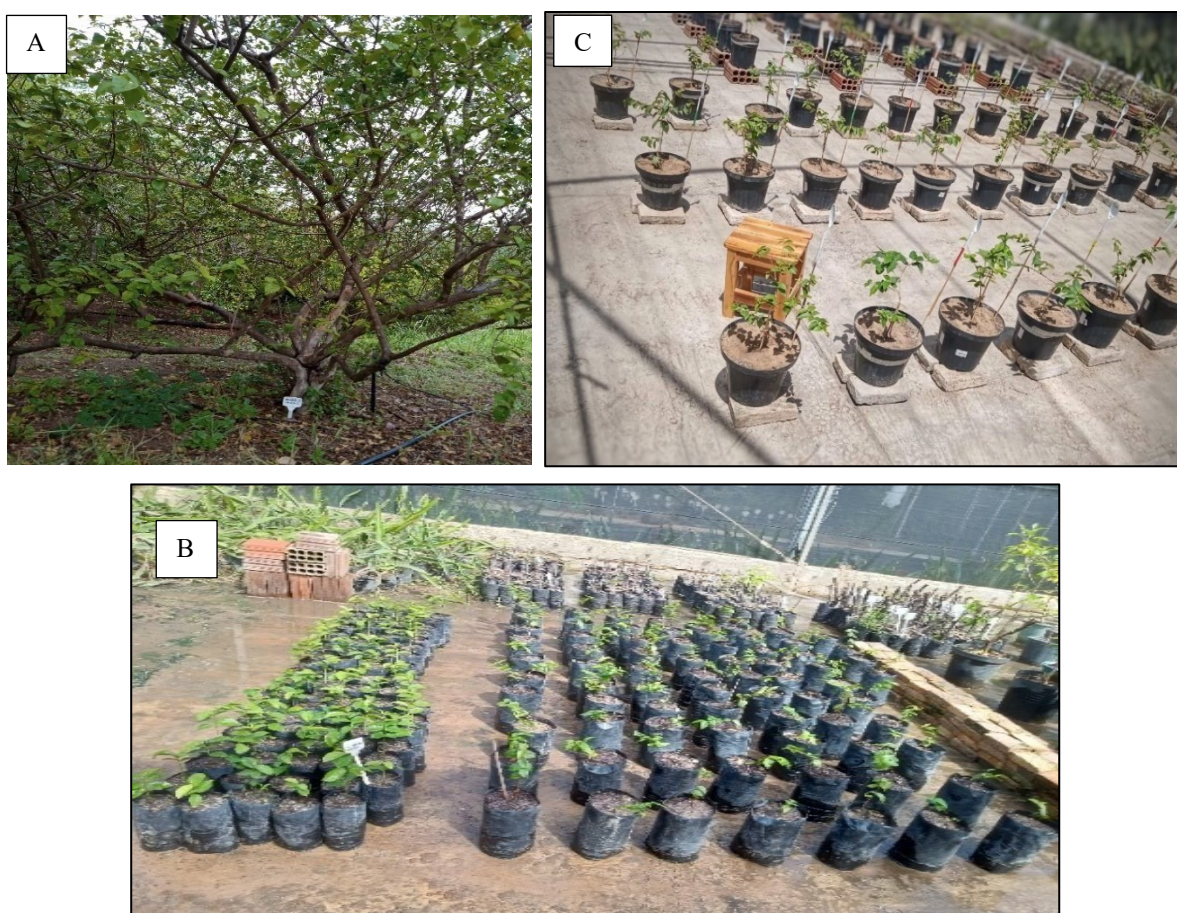


Figura 2: (A) Pitangueiras adultas localizadas no Pomar da UFERSA; (B) Semeadura em sacolas para mudas, dimensões (15 x 25 cm); (C) Transplântio de pitangueiras para vasos e dispostas no solo em casa de vegetação.

A Tabela 1 apresenta a análise de uma amostra de solo coletada e avaliada quanto aos atributos químicos durante a fase de transplante das plantas para vasos.

Tabela 1. caracterização química da mistura de solo de subsolo e substrato comercial utilizada para o cultivo de pitangueiras em vasos.

Atributos químicos do solo												
P	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	(H ⁺ +Al ³⁺)	SB	CTC	pH	CE	V	PST
mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³								H ₂ O	dS m ⁻¹	%	
185.4	0.68	1.75	6.31	0.55	0.04	3.14	9.3	9.01	5.7	0.41	74.7	4

Fertilidade – P, K⁺ e Na⁺ : Extraído com Mehlich 1; SB – Soma de bases (K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺); H⁺ Al³⁺ : extraído com acetato de cálcio 0,5 M em pH 7,0; CTC – Capacidade de troca catiônica [SB + (H⁺ + Al³⁺)]; Ca²⁺ e Mg²⁺ - extraídos com KCl 1M em pH 7,0; pH – Potencial de hidrogênio; CE – Condutividade elétrica; PST - Porcentagem de sódio trocável

3.4 ANÁLISE EM LABORATÓRIO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO E DO EXTRATO PIROLENHOSO.

A água utilizada na irrigação das mudas foi oriunda do reservatório localizado no campus de experimentação da UFERSA, Campus de Mossoró, cuja amostra foi retirada, identificada e encaminhada para análise química (Tabela 2).

Tabela 2: Análise química do extrato pirolenhoso concentrado e da água de irrigação local.

Análise de água de irrigação										
K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	Dureza mg L ⁻¹	pH	CE dS. m ⁻¹			
mmolc L ⁻¹										
0,26	1,46	0,74	4,59	2.4	110	8,5	0,58			
Análise do extrato pirolenhoso concentrado										
P	K ⁺	Mg	Ca	Na	C	N	C/N	OM	pH	CE dSm ⁻¹
g.L ⁻¹										
0,06	2,5	0,2	1.2	0,3	4.7	1,5	3.2	8.7	2.6	1.1
		Fé	Cu		Mn		B		Zn	
mg L ⁻¹										
		52,0	5,0		4,0		91,1		2,0	

béquer graduado. No tratamento controle, a água perdida por evapotranspiração foi repostada diariamente e monitorada por pesagem em balança digital (marca Filizola, modelo CS-15, com capacidade máxima de 15 kg). Nos demais tratamentos a irrigação foi aplicada a cada 7 dias durante um período total de 14 dias, utilizando a mesma quantidade de água aplicada diariamente na testemunha.

3.5 UTILIZAÇÃO DO EXTRATO PIROLENHOSO

O fertilizante orgânico pirolenhoso, produzido pela SP Pesquisa e Tecnologia (Figura 3A), foi utilizado conforme as instruções da embalagem do produto quanto à concentração. As plantas receberam três aplicações do extrato concentrado a 2% via água de irrigação, aos 237 e 244 dias após o transplante, sendo a primeira aplicação no início do experimento.

Para preparar a solução de aplicação, 20 mL do extrato foram diluídos em 1 L de água. A condutividade elétrica (CE) e o pH da solução foram então medidos usando um condutivímetro digital e um pHmetro de bancada, respectivamente, resultando em valores de 0,57 dS m⁻¹ e 3,89 (Figura 3B).

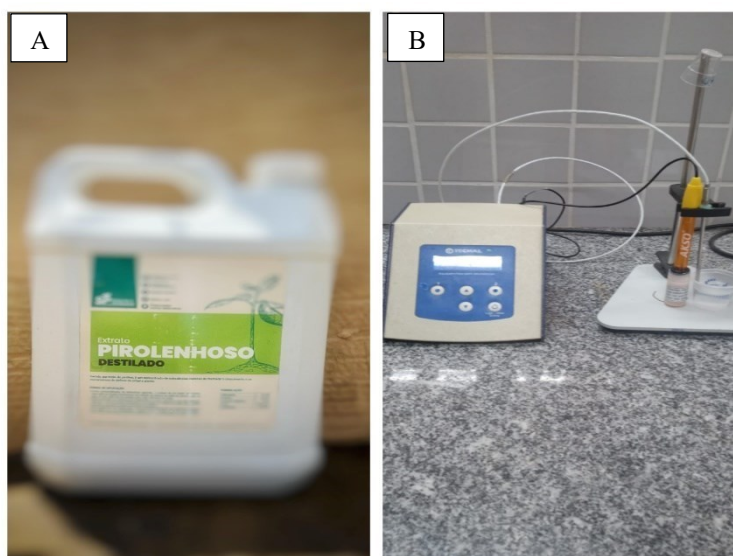


Figura 3: Produto comercial de extrato pirolenhoso (A); condutividade elétrica (CE) e pH da solução (2% de extrato pirolenhoso), medidos usando um condutivímetro digital e um medidor de pH de bancada (B).

3.6 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE PITANGUEIRAS

As avaliações morfofisiológicas da altura das plantas, número de folhas e diâmetro do caule foram realizadas no 10º e 17º dia de experimento, considerando a aplicação do extrato às plantas nos 7º e 14º dias.

Na Figura 4 estão imagens da biometria em plantas de pitangueiras. A altura das plantas (A) foi medida com uma trena, desde a base do caule até a inserção da última folha. O diâmetro do caule (B) foi determinado com um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. A contagem do número de folhas (C) considerou apenas aquelas que estavam totalmente expandidas em cada planta por tratamento.

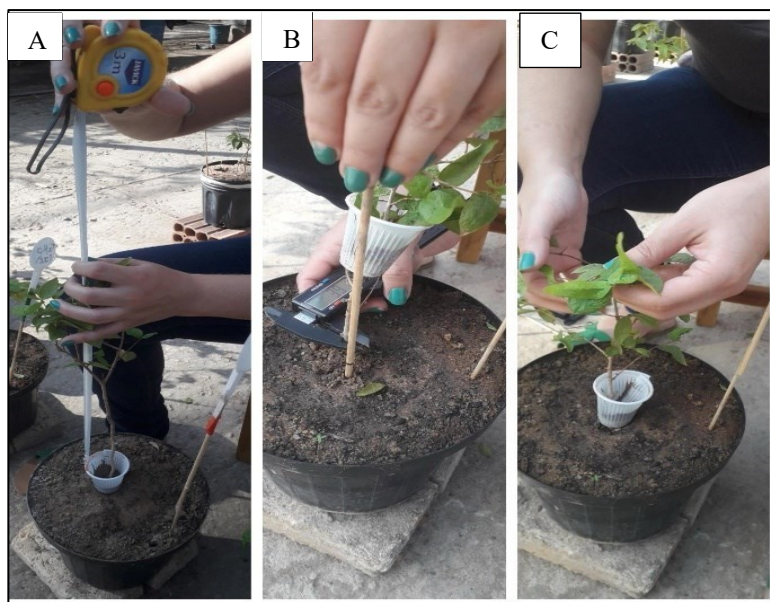


Figura 4: Medição de altura (A); Diâmetro do caule (B); Contagem do número de folhas de pitangueiras (C).

Para determinar o volume do sistema radicular das plantas. Após lavar e coletar as raízes de cada vaso, elas foram cuidadosamente colocadas em um béquer cheio de água. O volume de água deslocado pelas raízes foi medido em mililitros, utilizando a unidade de equivalência ($1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$) (Basso, 1999).

A área foliar foi determinada por meio da captura de imagens das folhas dispostas em uma superfície com escala numérica e posteriormente processadas no software de domínio público ImageJ® (Figura 5). O registro foi realizado por meio de um smartphone modelo Iphone 13 Pro Max.



