

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO

COLEGIADO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

GLEIDSON BRUNO BRAGA DE LIMA

**POTENCIAL DO SILÍCIO NA CULTURA DA
MANGA EM CONDIÇÕES DE CLIMA
TROPICAL**

**PETROLINA – PE
2022**

GLEIDSON BRUNO BRAGA DE LIMA

**POTENCIAL DO SILÍCIO NA CULTURA DA MANGA EM CONDIÇÕES
DE CLIMA TROPICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso no formato de artigo de revisão apresentado como um dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Orientador:

Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante.

**PETROLINA -PE
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

L732p	<p>Lima, Gleidson Bruno Braga de Potencial do silício na cultura da manga em condições de clima tropical / Gleidson Bruno Braga de Lima. – Petrolina-PE, 2022. v, 20.: il. ; 29 cm.</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2022.</p> <p>Orientador: Prof.º Dr.º Ítalo Herbert Lucena Cavalcante.</p> <p>Inclui referências.</p> <p>1. Plantas - Nutrição. 2. Mineral silício. 3. Fruticultura tropical. 4. Manga - Cultivo. 5. Solos. I. Título. II. Cavalcante, Ítalo Herbert Lucena. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.</p> <p>CDD 581.1335</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UNIVASF.
Bibliotecária: Andressa Laís Machado de Matos CRB – 4/2240.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

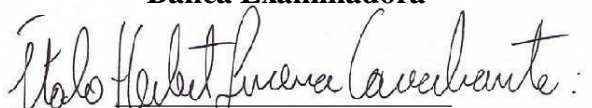
GLEIDSON BRUNO BRAGA DE LIMA

**TÍTULO DO ARTIGO: POTENCIAL DO SILÍCIO NA CULTURA
DA MANGA EM CONDIÇÕES DE CLIMA TROPICAL**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, como requisito para obtenção do título para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

Aprovado em: 25 de Março de 2022.

Banca Examinadora



(Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, Doutor em Fruticultura, UNIVASF)

Documento assinado digitalmente



BRUNO RODRIGUES DE SOUZA
Data: 14/04/2022 16:13:54-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

(Bruno Rodrigues de Souza, Mestre em Biologia Vegetal, UFPE).

Documento assinado digitalmente



BRUNO DA SILVA
Data: 08/04/2022 14:07:20-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

(Bruno da Silva, Graduado em Engenharia Agrônoma, UFRB).

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Iraci Braga e Jose Nilton, a minha irmã, a todos meus familiares e amigos, a meu Orientador Ítalo e a todos que fizeram parte da minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças e energia para concluir todo esse trabalho. Agradeço a meus pais que sempre me motivaram e me ajudaram durante todo esse período de graduação.

A minha irmã que sempre esteve ao meu lado.

Enfim agradeço a todas as pessoas que fizeram parte

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. DESENVOLVIMENTO	9
2.1 ABUNDÂNCIA NATURAL DO SILÍCIO	9
2.2 POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DO SILÍCIO FRENTE AOS ESTRESSES ABIÓTICOS	10
2.2.1 Salinidade	10
2.2.2 Temperatura.....	13
2.2.3 Estresse Hídrico	13
2.3 POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DO SILÍCIO FRENTE AOS ESTRESSES BIÓTICOS	17
2.3.1 Fitopatógenos	17
2.3.2. Insetos-praga	20
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

1. INTRODUÇÃO

Dentro da fruticultura brasileira, a mangicultura tem ocupado papel de destaque como promotora de desenvolvimento socioeconômico, levando o país a sétima posição no ranking de países produtores, segundo a FAO (2018). Na dinâmica nacional, a produção concentra-se em duas regiões principais, Sudeste com 27% de área produtora e Nordeste com cerca de 73% de participação nesse setor produtivo (LIMA et al., 2018). Na região semiárida do Nordeste, com destaque ao submédio do Vale do São Francisco, concentra aproximadamente 90% da produção direcionada a exportação. Esse alto percentual de contribuição regional deve-se a vários fatores como a introdução de variedades adaptáveis (Palmer, Kent, Keit, Tommy) de alta rentabilidade e aceitabilidade nos mercados importadores, alto nível tecnológico empregado, disponibilidade de mão-de-obra, radiação solar e água abundante durante todo o ano. Estima-se que em 2020 a área plantada atingiu a marca de 60 mil hectares na região do Vale (LIMA et al., 2021).

No entanto, apesar da sustentabilidade produtiva supracitada, alguns fatores ainda podem limitar os potenciais produtivos desses agroecossistemas, como a ocorrência de estresses abióticos (principalmente salinidade, temperatura e estresse hídrico) e bióticos. Previsões climatológicas, como demonstrado no Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), sugerem que média global de temperatura irá elevar-se em 1.5°C até 2050. Essa condição futura pode causar prejuízos fisiológicos na cultura, potencializando estresses abióticos e bióticos, o que demanda o desenvolvimento tecnologias e manejos de mitigação desses efeitos na produtividade final (BRANDÃO et al., 2017).