Figura 5: Disposição das folhas de pitangueiras sobre material de EVA (Etileno-Vinil-Acetato) branco para registro fotográfico, com posterior análise no software ImageJ®.

Para determinar a massa seca das plantas, o material foi levado à estufa a 65 °C por 72 horas até atingir massa constante. Foram quantificadas a massa seca da parte aérea (MSA), a massa seca da raiz (MSR) e a massa seca total (MST). Os materiais foram pesados em uma balança semi-analítica com precisão de 0,001 g, e os resultados foram expressos em gramas por planta.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado conforme metodologia proposta por Dickson et al. (1960) (Equação 1).

$$DQI = \left(\frac{MST}{\left(\frac{MSA}{MSR} \right) + \left(\frac{AP}{DC} \right)} \right) \quad (1)$$

Onde:

MST - massa seca total (g),

MSA - massa seca da parte aérea (g),

MSR - matéria seca de raiz (g),

AP - altura do caule (cm),

DC - diâmetro da haste (mm).

3.7 DETERMINAÇÃO DAS TROCAS GASOSAS FOLIAR EM PITANGUEIRAS

Na Figura 6 A e B, são mostradas as leituras das trocas gasosas foliares em pitangueiras, realizadas com um analisador portátil de trocas gasosas e fluorescência (modelo GFS-3000).

As medições foram realizadas entre 8h e 10h, utilizando luz artificial ($1.200 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na concentração ambiente de referência de CO_2 de $400 \mu \text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$ do ar e temperatura ambiente. Condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 (A , $\mu \text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração foliar (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de carbono (C_i , $\mu \text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$) foram avaliadas. Além disso, foram calculadas a eficiência instantânea de carboxilação (iCE) e a eficiência intrínseca do uso da água ($iWUE$), (A/C_i) e (A/g_s), respectivamente (COUTINHO, 2019).

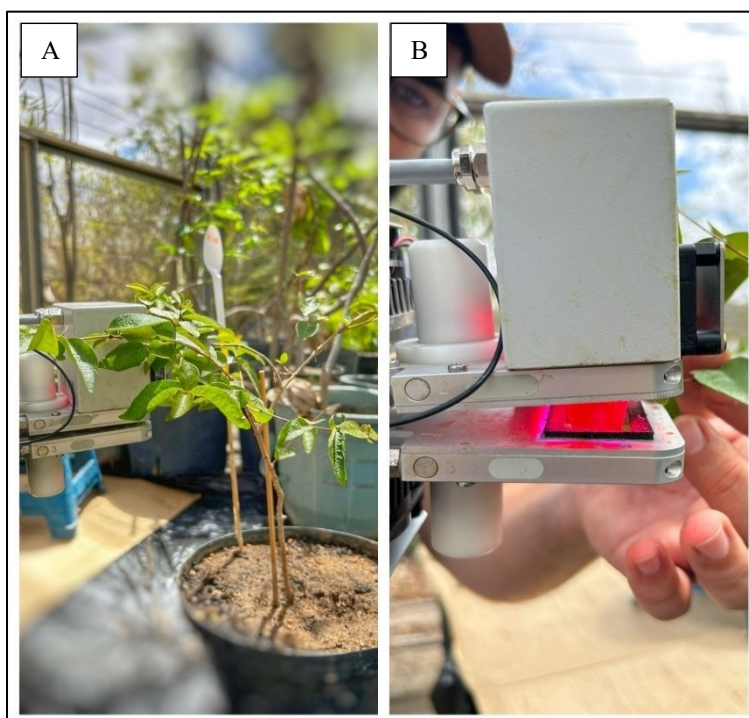


Figura 6: Equipamento IRGA (InfraRed Gas Analyzer) utilizado para avaliar as trocas gasosas, sendo posicionado na parte aérea da planta (A); emissor de infravermelho realizando a leitura da folha da pitangueira (B).

3.8 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com teste F com nível de significância de até 5% de probabilidade. Nos casos de resultados significativos, foram realizadas análises de comparação de médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre o déficit hídrico e o extrato pirolenhoso exerceu um efeito significativo nas variáveis relacionadas à troca gasosa, como a taxa de assimilação de CO₂ (A), a concentração interna de CO₂ (Ci), a eficiência de carboxilação instantânea (A/Ci) e a eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s). Além disso, o crescimento das plantas: número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSA) e índice de qualidade de Dickson (IQD). As variáveis para transpiração (E), área foliar (AF) e massa seca total (MST), condutância estomática (g_s), volume do sistema radicular (VSR) e massa seca das raízes (MSR) responderam ao fator isolado, enquanto a altura das plantas (AP) não respondeu à aplicação dos tratamentos, com um valor médio de 37,52 cm (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância pelos valores de F para a troca gasosa e crescimento de mudas de pitangueira submetidas a diferentes períodos de irrigação (PI) e à aplicação de extrato pirolenhoso (EP) como atenuante.

FV	Quadrado médio				Resíduo	CV (%)	Média
	PI	EP	PI × EP	Blocos			
GL	2	1	2	3	15		
A	0,43 [*]	1,32 ^{**}	0,83 ^{**}	0,02 ^{ns}		19,85	1,65
Ci	471,53 ^{**}	21,77 ^{ns}	99,15 [*]	32,69 ^{ns}		1,48	320,03
A/Ci	5x10 ^{-6*}	10 ^{-5**}	8x10 ^{-6**}	0,00 ^{ns}		20,6	0,005
A/g _s	0,69 ^{ns}	372,80 [*]	440,02 [*]	13,14 ^{ns}		21,83	40,55
NF	395,51 ^{ns}	3965,51 ^{**}	961,13 [*]	379,64 ^{ns}		16,53	82,64
DC	0,56 [*]	3,16 ^{**}	0,39 [*]	0,01 ^{ns}		11,11	2,93
MSA	2,68 ^{**}	2,63 [*]	1,60 [*]	1,02 ^{ns}		16,64	3,74
IQD	2,79 [*]	2,08 ^{ns}	5,11 ^{**}	0,57 ^{ns}		22,24	3,91
E	0,17 ^{**}	0,21 ^{**}	0,03 ^{ns}	0,003 ^{ns}		10,25	0,98
NF	1,19 [*]	1,14 [*]	0,07 ^{ns}	0,10 ^{ns}		21,52	2,02
MST	7,16 ^{**}	4,34 [*]	2,86 ^{ns}	1,04 ^{ns}		17,93	5,38
g _s	3x10 ^{-4*}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}		13,16	0,04
VSR	6,88 ^{**}	1,04 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,06 ^{ns}		22,74	3,70
MSR	1,26 [*]	0,21 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,08 ^{ns}		29,60	1,63
AP	26,82 ^{ns}	8,88 ^{ns}	10,40 ^{ns}	4,03 ^{ns}		7,30	37,52

FV – Fonte de variação; DF – Graus de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ns, *, ** – Não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente,

A análise do número de folhas, diâmetro do caule e área foliar revela informações cruciais sobre o vigor e desenvolvimento das plantas. Esses parâmetros indicam a capacidade fotossintética, a robustez estrutural e a eficiência de transpiração, sendo essenciais para avaliar o impacto de tratamentos como extratos ou irrigação no desempenho vegetal (AMNAN et al., 2023).

O número de folhas (Gráfico 2) teve efeito da interação entre os fatores estudados, Pitangueiras submetidas a um intervalo de irrigação mais curto e ao extrato pirolenhoso (7 dias + EP) apresentou um aumento significativo, com uma média de 113 folhas, representando um incremento de 31,07% em comparação com o mesmo período sem o extrato (Gráfico 2A). Em contraste, após 14 dias de déficit hídrico, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com e sem o extrato, com médias de 77,75 folhas e 76,12 folhas, respectivamente. Esse resultado sugere que, após um período prolongado de déficit hídrico, uma quantidade expressiva de folhas, que apresentaram necrose nas bordas, entrou em estágio de abscisão foliar.

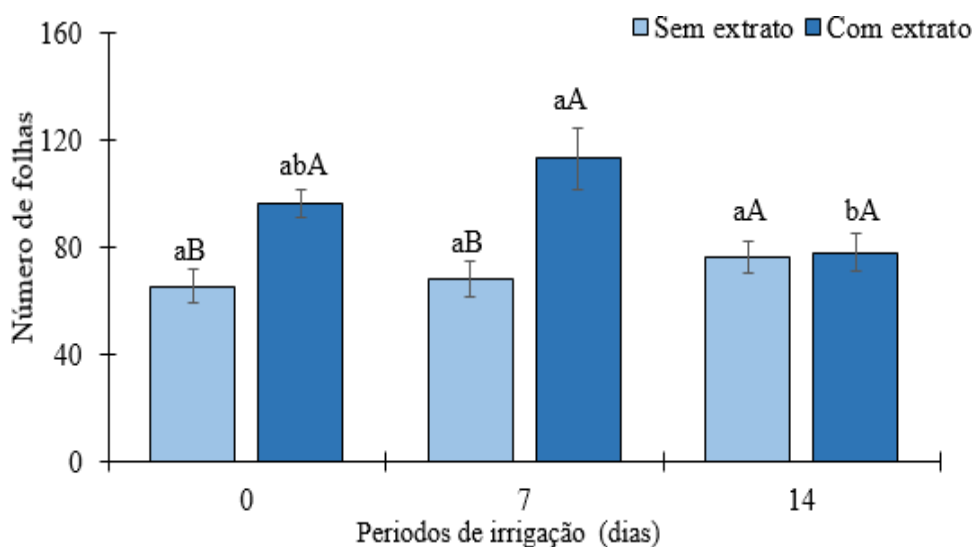


Gráfico 2. Número de folhas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.

*Barras verticais representam o erro padrão (n=4), Barras com letras minúsculas iguais não diferem entre diferentes períodos de irrigação dentro de cada método de aplicação do extrato pirolenhoso pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), Barras com letras maiúsculas idênticas não apresentam diferenças significativas entre si para cada método de aplicação do extrato pirolenhoso dentro de cada período de irrigação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$),

Amnan et al, (2023) analisaram as folhas de *Pandanus amaryllifolius* Roxb., pulverizados com extrato pirolenhoso de dendê (EPD) em diluições de 1:100, 1:250, 1:500 e 1:1000, aplicadas a cada 3 dias durante até 12 dias, sob estresse hídrico e seca por 7 e 10 dias, as amostras tratadas com EPD diluído a 1:500 apresentaram menos folhas amareladas (8% e 23%) comparadas às não tratadas (16% e 37%). As amostras bem irrigadas não mostraram amarelecimento.

A interação entre períodos de irrigação e métodos de aplicação de extrato pirolenhoso (EP) causou efeitos significativos no diâmetro do caule (Gráfico 3). Em plantas submetidas a 7 dias de déficit hídrico com EP a 2%, as maiores médias de diâmetro do caule foram 2,7 mm e 3,72 mm. Em contraste, plantas aos 14 dias, sem e com EP via água de irrigação, apresentaram médias menores, com 2,58 mm e 2,79 mm, respectivamente. Esses resultados indicam que o extrato pirolenhoso pode aprimorar os efeitos negativos do déficit hídrico em períodos mais curtos, promovendo robustez e saúde geral da planta.

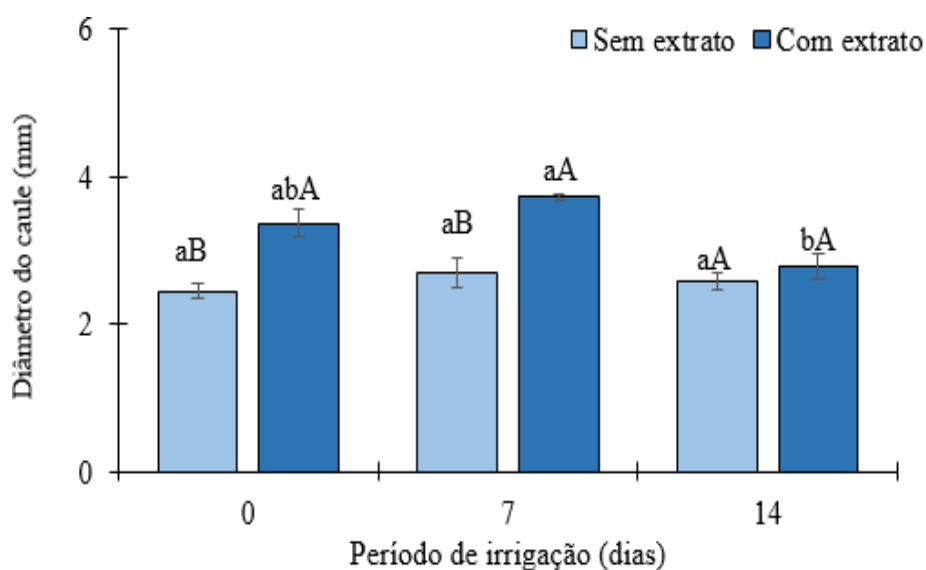


Gráfico 3. Diâmetro do caule de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.

*Barras verticais representam o erro padrão (n=4), Barras com letras minúsculas iguais não diferem entre diferentes períodos de irrigação dentro de cada método de aplicação do extrato pirolenhoso pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), Barras com letras maiúsculas idênticas não apresentam diferenças significativas entre si para cada método de aplicação do extrato pirolenhoso dentro de cada período de irrigação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$),

Um caule mais robusto geralmente indica que a planta está crescendo vigorosamente, tem boa estrutura de suporte e é capaz de transportar eficientemente água e nutrientes (FARQUHAR et al., 1980). Amnan et al, (2023) relataram um aumento de 3 mm na circunferência do caule em plantas de *P. amaryllifolius* submetidas a estresse hídrico e tratadas com extrato pirolenhoso de *Elaeis guineensis* Jacq.

O efeito isolado do déficit hídrico de 7 dias foi suficiente para atender às necessidades das plantas em termos de área foliar (Gráfico 4A). Nesse intervalo, as plantas conseguiram manter uma área foliar otimizada, essencial para a fotossíntese e outras funções fisiológicas, resultando em um aumento de 22,22% em comparação com o déficit hídrico de 14 dias.

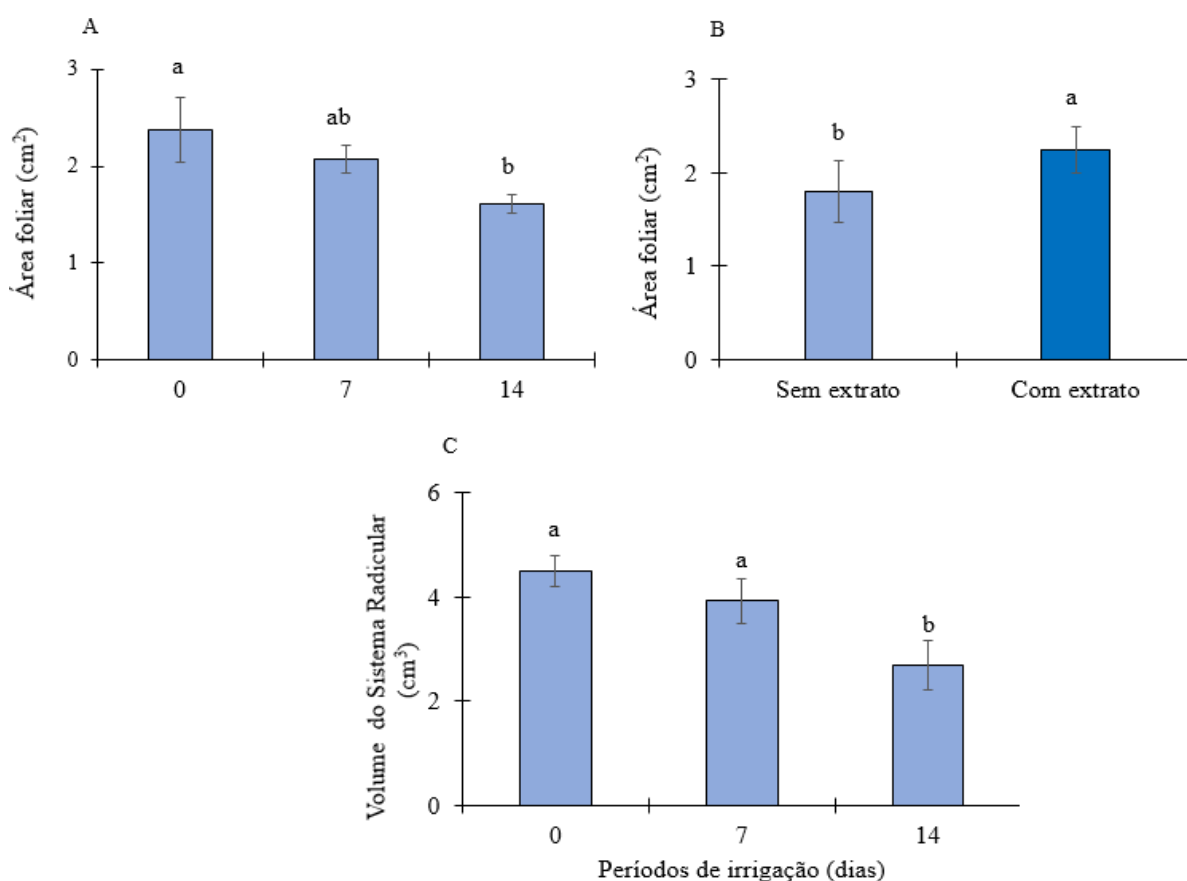


Gráfico 4. Área foliar (A, B) e volume do sistema radicular (C) de mudas de pitangueira 230 dias após o transplante.

As barras verticais representam o erro padrão (n=4), Letras minúsculas distintas indicam diferenças entre as médias de cada fator estudado (períodos de déficit hídrico e métodos de aplicação de EP) de acordo com o teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%,

O efeito isolado do extrato pirolenhoso na área foliar (Gráfico 4B) das plantas resultou em um aumento de 19,64% em comparação com as plantas que não receberam o extrato, evidenciando o impacto positivo da aplicação do EP. Resultados de Amnan et al, (2023) mostraram a eficácia do extrato pirolenhoso de dendê em *P. amaryllifolius* em aliviar os efeitos adversos do estresse pela seca e, como tal, o extrato poderia ser potencialmente aplicado na agricultura.

Na variável volume do sistema radicular (Gráfico 4C), observou-se que o tratamento com déficit hídrico de 7 dias apresentou uma média maior de 3,75 cm³ em comparação com os tratamentos de déficit hídrico de 14 dias, resultando em um aumento de 31,55% no volume radicular. Um sistema radicular maior permite que a planta utilize os recursos do solo, como água e nutrientes, de maneira mais eficiente, o que pode potencializar seu crescimento e produtividade (LYNCH et al., 2021).

As trocas gasosas são processos essenciais para a fotossíntese e a respiração nas plantas, envolvendo a absorção de dióxido de carbono (CO₂) e a liberação de oxigênio (O₂) disponível (TOSCANO et al, 2019). Esses processos são regulados pelos estômatos, pequenas aberturas nas folhas que controlam a entrada e saída de gases e vapor d'água (SELEIMAN et al., 2021). A eficiência das trocas gasosas é influenciada por fatores como a disponibilidade de água, a luz, a temperatura e as condições ambientais, impactando diretamente o crescimento e a produtividade das plantas (MA et al, 2022),

A concentração interna de CO₂ (Ci) (Gráfico 5) nas plantas de pitangueira, após 7 e 14 dias de déficit hídrico sem tratamento com extrato pirolenhoso (EP), foi de 313,82 e 316,20 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, valores relativamente mais baixos em comparação com o período de 7 dias de déficit hídrico com EP, que foi de 322,42 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Este resultado representa um aumento de 3,61% em comparação com as plantas irrigadas após 14 dias de déficit hídrico com EP.

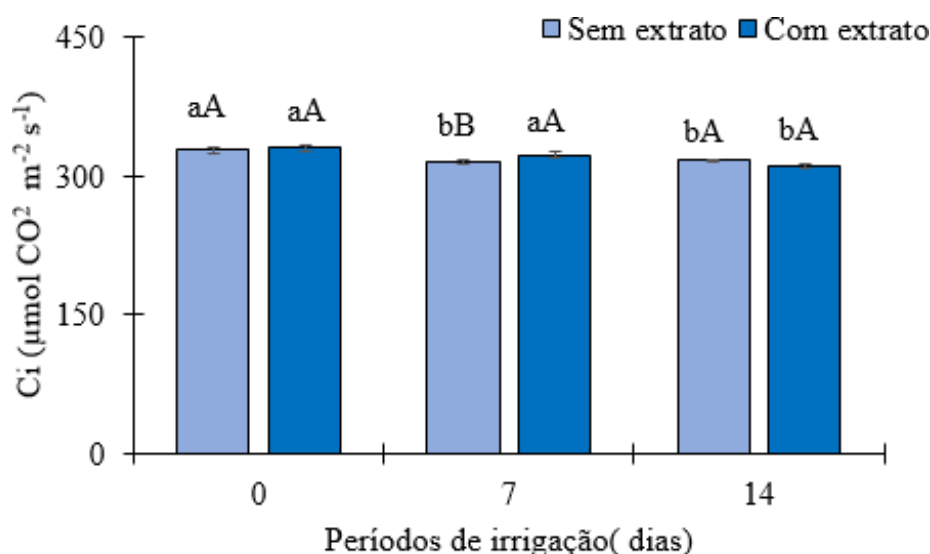


Gráfico 5. Concentração interna de CO₂ (Ci) em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.

O resultado da concentração interna de CO₂ (Ci) sugere que as plantas de pitangueira foram capazes de utilizar o CO₂ disponível de maneira mais eficiente, garantindo a continuidade do processo fotossintético mesmo sob condições de estresse hídrico. Um curto período de estresse hídrico pode permitir que as plantas mantenham uma concentração interna de CO₂ (Ci) suficiente para a fotossíntese, otimizando assim a eficiência do CO₂ disponível (TOSCANO et al., 2019),

A taxa de assimilação de CO₂ (A) (Gráfico 6) em plantas submetidas a 7 e 14 dias de estresse hídrico, sem a aplicação de extrato pirolenhoso, não apresentou diferenças em relação às plantas irrigadas. Contudo, com a aplicação do extrato pirolenhoso, plantas sob 7 dias de déficit hídrico que receberam o extrato exibiram uma taxa de assimilação de CO₂ de 2,23 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, representando um aumento de 40,04% em comparação com as plantas sob 14 dias de déficit hídrico com extrato. Isso indica que as plantas de pitangueira sob estresse leve, quando irrigadas com extrato pirolenhoso, têm o potencial de melhorar a capacidade fotossintética das mudas.