Nesse cenário, alternativas que possam atenuar os estresses capazes de afetar a produtividade, de forma não-residual aos frutos, vem ganhando destaque na literatura, a exemplo do mineral Silício (Si), que vem sendo descrito como importante regulador de enzimas antioxidantes, estabilizador de membrana plasmática, como também indutor de resistência a pragas (SANTOS et al., 2021).

Portanto, esta revisão bibliográfica tem por objetivo aprofundar-se quanto ao potencial da utilização do mineral Silício frente a mitigação de estresses abióticos e bióticos com potencial de causar prejuízos econômicos na cultura da manga.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Abundância natural do Silício.

Com os avanços dos estudos com nutrição mineral de plantas, foram sendo descobertos importantes papéis fisiológicos vegetais desempenhados por diferentes nutrientes, demandados em maior proporção (macronutrientes) e menor proporção (micronutrientes). Como importantes exemplos podemos citar o incremento que adubação nitrogenada gerou em cultivos de soja na região centro-oeste do Brasil, e adição de fontes de potássio e cálcio associadas a colheita de frutos de maior qualidade e com melhor sabor (grau brix).

Apesar da agricultura tecnificada ser objeto de estudo por diversas instituições e centros de pesquisa, o período de pesquisas realizadas com os diversos elementos minerais presentes no solo ainda não foi capaz de traçar um diagnóstico preciso de cada elemento mineral presente na natureza e sua possível interação com todas as espécies e genótipos vegetais. Um elemento mineral que vem tendo seu potencial cada vez mais desvendado com importante participação nos ciclos de vida dos vegetais é o Silício (Si), em que a alta abundância natural pode ser um vantajoso foco de estudos para a utilização na agricultura (SANTOS et al., 2021).

Fontes, Dinâmica no solo e Formas de Absorção

A abundância em recursos naturais desse elemento mineral é chamativa, devido ao seu potencial uso em escala, o que em caso de alta abundância pode vir a baratear o custo. Sua principal forma disponível, a sílica (SiO_2) é a substância mais abundante do planeta, com participação estimada de 32,4% da massa da Terra. A sua abundância pode ser percebida pela alta diversidade de formas geológicas, mais de 500 tipos de espécies minerais já identificadas na natureza. Os minerais de silicato são insumos para uma grande variedade de setores da economia e de processos industriais, dentre os quais estão a metalúrgica, cerâmica, eletrônica, automobilística, nanomateriais e biotecnologia. Dentre as fontes naturais ricas em Silício podemos citar águas subterrâneas e tabuleiros costeiros (CORRÊA et al., 2015; LAZZERINI & BONOTTO, 2014).

Na dinâmica do solo, o Si pode estar presente na forma primária, secundária e adsorvido aos colóides da parte física do solo. Uma parcela significativa do nutriente encontra-se na solução do solo, na forma de ácido monossilícico, estando não dissociado em maior parte e prontamente disponível para as plantas, o que levatambém aperdas relevantes por lixiviação. Nesse contexto, a estabilidade dos minerais na fasesólida pode modular direta e indiretamente a disponibilidade do elemento na solução do solo. Seu mecanismo de absorção é pela via ativa nas monocotiledôneas, na qual proteínas transmembranares possibilitam a entrada do nutriente no tecido vegetal, o que permite que o nutriente seja absorvido durante todo o ciclo da planta, por ser independente de gradiente de concentração; nas dicotiledôneas, a forma de absorção é pela via passiva, impulsionada pela evapotranspiração (MENEGALE et al., 2015).

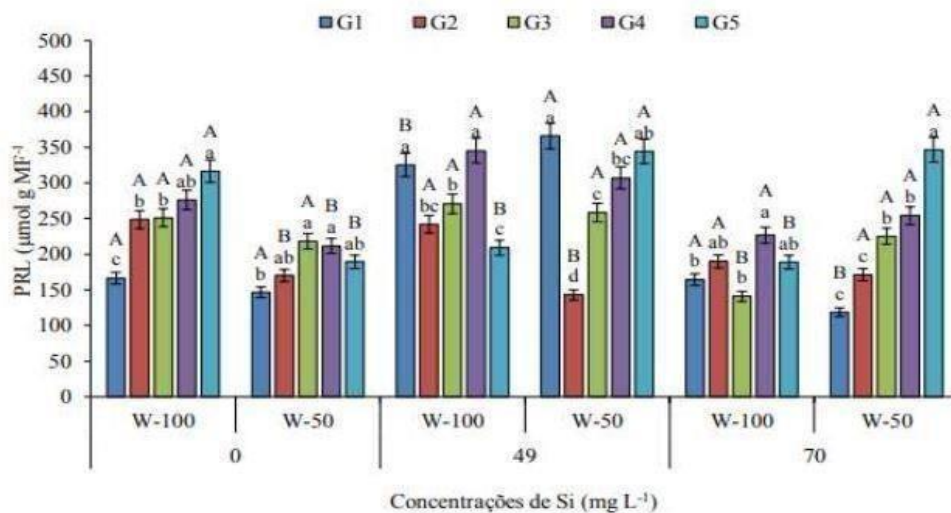
2.2 Potencial da utilização do Silício frente aos Estresses Abióticos:

2.2.1 Salinidade.

A toxidez causada pelo excesso de sais é um dos principais estresses abióticos existentes em regiões semiáridas, repercutindo em consideráveis perdas em produção (SANTOS et al., 2021). Como mecanismo de auto-defesa da planta, a síntese de prolina, aminoácido que fortalece a integridade das membranas celulares através do ajustamento osmótico, tem sido apontada como promotora da diminuição de efeitos negativos da toxidez salina na fisiologia vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Em estudo para avaliar a possível relação entre o Si e a biossíntese de prolina, foi estabelecido ensaio experimental utilizando cinco genótipos de feijão-caupi em dois regimes hídricos e três dosagens de silício (0, 49 e 70 mg/L). Como demonstrado na figura abaixo, foi possível observar que na dose de 49 mg/L incrementou-se maior produção de prolina, nas duas condições hídricas avaliadas (SANTOS et al., 2021).

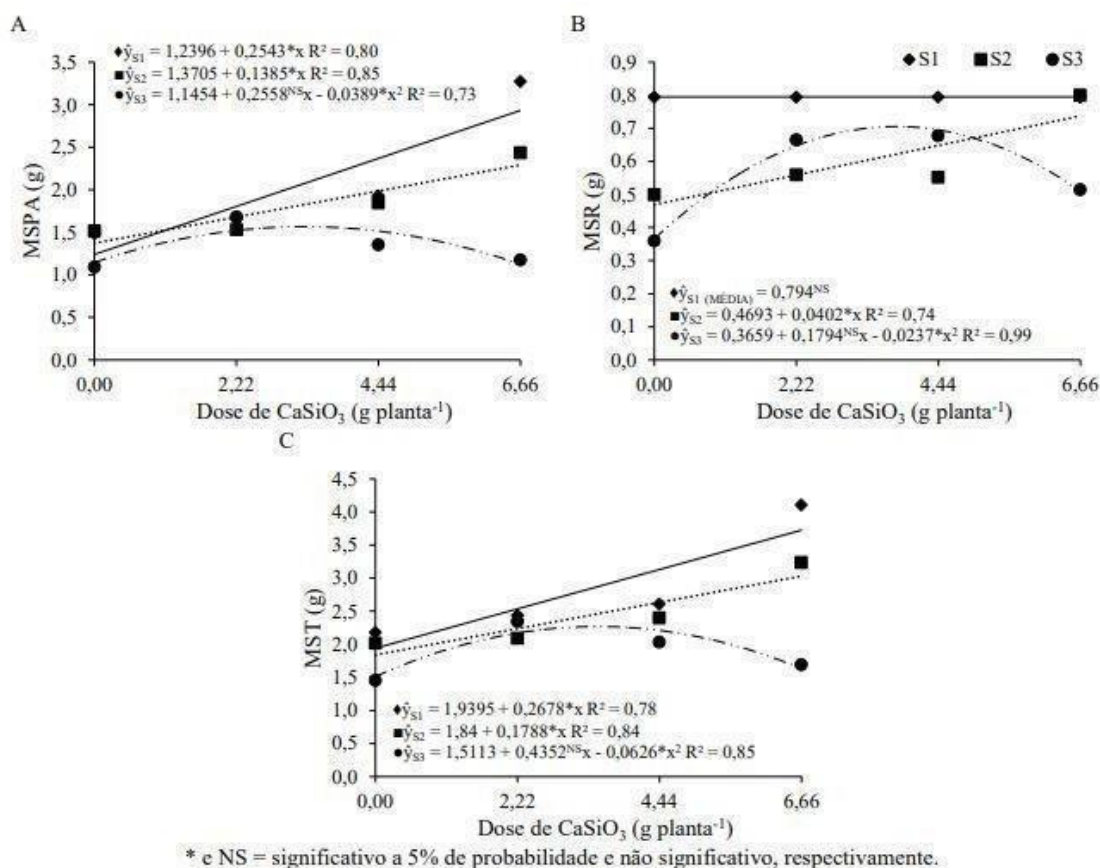
Figura 1. Teor de prolina livre (PRL) nos genótipos de feijão-caupi: Paulistinha(G1) ,BRSR ouxinol (G2), BRS Marataoã (G3), BR17 Gurgueia (G4) e Costela de Vaca (G5), condicionados a dois regimes hídricos (W-100 e W-50) e três concentrações de Si (0 ; 49 e 70mgL⁻¹), no estágio fenológico V9. Letras minúsculas diferenciamos genótipos. Letras maiúsculas diferenciam as duas condições hídricas.



Fonte: SANTOS et al., 2021

Em trabalho avaliando o efeito deletério de água salina em mudas de maracujá (cv. BRS GA1), Souza et al. (2020) conduziram experimento em ambiente protegido utilizando quatro dosagens de silicato de cálcio (0; 2,22; 4,44 e 6,66 g/planta) e três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CE – 0,5; 1,7 e 4,0 dS/m). Os resultados apontaram que uma dose média estimada de 3,5g por planta foi capaz de atenuar os efeitos negativos do estresse salino no crescimento inicial e produção de biomassa das mudas de maracujá (Figura 2), com água de CE 4,0 dS/m.