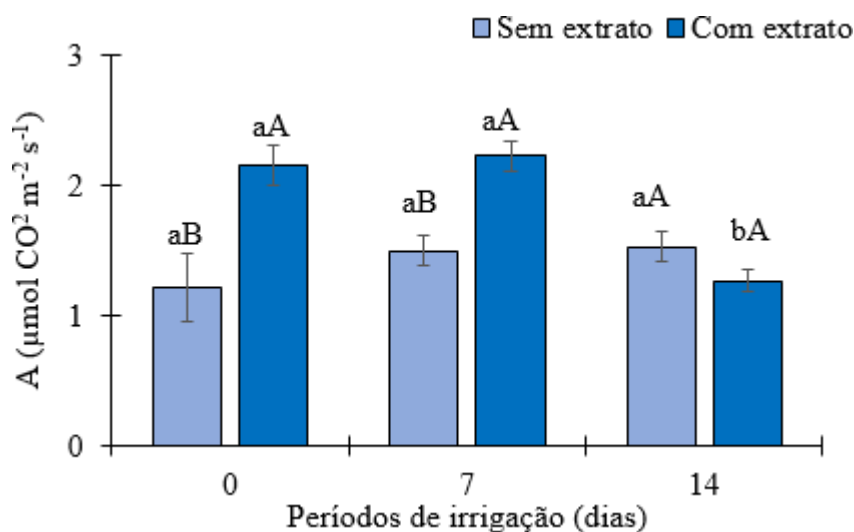


Gráfico 6. Taxa de assimilação de CO₂ (A), em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.

Portanto, a utilização do extrato pirolenhoso parece fornecer um benefício adicional significativo ao potencial de assimilação de CO₂ das plantas, ajudando a mitigar os impactos negativos do déficit hídrico. No estudo de Santos et al, (2019), bioestimulantes aplicados em plantas em vaso, como o extrato pirolenhoso, foram avaliados quanto às respostas fisiológicas de plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (clone AEC 144). As plantas foram pulverizadas com diferentes concentrações de Stimulate® e submetidas a regimes de irrigação total, parcial e sem irrigação, revelando resultados significativos. Os autores observaram que as taxas de fotossíntese das plantas pulverizadas com Stimulate® foram 21,54% e 9,71% maiores, respectivamente, do que aquelas das plantas que não receberam a aplicação do produto.

Nos estudos realizados por Zhu et al, (2022), a aplicação de extrato pirolenhoso em mudas de colza (*Brassica napus* L.) expostas a estresse por baixas temperaturas (10 °C durante o dia e 5 °C à noite) resultou em um aumento na taxa líquida de fotossíntese, com a adição do extrato pirolenhoso, a taxa líquida de fotossíntese elevou-se de 17,7 para 18,2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ sob as condições de baixa temperatura combinadas com o extrato (baixa temperatura + EP).

As plantas de pitangueiras tratadas com extrato pirolenhoso sob estresse hídrico mostraram efeitos na eficiência de carboxilação instantânea (A/C_i) (Gráfico 6). Sem a aplicação do extrato pirolenhoso, durante 7 e 14 dias de déficit hídrico, os valores médios foram semelhantes, cerca de $0,005 [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$. Contudo, com a aplicação do extrato pirolenhoso após 7 dias de déficit hídrico, observou-se um aumento de 42,85% em comparação com o déficit hídrico de 14 dias, também com o extrato.

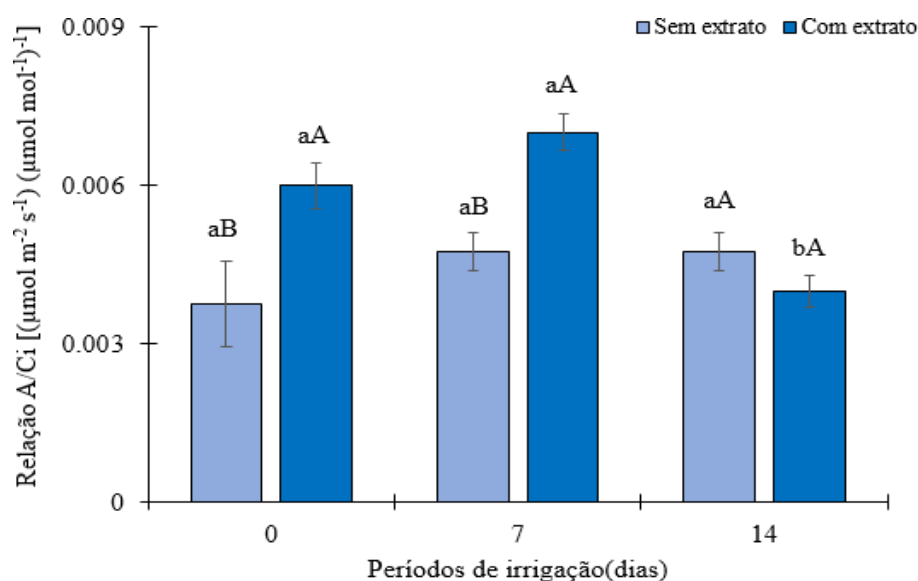


Gráfico 7. Eficiência de carboxilação instantânea (A/Ci), em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.

A eficiência de carboxilação instantânea (iCE) é uma medida da eficácia com a qual a planta realiza a carboxilação do CO₂ durante a fotossíntese, especificamente em um momento instantâneo (MORALES et al., 2020). É um indicador importante da eficiência do processo fotossintético, refletindo a capacidade das plantas de converter CO₂ em compostos orgânicos (LONG et al., 2006). Os resultados da eficiência de carboxilação instantânea indicam que o extrato pirolenhoso pode melhorar a utilização de CO₂ em condições de estresse hídrico, até o limite de tolerância da planta (MORALES et al., 2020),

A eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) (Figura 7), conforme descrito por Santos et al, (2021), reflete a capacidade das plantas da Caatinga, como as árvores de pitanga, de utilizar a água de maneira eficiente em seus processos fisiológicos. No presente estudo, as pitangueiras submetidas a 14 dias de déficit hídrico sem extrato pirolenhoso (EP) e a 7 dias de déficit com EP apresentaram eficiências médias de 45,14 e 46,36 μmol mmol⁻¹, respectivamente, sem diferença significativa entre elas. A ausência de uma diferença significativa pode ser atribuída ao efeito limitado do EP em alterar a relação A/g_s sob estresse hídrico. Embora o EP tenha melhorado a taxa de assimilação de CO₂ em condições de menor estresse, esse efeito não foi suficiente para induzir uma mudança significativa na relação A/g_s.

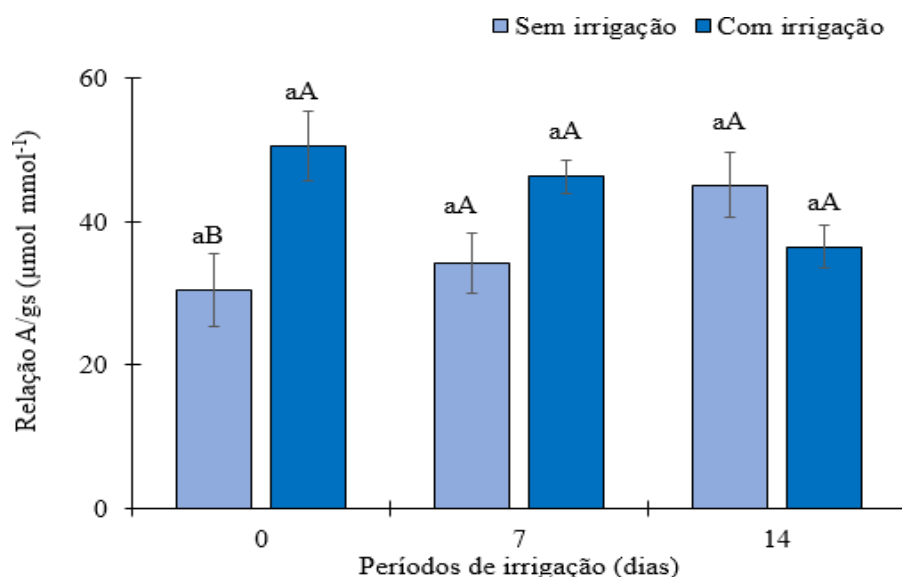


Gráfico 8. Eficiência intrínseca do uso da água (A/gs) em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.

*Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$), Barras com letras minúsculas iguais não diferem entre diferentes períodos de irrigação dentro de cada método de aplicação do extrato pirolenhoso pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), Barras com letras maiúsculas idênticas não apresentam diferenças significativas entre si para cada método de aplicação do extrato pirolenhoso dentro de cada período de irrigação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$),

A eficiência intrínseca do uso da água (A/gs) é geralmente considerado um indicador positivo, pois sugere que a planta está conseguindo manter a produtividade fotossintética com menor consumo de água, o que é especialmente importante em ambientes com disponibilidade hídrica limitada (FARQUHAR et al., 1989).

Analisando o efeito isolado dos fatores estudados na troca gasosa foliar (Gráfico 8), um tratamento de água de 7 dias, em comparação com o déficit hídrico mais severo de 14 dias, resultou em um aumento de 40% na condutância estomática (gs) (Gráfico 8A) e um aumento de 26,12% na taxa de transpiração (E) (Gráfico 8B). Um período mais curto de estresse permite que as plantas façam ajustes fisiológicos menos severos (SELEIMAN et al., 2021).

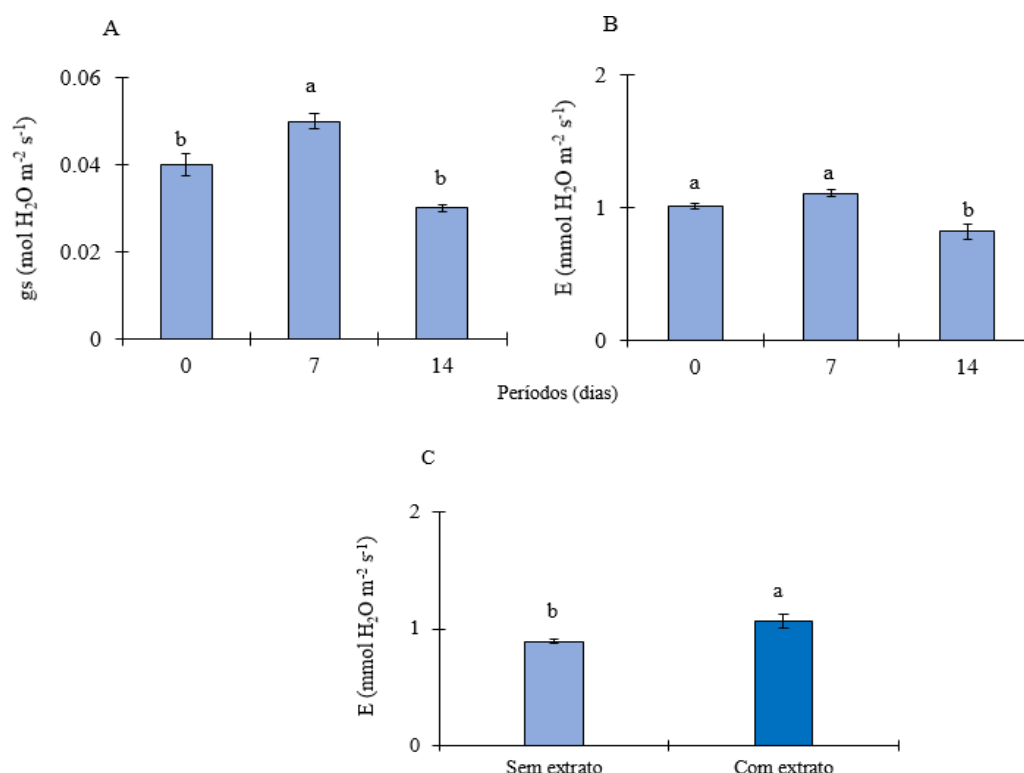


Gráfico 8. Condutância estomática (A) e transpiração (B, C) de mudas de pitangueira 230 dias após o transplante.