Figura 2. Massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST) de plantas de maracujazeiro amarelo irrigado com água salina sob diferentes doses de silício.



Fonte: SOUZA et al., 2020.

Em trabalho realizado como maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis*) avaliando o efeito das doses de Silício (0; 0,5; 1,0 e 1,5 mmol/L) submetido acinco concentrações de NaCl (0; 7,5; 15; 30 e 60 mmol/L) foi verificado um efeito atenuante do mineral estudado sobre o estresse salino sofrido pela planta. A dose de 0,5mmol/L foi capaz de reduzir os efeitos negativos da salinidade na absorção de todos os macro nutrientes avaliados (SÁ et al., 2021).

O cultivo da manga pode beneficiar-se da utilização do Si no combate aos efeitos negativos da salinidade, de maneira que essa toxidez tem causado importantes prejuízos nutricionais a cultura, o que necessita da realização de ensaios em campo para comprovar essa potencialidade. Estudo conduzido por Lucena et al. (2012) demonstrou que o aumento das concentrações de NaCl no solo provocou menor absorção e translocação ao tecido foliar dos nutrientes, nitrogênio, fósforo potássio, cálcio e magnésio para manga, nas variedades Palmer, Haden e Tommy Atkins.

2.2.2 Temperatura.

A temperatura e luminosidade são fundamentais para o desenvolvimento vegetal, desde a ocorrência de faixa ótima de temperatura para cada cultura e genótipo, como a participação da radiação luminosa no processo fotossintético (TAIZ & ZEIGER, 2013). Entretanto, as mudanças climáticas e o conseqüente aumento de temperatura previsto (IPCC, 2021) pode elevar para níveis acima das faixas ótimas podendo atingir valores estressantes fisiologicamente, com conseqüências relacionadas a maior taxa de evapotranspiração e menor umidade relativa do ar.

Intrinsicamente relacionadas ao estresse térmico, alterações no metabolismo vegetal como a síntese de espécies reativas de oxigênio merecem atenção, na medida que provocam oxidação e danos as funções da membrana plasmática vegetal. O Si por sua vez pode contribuir nessa regulação metabólica, na promoção da biossíntese de enzimas antioxidantes. Estudos vem apontando para o aporte de Si com função de equilibrar as concentrações de enzimas antioxidantes e as espécies reativas de oxigênio, a fim de equilibrar o metabolismo minimizando o estresse oxidativo a planta (GONG et al., 2008).

Em trabalho de caracterização físico-química de frutos de Tommy Atkins em pós-colheita, verificou-se que a ativação dos mecanismos de defesa enzimáticos antioxidantes, via aplicação de Luz Pulsada Ultra-Violeta, foi capaz de reduzir o estresse oxidativo celular, prevenindo a peroxidação das membranas e degradação mais rápida da parede celular do fruto, fator diretamente relacionado a vida de prateleira do fruto (LOPES, 2015). Nesse sentido, trabalhos experimentais de campo que avaliam o potencial do Si na promoção de enzimas antioxidantes e combate ao estresse térmico e oxidativo podem demonstrar como se dá essa relação em diferentes variedades de manga.

2.2.3 Estresse Hídrico.

Em cultivos de região tropical, especificamente no caso do semiárido nordestino, a realização de manejo de irrigação que não consegue suprir as demandas hídricas de forma satisfatória, pode causar problemas metabólicos agravados pela alta taxa de evapotranspiração e baixa umidade relativa do ar. Do ponto de vista fisiológico, a membrana celular se torna mais fragilizada, sendo utilizado o vazamento de eletrólitos como uma das métricas que mensuram o efeito negativo desse tipo de estresse. Nesse

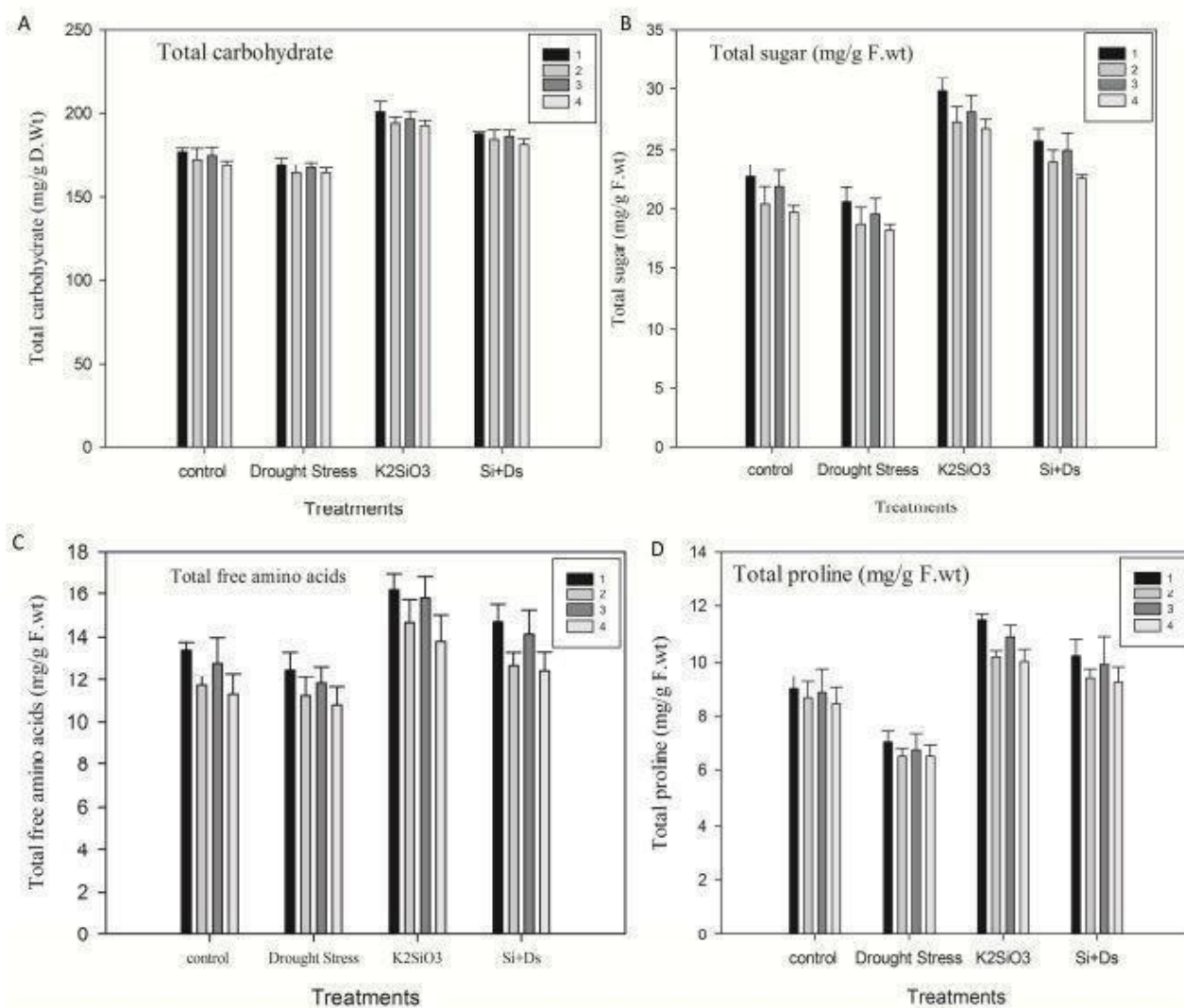
aspecto, estudos realizados em condições controladas em planta modelo demonstraram que mesmo em condições de estresse hídrico o aporte de Si gerou uma redução nos níveis de vazamento de eletrólitos, sinalizando importante papel do mineral na estabilidade da membrana vegetal (DING, 2006).

Já no processo de fotoassimilação, imprescindível para o ganho de biomassa, o estresse hídrico pode ser deletério a medida que desfavorece a fotossíntese e as trocas gasosas relacionadas na etapa denominada fotorrespiração. Devido ao papel desempenhado pelos estômatos nessas trocas gasosas, através da condutância estomática é possível verificar o quanto esse processo é prejudicado pelo déficit hídrico (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Em trabalho desempenhado por Verma et al. (2020), foi possível observar em plantas modelo em condições de estresse hídrico uma maior condutância estomática e manutenção de CO₂ assimilado com adição de Si mineral. Dessa forma, a estabilidade da membrana vegetal e a manutenção da eficiência fotossintética proporcionado pelo aporte de Si, mesmo em seca hídrica, pode ser um fator importante de incremento ao crescimento vegetativo durante o período pré-reprodutivo da mangueira.

Em estudo avaliando o papel do silício na regulação e papel fisiológico no alívio do estresse hídrico na cultura da manga, foi possível observar que caracteres fisiológicos foram responsivos a ausência e presença da aplicação de Si, quando comparada a condição de estresse hídrico. Como mostrado nos gráficos na Figura 3, os teores totais de carboidratos (A), açúcares (B), aminoácidos livres (C) e prolina (D) foram superiores nos tratamentos K₂SiO₃ e Si+Ds, em relação aos tratamentos Controle e Estresse Hídrico (HELALY et al., 2017).