**As barras verticais representam o erro padrão ($n=4$). Letras minúsculas distintas indicam diferenças entre as médias de cada fator estudado (períodos de déficit hídrico e métodos de aplicação de EP) de acordo com o teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.

A condutância estomática e a taxa de transpiração são variáveis interdependentes, desempenhando um papel crucial na regulação da fotossíntese, no controle do balanço hídrico e na adaptação das plantas a diferentes condições ambientais (SCHULZE et al., 1973).

O efeito isolado do uso de extrato pirolenhoso na taxa de transpiração das plantas (Gráfico 8C) resultou em um aumento de 16,82% em comparação com a condição sem o produto, Ma et al, (2022) demonstraram que, em cultivares de canola (*Brassica napus* L.) utilizando a solução nutritiva de Hoagland, o pré-tratamento com extrato pirolenhoso na concentração ideal (solução de EP diluída na proporção de 1:500) aliviou efetivamente a inibição induzida pelo estresse salino.

A interação entre o déficit hídrico e a aplicação do extrato pirolenhoso resultou em mudanças significativas no crescimento das plantas, conforme evidenciado pela massa seca da parte aérea das mudas. Além disso, foram observados efeitos isolados dos fatores estudados sobre a massa seca das raízes e a massa seca total (Figura 9).

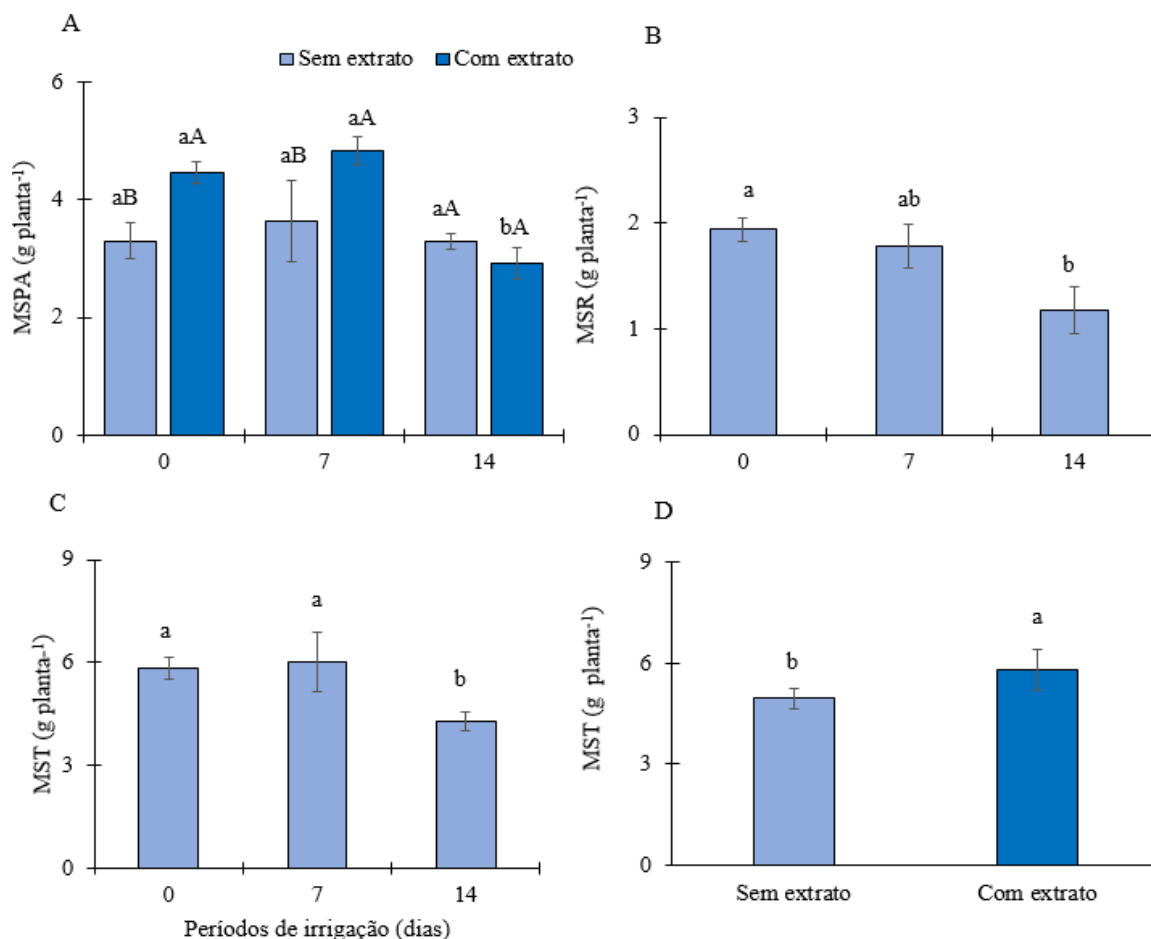


Gráfico 9. Massa seca da parte aérea (A), massa seca da raiz (B), massa seca total (C, D) de mudas de pitangueira analisadas 230 dias após o transplante.

*Barras verticais representam o erro padrão (n=4), Barras com letras minúsculas iguais não diferem entre diferentes períodos de irrigação dentro de cada método de aplicação do extrato pirolenhoso pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), Barras com letras maiúsculas idênticas não apresentam diferenças significativas entre si para cada método de aplicação do extrato pirolenhoso dentro de cada período de irrigação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$),

De acordo com a análise da biomassa seca da parte aérea (Figura 9A), observou-se que o tratamento com 7 dias de déficit hídrico combinado com extrato pirolenhoso teve um efeito significativo, resultando em uma média de 4,84 g por planta. Em contraste, durante o mesmo período, as plantas que experimentaram déficit hídrico sem o extrato pirolenhoso apresentaram uma média menor de 3,64 g por planta. Um padrão semelhante de redução também foi observado em plantas tratadas com o extrato pirolenhoso durante 14 dias de déficit hídrico, com uma média de 2,92 g por planta, em comparação com as plantas sem o extrato, que tiveram uma média de 3,29 g por planta. A redução na biomassa seca em plantas sem o extrato durante curtos períodos de déficit hídrico pode impactar negativamente a biomassa. No entanto, plantas tratadas com extrato pirolenhoso tendem a preservar melhor a biomassa, ajudando a mitigar mais rapidamente os efeitos do déficit hídrico.

Para a massa seca da raiz (Figura 9B), o período de 14 dias de déficit hídrico resultou em uma redução de 33,70% em comparação ao período de 7 dias de déficit hídrico. A análise da massa seca total (Figura 9C) mostrou que períodos prolongados de déficit hídrico (14 dias) levaram a uma menor acumulação de massa seca, com uma média de 4,29 g por planta, representando uma redução de 28,73% em comparação ao período mais curto de déficit hídrico (7 dias). Com base na análise do efeito isolado do extrato sobre a massa seca total (Figura 9D), houve um aumento de 15,51% na massa seca total em plantas tratadas com o extrato em comparação às que não receberam o extrato. A água é crucial para o transporte de nutrientes e o crescimento celular (LYNCH et al., 2021). Além disso, o extrato pirolenhoso alivia os efeitos adversos do estresse hídrico e pode ser potencialmente aplicado na agricultura (AMNAN et al., 2023).

Mudanças significativas na qualidade das plantas foram resultantes da interação entre a aplicação do extrato pirolenhoso e o déficit hídrico, conforme evidenciado pelo Índice de Qualidade de Dickson (Gráfico 10).

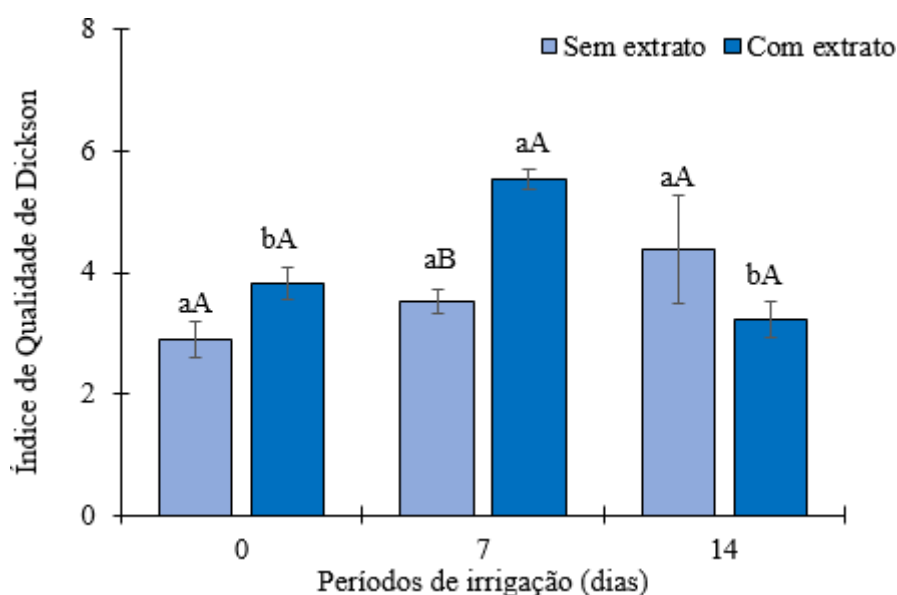


Gráfico10. Índice de qualidade de Dickson em mudas de pitangueira em função dos períodos de irrigação e métodos de aplicação, com e sem extrato pirolenhoso, 230 dias após o transplante.

*Barras verticais representam o erro padrão ($n=4$), Barras com letras minúsculas iguais não diferem entre diferentes períodos de irrigação dentro de cada método de aplicação do extrato pirolenhoso pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), Barras com letras maiúsculas idênticas não apresentam diferenças significativas entre si para cada método de aplicação do extrato pirolenhoso dentro de cada período de irrigação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$),

O efeito do extrato nas plantas aumentou o Índice de Qualidade de Dickson (DQI) em 41,51% sob 7 dias de déficit hídrico, em comparação com 14 dias de déficit hídrico com o extrato. Em contraste, durante o período de 7 dias sem o extrato, houve uma redução de 19,36% em comparação com 14 dias de déficit hídrico sem o extrato. Assim, a aplicação do extrato durante um período mais curto de déficit hídrico pode prever de forma eficaz a qualidade das mudas de pitangueira. O Índice de Qualidade de Dickson é utilizado para pré-selecionar plantas com altos padrões de qualidade e avalia a qualidade geral das mudas com base em vários parâmetros morfológicos e fisiológicos, incluindo altura da planta, diâmetro do caule, biomassa seca da parte aérea e raízes, e a relação entre essas medidas (Gallegos-Cedillo et al., 2021).