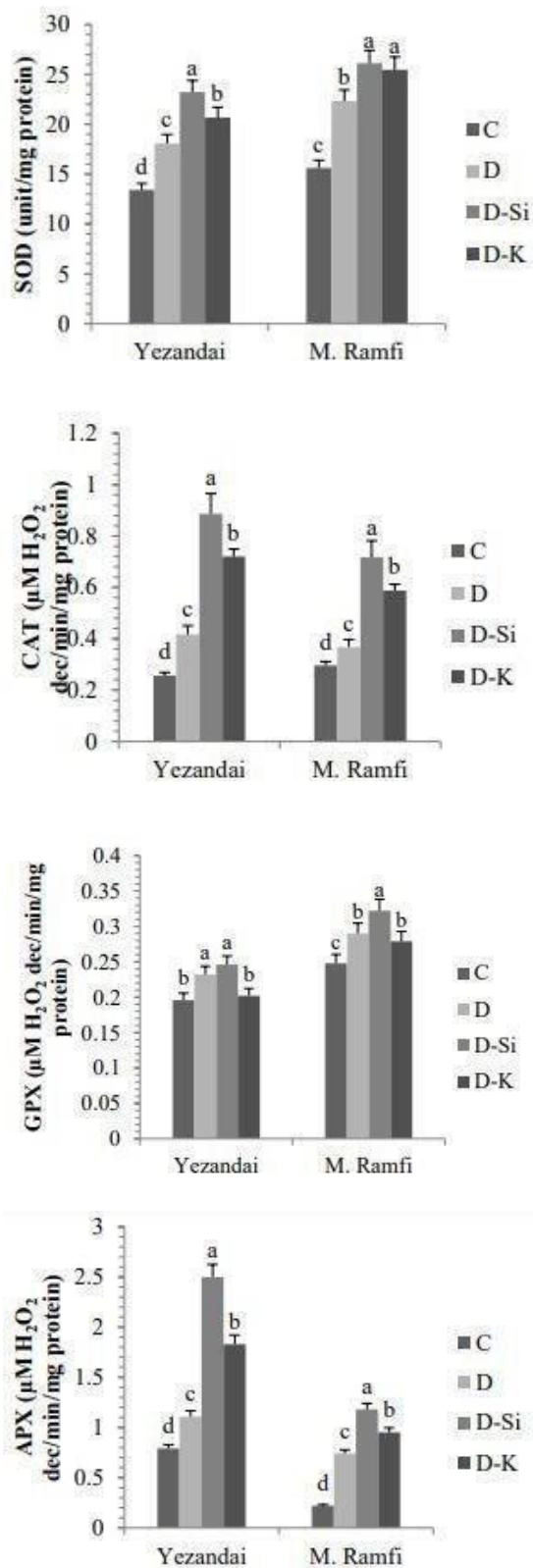
Figura 3. Teores totais de carboidratos (A), açúcares (B), aminoácidos livres (C) e prolina (D) nos tratamentos Controle, Estresse Hídrico, K₂SiO₃ e Si+Ds.



Fonte: HELALY et al., 2017.

Em investigação científica sobre o efeito melhorador de silício e potássio na seca folhas estressadas de uva (*Vitis vinifera* L.), os resultados indicaram que o silício compensou parcialmente os impactos negativos consequentes de estresse hídrico, elevando a tolerância da videira via aumento da quantidade de enzimas antioxidantes, como demonstrado na Figura 4, e através do ajuste osmótico (HADDAD & KAMANGAR, 2015).

Figura 4. Efeito de Si e K na atividade das enzimas antioxidantes: SOD (superóxido-dismutase), CAT (catalase), GPX (guaiacol-peroxidase), APX (ascorbato-peroxidase) e isoenzimas, submetidas a estresse hídrico em duas cultivares. As barras com letras diferentes são significativamente diferente no nível $p < 0,01$.



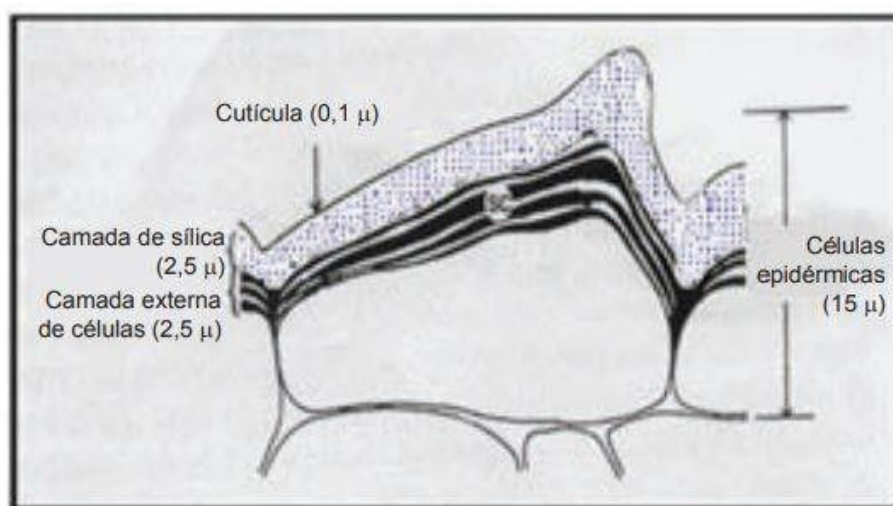
Fonte: HADDAD & KAMANGAR, 2015.

Potencial da utilização do Silício frente aos Estresses Bióticos:

2.3.1 Fitopatógenos.

Para introduzira o efeito induzido pelo mineral Silício na resistência a pragas e doenças, antes exploraremos as características citológicas incrementadas pela presença do Si em quantidade ideal para o vegetal. Na Figura 5, Rodrigues et al.(2011) ilustra a presença de uma destacável camada de sílica intermediária entre a cutícula e a camada externa de células epidérmicas, o que pode agir como elemento estruturante e formando barreira física que dificulta a penetração de pragas e patógenos, quando estabelecido em níveis ótimos do elemento.

Figura 5. Deposição e polimerização do ácido monossilícico abaixo da cutícula, formando uma dupla camada cutícula-sílica.



Fonte: RODRIGUES et al., 2011.

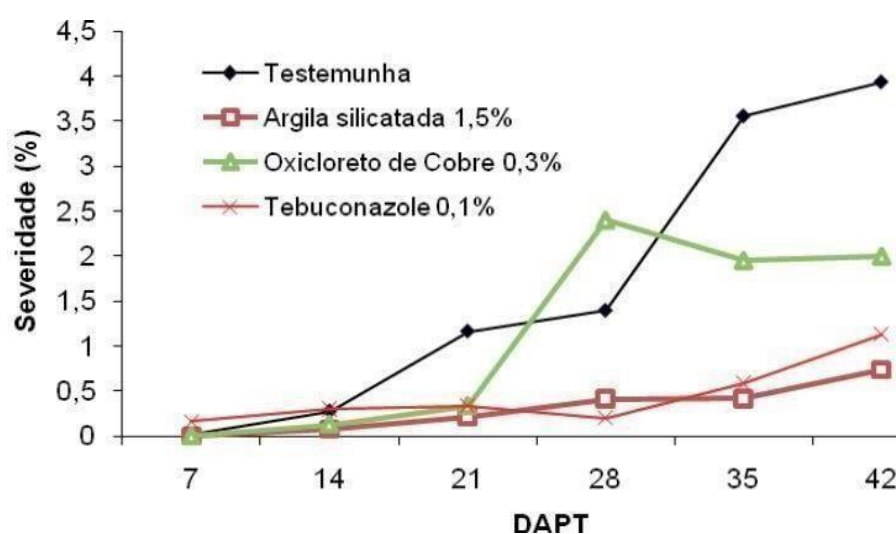
Com as características acima citadas fortalecidas pelo Si, estudos vem demonstrando que o suprimento desse mineral, seja via solo, foliar ou solução nutritiva, tem contribuído de forma significativa na redução de doenças de importância econômica. Uma das doenças causadoras de maiores problemas de pré e pós-colheita na cultura da mangueira é a Antracnose,

causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*. A intensidade da antracnose é maior em locais com maiores índices de precipitação com alta umidade relativa, porém, em regiões semi-áridas pode ser problemática quando o período da florada coincide com as chuvas, podendo causar prejuízos na frutificação e pós-colheita (EMBRAPA, s/d.).

O fungo patógeno da Antracnose em mangueira (*C. gloeosporioides*) é também uma doença de importância econômica para o macarujá amarelo, tida como a principal doença de parte aérea da cultura. Em trabalho realizado por Medeiros & Perech (2012), foi avaliado como a aplicação de argila silicatada na dose de 15g/L teve ação contra a antracnose em macarujá.

Foi encontrado, como ilustrado na Figura 6, que ao final de 42 dias após aplicação dos tratamentos, a menor severidade da doença foi registrada no tratamento de fonte de silício, demonstrando efeito antagônico desse mineral à prevalência do fungo estudado. Esses resultados apresentam uma potencial utilização de fontes de silício no controle de antracnose em manga, necessitando de experimentos à nível de campo em diferentes condições climáticas.

Figura 6. Curva de progresso da antracnose (*Glomerella cingulata*, anamorfo *Colletotrichum gloeosporioides*) do maracujazeiro amarelo submetidos a diferentes tratamentos no período de 42 dias após primeiro tratamento (DAPT).



Fonte: MEDEIROS & PERECH, 2012.

Em revisão bibliográfica sobre o papel do silício na indução de resistência em

Frutas e vegetais, Weerahewa & Somapala (2016) argumentaram que de aproximadamente 75% dos registros disponíveis sobre redução da doença oídio, cerca de 25% dos achados foram a respeito da redução da doença em morango e uva, esta última um cultivo de altíssima importância para a fruticultura do semiárido nordestino.

Em ensaio experimental avaliando a severidade da doença causada pelo patógeno *Mycosphaerella fijiensis* (sigatoka negra) na cultura da banana, com e sem aplicação de Si, foi possível observar que a doença desenvolveu-se com mais rapidez e severidade na plantas cultivadas sem Si do que na plantas cultivadas com Si. De forma numericamente ilustrativa, a Tabela 1 apresenta como os percentuais de áreas foliares infectadas foram significativamente maiores para plantas não supridas com Si do que as plantas com a porte de Si (KABLAN et al., 2012).

Tabela 1. Porcentagem de áreas foliares infectadas calculadas ao final do experimentos por análise de imagens para plantas cultivadas em sistema hidropônico inoculado após 4 meses (experimento 1) ou 6 meses (experimento 2) com fragmentos de micélio ou conídios de *Mycosphaerella fijiensis* (L1 = a folha mais jovem totalmente desenrolada ou folha bandeira, L2 = folha 2, L3 = folha 3, L4 = folha 4 e L5 = folha 5).