5 CONCLUSÕES

O extrato pirolenhoso exerceu um efeito atenuador significativo nas características de crescimento e nas trocas gasosas em mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) submetidas a diferentes períodos de irrigação. A aplicação do extrato na concentração de 2% demonstrou ser eficaz na mitigação dos efeitos adversos do déficit hídrico, especialmente durante os primeiros sete dias de estresse hídrico.

Os dados obtidos indicam que a utilização do extrato pirolenhoso não apenas favoreceu o desenvolvimento das mudas, refletindo em variáveis como número de folhas, diâmetro do caule e massa seca, mas também melhorou as trocas gasosas, evidenciadas pela taxa de assimilação de CO₂ e eficiência intrínseca do uso da água.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREHA, K.B.; ENYEW, M.; CARLSSON, A.S.; VETUKURI, R.R.; FEYISSA, T.; MOTLHAODI, T.; NG'UNI, D.; GELETA, M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress, **Planta**, v.255, p.1-23, 2021. DOI: <https://doi.org/10,1007/s00425-021-03799-7>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10,1007/s00425-021-03799-7#citeas>>. Acesso em: 30 jan. 2024.

AKLEY, E.K.; AMPIM, P.A.Y.; OBENG, E.; SANYARE, S.; YEVU, M.; DANQUAH O.E.; AMOAKO, A.O.; TENGEY, T.K.; AVEDZI, J.K.; AVORNYO, V.K.; NEINDOW, A.F.; SEIDU, A.F. Wood Vinegar Promotes Soil Health and the Productivity of Cowpea, **Agronomy**, v.13, p.2497, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10,3390/agronomy13102497>. Acesso em: 18 dez. 2023.

ALENCAR, C. A. B. D.; CUNHA, F. F. D.; MARTINS, C, E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, W.S.D.D.; ARAÚJO, R.A.S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.98–108, 2009.

ALMEIDA, J.P.; ARAÚJO, G.G.L.; SANTOS, J.R.; LIMA, L.R. Estratégias de manejo da água para a agricultura no semiárido nordestino, **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, p.121-134, 2019.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de KÖPPEN para o Brasil, **Meteorologische zeitschrift**, v, 22, p.711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10,1127/0941-2948/2013/0507>, 2013. Disponível em: <http://143,107,18,37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares_etal_Koppen_climate_classBrazil_MeteoZei_2014.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2024.

AMNAN, M.A.M.; TEO, W.F.A.; AIZAT, W.M.; KHAIDIZAR F.D.; TAN, B.C.T. Foliar Application of Oil Palm Wood Vinegar Enhances Pandanus amaryllifolius Tolerance under Drought Stress, **Plants**, v12, p.e785, 2023. DOI: <https://doi.org/10,3390/plants12040785>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/4/785>, Acesso em: 21 jan. 2024.

AMORIM, A.C.L.; LIMA, C.K.F.; HOVELL, A.M.C.; MIRANDA, A.L.P.; REZENDE, C.M. Antinociceptive and hypothermic evaluation of the leaf essential oil and isolated terpenoids from *Eugenia uniflora* L.(Brazilian Pitanga), **Phytomedicine**, v,16, n,10, 923-928, 2009, DOI: <https://doi.org/10,1016/j.phymed,2009,03,009>, Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944711309000774?casa_token=TMtO7Q

X8eX4AAAAA:s9ZAvjh5K9kBpso8B3NeAyM0YpIEObN44bNkoHO080tXz60nVtimfx1tN
 UtiBq36gKtE2iK6_zfq. Acesso em: 02 mai, 2024.

ANDRADE, V.P.M.D. **Estratégias de manejo de irrigação para o cultivo da mangueira ‘Kent’ no Semiárido brasileiro**, Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/a397c7a4-fcfl-4d46-99d3-769b16fc954f/content>. Acesso em: 06 set. 2023.

ANGELO, N.M.M.; GABOARDI, G.G.; ALMEIDA, R.A.; GRANDO, L.S.; CRUZ, S. P.da. Pyroligneous extract for production of *Pinus taeda* L. seedlings, **Scientia Agraria Paranaensis**, p.194–199, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap,v21i2,29470>, Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/29470>. Acesso em: 21 jan. 2024.

AULER, P.A.; NOGUEIRA do A.M.; ROSSATTO, T.; LOPEZ CRIZEL, R.; MILECH, C.; CHAVES, F.C.; BRAGA, E.J.B. Metabolism of abscisic acid in two contrasting rice genotypes submitted to recurrent water deficit, **Physiologia plantarum**, Pelotas, v.172, p. 304–316, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl,13126>, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppl,13126>, Acesso em: 12 abr. 2024

BASSO, S.M.S. **Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* D.C.; *E. Lotus* L.**, Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BAYER, A. **Effect of reduced irrigation on growth and flowering of coneflower and sneezeweed**, HortTechnology, v. 30, p.315–321, 2020.

BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; SILVA JÚNIOR, J.F.D.; ALVES, M. A. Comportamento da pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob irrigação na Região do Vale do Rio Moxotó, Pernambuco, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p.177–179, 2004.

BHATTACHARYA, A. **Soil Water Deficit and Physiological Issues in Plants**. Singapore: Springer, 2021.

CAMERON, R.; HARRISON-MURRAY, R.; FORDHAM, M.; WILKINSON, S.; DAVIES, W.; ATKINSON, C.; ELSE, M. Regulated irrigation of woody ornamentals to improve plant quality and precondition against drought stress, **Annals of Applied Biology**, v.153, p. 49–61, 2008.

CAMPOS, A.D. Técnicas para produção de extrato pirolenhoso para uso agrícola, **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, Circular Técnica: Pelotas, Brasil, v.65, p.1–8, 2007.

CANTORE, V.; LECHKAR, O.; KARABULUT, E.; SELLAMI, M.H.; ALBRIZIO, R.; BOARI, F.; STELLACCI, A.M.; TODOROVIC, M. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.), **Agricultural Water Management**, v.16, p.53–61, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.12.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377415301955>. Acesso em: 21 fev. 2024.

CARDOSO, A. A. E. *Eugenia uniflora*: características e adaptabilidade da pitangueira em regiões tropicais e subtropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 45, p. 123-130, 2022.

CASASOLA, T.R.E. **Componentes bioativos em pitangas e amoras-pretas: características nutraceuticas e potencial antioxidante**, 2023, Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2023. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/6616>, Acesso em: 8 mar. 2024.

CASSOL, D.A.; WAGNER JÚNIOR, A.; DONAZZOLO, J.; CASSOL, L.C.; das DORES, A.M.F.; CONCEIÇÃO, P.C. Soil fertility of two hundred properties in the southwest Paraná with the presence of native fruit trees, **Scientia Agraria Paranaensis**, v.20, p. 249–258, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap.v20i3.26614>, Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/26614>. Acesso em: 8 mar. 2024.

CASTRO, L.A.S.; FERREIRA, G.; SANTOS, R. P. Aspectos morfofisiológicos da floração em *Eugenia uniflora* L, sob diferentes condições ambientais, **Revista Brasileira de Botânica**, v.41; p, 923-930; 2018.

CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, R. A.; MOTA, J. A. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell, **Annals of Botany**, v.103, p. 551–560, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>.

COLOM, M, R.; VAZZANA, C, Drought stress effects on three cultivars of eragrostis curvula: photosynthesis and water relations, **Plant Growth Regulation**, v. 34, p.195–202, 2001.

COSGROVE, D.J. **Growth of the plant cell wall**, Nature Reviews Molecular Cell Biology, v. 6, p. 850–861, 2005.

COSTA, F.H.R.; SOUSA, G.G. de; LIMA, J.M, dos P.; ALMEIDA, M. de S.; SOUSA, H.C. GOMES, S.P.; FILHO, E.M. da C.; AZEVEDO, B.M. de. Frequencies of irrigation in millet crop under salt stress, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.28, p.e272197, 2024, DOI: <http://dx.doi.org/10,1590/1807-1929/agriambi,v28n3e272197>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/s5gxVX8hP65TfkvKL6BSVtJ/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

COUTINHO, P.W.R. **Características fisiológicas, produtivas e qualidade pós-colheita do tomateiro em resposta à adubação com silicato de cálcio**. Tese (doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019.

DIAS, A. B. **Caracterização e composição de frutos da pitangueira em municípios baianos**, 57 f, Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010. Disponível em: <https://ri.ufrb.edu.br/jspui/handle/123456789/593>. Acesso em: 8 abr. 2024.

DICKSON, A.; FOLHA, A.L.; HOSNER, J.F. Avaliação da qualidade do estoque de mudas de abetos brancos e pinheiros brancos em viveiros, **The Forestry Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960. DOI: <https://doi.org/10,5558/tfc36010-1>. Disponível em: <https://pubs.cif-ifc.org/doi/abs/10,5558/tfc36010-1>. Acesso em: 8 abr. 2024.

EPSTEIN, G, J, Pitanga, gostosa e perfumada, **Bahia Agrícola**, Salvador, v, 2, n, 2, p, 13- 16, 1998.

FARIA, L.N.; SOARES IN MEMORIAM, A.A.; DONATO, S.L.R. The effects of irrigation management on floral induction of 'Tommy Atkins' mango in bahia semiarid, **Engenharia Agrícola**, v.36, p. 387–398, 2016 DOI: <https://doi.org/10,1590/1809-4430-Eng,Agric,v36n3p387-398/2016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/SYZZBcTWyd9B9rm3pRt5fHz/?lang=en#>. Acesso em: 12 abr. 2024.

FARIAS, P.; D.; NERI-NUMA, I.A.; ARAÚJO, F.F.; PASTORE, G.M. A critical review of some fruit trees from the Myrtaceae family as promising sources for food applications with functional claims, **Food Chemistry**, v.306, p.125630, 2020.

FARQUHAR, G.D.; VON CAEMMERER, S.; BERRY, J.A. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species, **Planta**, v,149, p,78–90, 1980, DOI: <https://doi.org/10,1007/BF00386231>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10,1007/BF00386231>. Acesso em: 12 abr. 2024.

FELLER, R.; RIBAS, R. F.; AMARAL, J. A. Propriedades organolépticas da pitanga e sua versatilidade em produtos alimentícios e bebidas. *Revista Brasileira de Alimentos*, v. 12, n. 3, p. 45-58, 2019.

FERREIRA, A.D.S.; MENDONÇA, V.; RIBEIRO, J.E.D. S.F; REIRE, R.I.D. S; AMORIM, P.E.; SÁ, F.V.D.S.; ALVES, L.D.S. Pyroligneous solution as a salt stress attenuator in BRS 323 sunflower, *Revista Caatinga*, v.37, p.e12302, 2024, DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v37i12302rc>, Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/7dX9DLLwVJ5MsdVBVsnFpBC/#> , Acesso em: 12 abr, 2024,

FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs, *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, p.529-535, 2019. DOI:<https://doi.org/10.28951/rbb,v37i4,450>.

FIDELIS, E. M.; SAVALL, A. S. P. de O.; PEREIRA, F., QUINES, C. B.; ÁVILA, D. S.; PINTON, S. Pitanga (*Eugenia uniflora* L.) as a source of bioactive compounds for health benefits: A review, *Arabian Journal of Chemistry*, v.15, p.103691, 2022.

FIGUEIREDO, F. R. A.; FATIMA, R.T.; NÓBREGA, J.; SILVA, T.I.; FERREIRA, J.T.A.; RIBEIRO, J.E.da S.; LEAL, M.P. da S.; SOARES, L.A. dos S.; DIAS, T.J. Morphophysiology and gas exchange of pomegranate under salt stress and foliar application of nitrogen, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, p.958–965, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi,v27n12p958-965>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/phhbpJqm4GgM9qmHwgfTX3G/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 12 abr. 2024.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; GARCÍA-MOZO, J.; PÉREZ-VALERO, Á.; RIBAS-CARBÓ, M. *Photosynthesis and water stress: a review*. Environmental and Experimental Botany. v.63. p. 130-143. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.05.002>.

FRANZON, R.C. Pitanga: fruta de sabor agradável e de usos diversos. **Embrapa Clima Temperado**. 2013. Disponível em:<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/976014/1/PitangaFranzon.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

GAIOLA, L.; CARDOSO, C. A. L. *Eugenia uniflora* L.. - uma espécie popular brasileira com potencial para desenvolvimento de produtos: uma revisão sistemática. Fitoquímica: potencialidades biológicas dos biomas brasileiros. Editora Científica Digital. p.83-98. 2022.

GALLEGOS-CEDILLO, A. M.; GARCÍA-ALONSO, J.; GARCÍA-MARTÍNEZ, J. D.; RIVERA-CHÁVEZ, F. *Dickson quality index: a tool for evaluating plant quality in nursery*

production. Scientia Horticulturae. v.278. p.109835. 2021.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109835>.

GRAVATT. D. A.; KIRBY. J. S. The role of phytochromes in plant responses to water stress. **Journal of Plant Physiology**. v.153. p.1-10. 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(98\)80200-0](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(98)80200-0).

GREWAL. A.; ABBEY. L.; GUNUPURU. L.R. Production. prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**. v.135. p.152–159. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016523701830456X>. Acesso em: 12 abr. 2024.

GUO. Y.; STARMAN. T.; HALL. C. Reducing Substrate Moisture Content (SMC) during Greenhouse Production and Postproduction of Angelonia and Heliotrope Improves Crop Quality and Economic Value. **HortScience horts**. v.53. p.1006-1011. 2018. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12910-18>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/53/7/article-p1006.xml>. Acesso em: 8 jun. 2024.

GURURANI. M.A.; VENKATESH. J.; TRAN. L.S.P. Regulation of Photosynthesis during Abiotic Stress-Induced Photoinhibition. **Molecular Plant**. v.8. p.1304–1320. Acesso em: 7 set. 2015.

HUANG. Y.; LI. X.; ZHANG. Y. Efeitos da adição de nutrientes via irrigação na produtividade das culturas. **Agricultural Water Management**. v. 210. p. 123-130. 2019.

ImagemJ®. Institutos Nacionais de Saúde. 2017. Disponível em: <https://imagej.net/ij/download.html>. Acesso em: fev. 2024.

INOCENTE. M.C.; BARBEDO. C.J. Germination of *Eugenia brasiliensis*, *E. involucrata*, *E. pyriformis*, and *E. uniflora* (Myrtaceae) under water-deficit conditions. **Journal of Seed Science**. v.41. p.076–085. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n1212109>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/GDzDjGQ7qSxQHHfDzNM3Mpv/abstract/?lang=en>. Acesso em: 18 abr. 2024.

JHA. P.K.; KUMAR. S.N.; INES. A.V.M. Responses of soybean to water stress and supplemental irrigation in upper Indo-Gangetic plain: Field experiment and modeling approach. **Field Crops Research**. v.219. p. 76–86. 2018.

KAPPES. C.; ANDRADE. J.A. da C.; HAGA. K. I.; FERREIRA. J.P.; ARF. M.V. Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia agraria**. v.11. p.125-134. 2010.

KAR. R.K. Plant responses to water stress: Role of reactive oxygen species. **Plant Signaling & Behavior**. v.6. p.1741-1745. 2011. DOI: <https://doi.org/10.4161/psb.6.11.17729>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.4161/psb.6.11.17729>. Acesso em: 12 mai. 2024.

KHANNA-CHOPRA. R.; SELOTE. D.S. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than-susceptible wheat cultivar under field conditions. **Environmental and experimental botany**. v. 60. n. 2. p. 276-283. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.11.004>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847206001638?casa_token=L6lbIefJvAkAAAAA:x52KxwVnN1CJwgNI6dAE0RWDyu2qmYSi3whRGPo-afCMDFTDjsX9UwGNxMNpV48omHF9dh9pd8Ql. Acesso em: 12 abr. 2024.

KOZLOWSKI. T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree physiology**. v.17. p.490-490. 1997.

KRAMER. P.J.; BOYER. J.S. **Water relations of plants and soils**. Academic press. 1995.

LEITE. I. de O. **Cultivo do feijão-caupi em dois solos com aplicação do biochar e extrato pirolenhoso**. 2023. 31 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstreams/3a2ac024-e2ce-4396-8325-aebc09ab0f72/download>. Acesso em: 16 abr. 2024.

LIRA JÚNIOR. J. S.; FERNANDES BEZERRA. J.E.; LEDERMAN. I.E. Repetibilidade da produção, número e peso de frutos de seleções de pitanga roxa. **Acta Agronômica**. v. 59. n. 1. p. 103–110. 2010.

LIRA JÚNIOR. J.S.; BEZERRA. J.E.F.; LEDERMAN. I.E.; JÚNIOR. J.F. da S. Pitangueira. Pernambuco: **Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária-IPA**. p.88. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265250136_Pitangueira.. Acesso em: 05 de mar. 2024.

LONG. S.P.; AINSWORTH. E.A.; LEAKEY. A.D.B.; NÖSBERGER. J.; ORT. D.R. Food for thought: Lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. **Science**. v.312. p.1918-1921. 2006.

LORENZI. H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Editora Plantarum. v. 1. p.352. 1992.

LYNCH. J.P.; STROCK. C.F.; SCHNEIDER. H.M.; SIDHU. J.S.; AJMERA. I.; GALINDO-CASTAÑEDA. T.; KLEIN S.P.; HANLON. M.T.; HANLON. M.T. Root anatomy and soil resource capture. **Plant and Soil**. v.466. p.21-63. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05010-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-021-05010-y#citeas>. Acesso: 1 mar. 2024.

MA. J.; ISLAM. F.; AYYAZ. A.; FANG. R.; HANNAN. F.; FAROOQ. M.A.; ALI. B.; HUANG. O.; SUN. R.; ZHOU. W. Wood vinegar induces salinity tolerance by alleviating oxidative damages and protecting photosystem II in rapeseed cultivars. **Industrial Crops and Products**. v.189. p.e115763. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115763>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669022012468?via%3Dihub>. Acesso em: 12 abr. 2024.

MANIÇOBA. R.M.; SOBRINHO. J.E.; ZONTA J.H.; JUNIOR. E.G.C.; OLIVEIRA. A.K.S. de; FREITAS. I.A. da S. Resposta do algodoeiro à supressão hídrica em diferentes fases fenológicas no semiárido brasileiro. **Irriga**. v.26. 2021. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n1p123-133>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3961>. Acesso em: 17 abr. 2024.

MEDEIROS. A.S.; MAIA. S.M.F.; SANTOS. T.C. dos; GOMES. T.C. de A. Soil carbon losses in conventional farming systems due to land-use change in the Brazilian Semi-arid region. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 287. p. 106690. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106690>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880919303068>. Acesso em: 22 abr. 2024.

MENDONÇA. F. C.; RASSINI. J. B. Manejo da irrigação. Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. Brasília. DF: **Embrapa**. 2015. p. 27-44.

MIELKE. M. S.; SCHAFFER. B. Photosynthetic and growth responses of *Eugenia uniflora* L. seedlings to soil flooding and light intensity. **Environmental and Experimental Botany**. v. 68. n. 2. p. 113–121. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.11.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847209002482?via%3Dihub>. Acesso em: 14 mai. 2024.

MISHRA. N.; JIANG. C.; CHEN. L.; PAUL. A.; CHATTERJEE. A.; SHEN. G. Achieving abiotic stress tolerance in plants through antioxidative defense mechanisms. **Frontiers in Plant Science**. 14. p.1110622. 2023. Acesso em: 14 mai. 2024.

MOHAN. D.; PITTMAN. C. U. JR.; STEELE. P. H. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. **Energy & Fuels**. v.20. p.848–889. 2006.

MONTE. J.A; PACHECO. A. de S.; CARVALHO. D.F. de. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**. v.27. p.222–227. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000200018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/rdqMKZBZgGqFnNpsrLmpkPz/?lang=pt#ModalHowcite>. Acesso em: 14 mai. 2024.

MORALES. F.; ANCÍN. M.; FAKHET. D.; GONZÁLEZ-TORRALBA. J.; GÁMEZ. A.L.; SEMINARIO. A.; SOBA. D.; BEN MARIEM. S.; GARRIGA. M.; ARANJUELO. I. Photosynthetic Metabolism under Stressful Growth Conditions as a Bases for Crop Breeding and Yield Improvement. **Plants**. v.9. p.e88. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9010088>.

MOURA. M.S.B.; ALBUQUERQUE. M.B.; DANTAS NETO. J.; SOUZA. R.M. Adaptação da Agricultura às Condições do Semiárido: Tecnologias e Práticas Sustentáveis. **Embrapa Semiárido**. Documentos 300. 2020.

NOCTOR. G.; MHAMDI. A.; FOYER. C.H. The Roles of Reactive Oxygen Metabolism in Drought: Not So Cut and Dried. **Plant Physiology**. v.164. p.1636–1648. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.113.233478>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24715539/>. Acesso em: 14 mai. 2024.

NOGUEIRA. R.J.M.C.; SILVA JUNIOR. J.D.; BEZERRA. J.E.F.; LEDERMAN. I.E.; BURITY. H.A.; SANTOS. V.D. Comportamiento estomático y tensión de agua en el xilema de dos genotipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. **Investigacion Agrária: Production y Proteccion Vegetal**. v.15. p.49-61. 2000.

NÓIA JÚNIOR. R. de S; AMARAL. G.C.; PEZZOPANE. J.E.M.; Ecophysiological acclimatization to cyclic water stress in Eucalyptus. **Journal of Forestry Research**. v.31. p. 797–806. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00926-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-019-00926-9#citeas>. Acesso em: 14 mai. 2024.

OFOE. R.; QIN. D.; GUNUPURU. L.R.; THOMAS. R.H.; ABBEY. L. Effect of Pyroligneous Acid on the Productivity and Nutritional Quality of Greenhouse Tomato. **Plants**. v.11. p.1650. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11131650>. Acesso em: 12 abr. 2024.

OGUNWANDE. I. A.; OLAWORE. N.O.; EKUNDAYO. O.; WALKER. T.M.; SCHMIDT. J.M.; SETZER. W.N. Studies on the essential oils composition, antibacterial and cytotoxicity of *Eugenia uniflora* L. **International Journal of Aromatherapy**. v. 15. p.147–152. 2005.

OUATTARA. H. A. A.; NIAMKÉ. F.B.; YAO. J.C.; AMUSANT. N.; GARNIER. B. Wood Vinegars: Production Processes, Properties, and Valorization. **Forest Products Journal**. v. 73. n. 3. p. 239–249. 8 ago. 2023.

PETTERSEN. R. C. The Chemical Composition of Wood. Em: **The Chemistry of Solid Wood**. v. 207p. 57–126. 1984.

R CORE TEAM. R: UMA LINGUAGEM E AMBIENTE PARA COMPUTAÇÃO ESTATÍSTICA. R Foundation For Statistical Computing. Vienna. Austria. 2023. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 7 fev. 2024.

RASHMI. P.; NEGI. P. S. Análise dos constituintes fitoquímicos e potencial anti-helmíntico da pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) em diferentes estádios de desenvolvimento do fruto. *Journal of Medicinal Plants Research*. v. 16.. p. 123-130. 2022.

RIBEIRO. R.M.R. Sistemas de produção consorciados de palma forrageira e cunhã sob regimes de sequeiro e irrigado com água salobra no semiárido. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/76772>. Acesso em: 8 jun. 2024.

ROCHA. T. B. C.; VASCONCELOS JÚNIOR. F. D. C.; SILVEIRA. C. D. S.; MARTINS. E. S. P. R.; GONÇALVES. S. T. N.; SILVA. E. M. D.; ALVES. J.M.B.; SAKAMOTO. M. S. Indicadores de Veranicos e de Distribuição de Chuva no Ceará e os Impactos na Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 36. n. 3. p. 579-589. 2021.

RODRIGUES. J.; INZÉ. D.; NELISSEN. H.; SAIBO. N. J. M. Source–Sink Regulation in Crops under Water Deficit. **Trends in Plant Science**. v. 24. p.652–663. 2019.

SANTOS. D.N. E.; SOUZA. L.L. de; FERREIRA. N.J.; OLIVEIRA. A.L. Study of supercritical extraction from brazilian cherry seeds (*Eugenia uniflora* L.) With bioactive compounds. **Food and Bioproducts Processing**. v.94. p.365–374. 2015.

SANTOS. G.P.; CAVALCANTE. L.F.; NASCIMENTO. J.A.M.; BARBOSA BRITO. M.E.; DANTAS. T.A.G.; BARBOSA. J.A. Produção de pitangueira sob adubação organomineral e irrigação com água salina. v.17. p.510-522. 2012. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v17n4p510>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/515>. Acesso em: 02 abr. 2024.

SANTOS. W.R. dos; SOUZA. L.S.B. de; PACHECO. A.N.; JARDIM. A.M. da R.F.; SILVA T.G.F. da. Eficiência do Uso da Água para Espécies da Caatinga: Uma Revisão Para o Período de 2009-2019. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.14. p.2573–2591. 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2573-2591>. Acesso em: 12 abr. 2024.

SCALON. J. R.; SILVEIRA. J. A. G.; SOUSA. A. C. A. Efeitos da disponibilidade hídrica no crescimento de plantas. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 34. p. 123-134. 2011.

SCHNITZER. J.A. **Doses de extrato pirolenhoso no cultivo de orquídea**. 2015. Dissertação (mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Londrina. Revista Ceres. v.62. p.101–106. 2015.

SCHULZE. E.-D.; LANGE. O. L.; KAPPEN. L.; BUSCHBOM. U.; EVENARI. M. Stomatal Responses to Changes in Temperature at Increasing Water Stress. **Planta**. v.110. p.29–42. 1973. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/23370708>. Acesso em: 12 fev. 2024.

SELEIMAN. M.F.; AL-SUHAIBANI. N.; ALI. N.; AKMAL. M.; ALOTAIBI. M.; REFAY. Y.; DINDAROGLU. T.; ABDUL-WAJID. H. H.; BATTAGLIA. M.L. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. **Plants**. v.10. p.e259. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10020259>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/2/259>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SELOTE. D.S.; KHANNA-CHOPRA. R. Antioxidant response of wheat roots to drought acclimation. **Protoplasma**. v.245. p.153–163. 2010.

SHAO. H.-B.; CHU. L.; JALEEL. C.A.; ZHAO. C.X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**. v.331. p. 215–225. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.01.002>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SHARP. R.E.; POROYKO. V.; HEJLEK. L.G.; SPOLLEN. W.G.; SPRINGER. G.K.; BOHNERT. H.J.; NGUYEN. H.T. Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. **Journal of Experimental Botany**. v.55. p.2343–2351. 2004.

SILVA. A.S.; MEDEIROS. J. F.; SANTOS. C. C.; OLIVEIRA. F. H. T. Clima e Balanço Hídrico no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.36. p.412-425. 2021.

SILVA. J. O. N. da.; JUNIOR. G. do N.A.; JARDIM. A.M. da R.; ALVES. C.P.; SANTOS. J.P.A. de S.; SOUZA. L.S.B.; SILVA. T.G.F. da. Cultivo de genótipos de palma forrageira sob agricultura bioessalina como alternativa para incremento do aporte forrageiro do semiárido brasileiro: uma revisão. **Research. Society and Development**. v. 10. p. e16510514773–e16510514773. 2021.

SILVA. L. DE A.; SOARES. L.A. dos A.; LIMA. G.S. de.; ROQUE. I.; FÁTIMA. R.T. de.; LIMA. A.S. Morphophysiology and water relations of *Spondias* rootstocks under different irrigation frequencies. **Revista Caatinga**. v.36. p.865–874. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252023v36n414rc>. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SILVA. S. DE M. Pitanga. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 28. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/L7mcLG8NnhqdrxBv485TkGq/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SILVA. S.S.D.; LIMA. G.S.D.; FERREIRA. J.T.; SOARES. L.A.D.A.; GHEYI. H. R.; NOBRE. R.G.; MESQUITA. E.F.D. Formation of guava seedlings under salt stress and foliar application of hydrogen peroxide. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.28. p.e276236. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n2e276236>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/TX4wm4tQrfmYPyWFXzSSLwx/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

SILVEIRA. J. A. G.; SCALON. J. R.; SOUSA. A. C. A. Efeitos da seca na permeabilidade celular e na dinâmica de substâncias orgânicas. *Revista Brasileira de Botânica*. v. 33. n. 1. p. 45-56. 2010.

SIMÃO. M.J.. COLA. M.P.A. da.; SILVA. N.C.B. In vitro germination and controlled release fertilizer effects on ex vitro development of *Eugenia uniflora* L.. plantlets. **JSFA Reports**. v.2. p.398-404. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsf2.74> <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsf2.74>. Acesso em: 19 mar. 2024.

SOLOMON. S.; QIN. M.; MANNING. Z.C.; MARQUIS. K.B.; AVERYT. M.T.; MILLER. H.L. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. **The physical science basis**. IPCC; Cambridge. v. 996. 2007.

SOUSA. G. G. D.; SOUSA. H. C.; SANTOS. M.F. D.; LESSA. C.I.N.; GOMES. S. P. Saline water and nitrogen fertilization on leaf composition and yield of corn. **Revista Caatinga**. v. 35. p. 191–198. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n119rc>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/mQHL98Cmz6ktqh4MhS5VQQP/?lang=en>. Acesso em: 22 abr. 2024.

SOUSA. R.R.; FREIRE. A.L. de O. Crescimento e qualidade de mudas de *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance em resposta à adubação potássica e ao turno de rega. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. v.

66. p. 1–11. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10354437>. Disponível em: <https://zenodo.org/records/10354437>. Acesso em: 22 abr. 2024.

SOUTO. M.M. **Caracterização de compostos bioativos de três variedades de Pitanga (*Eugenia Uniflora* L.)**. Dissertação (Mestrado em Bromatologia) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2017. DOI:10.11606/D.9.2017.tde-27062017-153203. Acesso em: 12 abr. 2024.

SOUZA MEDEIROS. A.; MAIA. S.M.F.; SANTOS. T.C. dos; GOMES. T.C. de A. Soil carbon losses in conventional farming systems due to land-use change in the Brazilian semi-arid region. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 287. p. 106690. 1 jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106690>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880919303068>. Acesso em: 08 abr. 2024.

SOUZA. F. V. D; SILVA. M. S.; CARNEIRO. P. C. S. Aspectos ecológicos e econômicos da pitangueira. In: Fruticultura Tropical: Espécies Nativas e Exóticas p. 101-120. **Embrapa**. 2012.

STEFANELLO. M.E.A.; PASCOAL. A.C.R.F.; SALVADOR. M.J. Essential oils from neotropical Myrtaceae: Chemical diversity and biological properties. **Chemistry and Biodiversity**. v.8. p.73–94. 2011. DOI: 10.1002/cbdv.201000098. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21259421/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Nova delimitação Semiárido 2017**. Disponível em: http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/Rela%C3%A7%C3%A3o_de_Munic%C3%ADpios_Semi%C3%A1rido.pdf. Acesso em: 06 jun. 2024.

TAIZ. L.; ZEIGER. E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed. v.5. p.888. 2017.

TARDIEU. F.; GRANIER. C.; MULLER. B. Water deficit and growth. Co-ordinating processes without an orchestrator?. **Current Opinion in Plant Biology**. v.14. p.283–289. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2011.02.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369526611000070>. Acesso em: 12 abr. 2024.

TOSCANO. S.; FERRANTE. A.; ROMANO. D. Response of Mediterranean ornamental plants to drought stress. **Horticulturae**. v.5. p.e6. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010006>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311->

7524/5/1/6#:~:text=Several%20ornamental%20plants%20are%20sensitive.urban%20or%20peri%20urban%20areas. Acesso em: 21 abr. 2024.

ZENG. L.; SUN. X.; ZHOU. W.; LI. J.; GUO. Y.; LIU. X.; CUI. D. Combined treatment of a pyroligneous solution and soluble calcium enhances cotton growth through improving soil quality in saline-alkali soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. v. 22. p.25–35. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00630-w>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-021-00630-w>. Acesso em: 12 abr. 2024.

ZHU. K.; GU. S.; LIU. J.; LUO. T.; KHAN. Z.; ZHANG. K.; HU. L. Wood Vinegar as a Complex Growth Regulator Promotes the Growth. Yield. and Quality of Rapeseed. **Agronomy**. v.11. p.510. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11030510>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/3/510>. Acesso em: 21 abr. 2024.

ZHU. K.; LIU. J.; LUO. T.; ZHANG. K.; KHAN. Z.; ZHOU. Y.; CHENG T.; YUAN B.; PENG X.; HU. L. Wood Vinegar Impact on the Growth and Low-Temperature Tolerance of Rapeseed Seedlings. **Agronomy**. v.12. p.e2453. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12102453>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/10/2453>. Acesso em: 21 abr. 2024.

ZULKARAMI. B.; ASHRAFUZZAMAN M.; HUSNI. M.O.; Ismail. M.R. Effect of Pyroligneous Acid on Growth. Yield and Quality Improvement of Rockmelon in Soilless Culture. **Australian Journal of Crop Science**. Malaysia. v.5. p. 1508–1514. 2011. Disponível em: <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.005300006042339>. Acesso em: 16 set. 2023.