Leaf stage ^z	Infection (%) ^y			
	Conidia as inoculum		Mycelium fragments as inoculum	
	-Si plants	+Si plants	-Si plants	-Si plants
Experiment 1				
L1	15 a	4 a	51 a	38 a
L2	20 a	9 a	66 a	29 a
L3	15 a	8 a	77 a	33 b
L4	21 a	12 a	55 a	45 a
L5	23 a	18 a	52 a	60 a
Mean	19 a	11 b	60 a	43 b
Experiment 2				
L1	54 a	43 a	69 a	61 a
L3	47 a	43 a	69 a	71 a
Mean	51 a	43 a	69 a	66 a

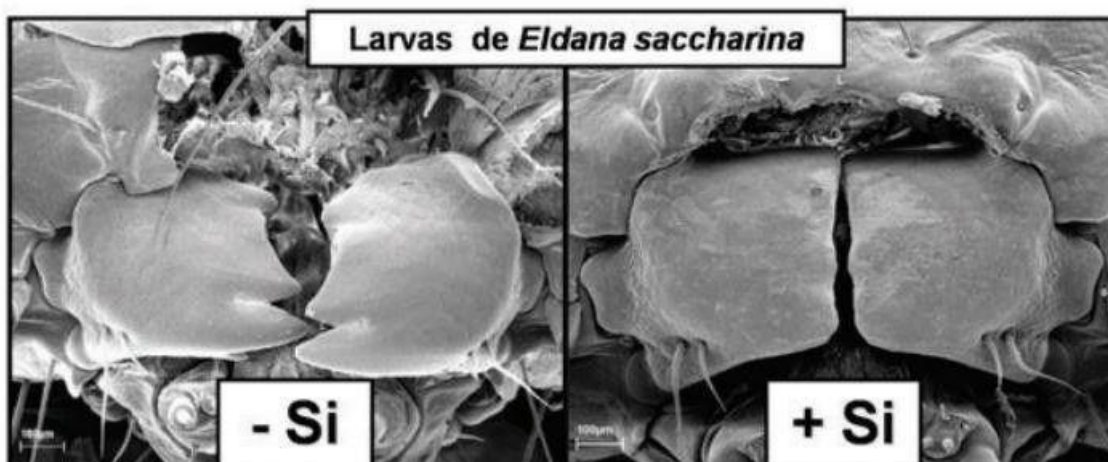
*Os valores seguidos por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes em $P \leq 0,05$, de acordo como teste de diferença menos significativo protegido de Fisher.

Fonte: KABLAN et al., 2012.

2.3.2. Insetos-praga.

Devido ao benefício estrutural nas células da epiderme descrito no primeiro subtópico dessa sessão, o silício pode promover uma defesa ao estresse biótico causados por insetos herbívoros, com consequente manutenção da capacidade produtiva do cultivo. A ação do silício sobre os insetos herbívoros acontecem com duas rotas de ação: ação direta no desgaste da mandíbula devido a maior resistência das células, no insetos mastigadores (Figura7), e ação indireta, por meio da atração de inimigos naturais do inseto- praga (RODRIGUES et al., 2011).

Figura7. À esquerda, mandíbula de larva que foi alimentada com plantas não tratadas com silício; à direita, mandíbula de larva que foi alimentada com plantas tratadas com silício.



Fonte: RODRIGUES et al., 2011.

Estudo realizado na frutífera *Physalis peruviana* (golden-berry) avaliou o controle de mosca-branca (*Benisia tacabi*) através de adubação foliar silicatada. Os resultados demonstraram que a aplicação de silício na dose de 8g/L (Si) reduziu a incidência de adultos do inseto-praga, além de incrementar as características físicas dos frutos avaliados (SANTOS *et al.*, 2020). Na cultura da mangueira, é necessário realizar investigações mais aprofundadas no efeito do aporte de Silício no ciclo de vida e insetos-praga de importância como a mosca-da-fruta (*Ceratitis capitata*), ácaro (*Aceria mangiferae*) e tripses (*Selenothrips rubrocinctus*) (EMBRAPA, 2010).

Em estudo adicional sobre o impacto da fertilização silicata da induzindo defesa contra insetos pragas, Connick (2011) propõe que aplicações soliares e no solode Si tem mostrado reduções significativas nos danos causados por artrópodes, em que a estrutura vegetal mais vigorosa pode prejudicar o sistema mastigador desses insetos, como registrado na Figura 7.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da revisão apresentada, é possível perceber o potencial do mineral Silício em diversos componentes da fisiologia vegetal, desde a melhor convivência como estressessalino, hídrico e térmico, como a menor severidade em ataque de determinadas pragas e doenças já investigadas. Para a cultura da mangueira, que poderá ter maiores estresses em um futuro previsto de aumento das médias de temperatura global, o melhor aporte desse mineral pode ajudar a cultura a conviver com cenários climáticos mais adversos.

Portanto, são necessários experimentos em campo, para investigar seus benefícios diante de estresses bióticos e abióticos que sejam recorrentes no Submédio do Vale do São Francisco. Resultados positivos podem apresentar-se como uma importante alternativa técnica de forma não-residual, o que favorece para utilização em cultivos para exportação, podendo incrementar em produtividade frente a esses estresses ambientais, com a finalidade de aumentar a rentabilidade e sustentabilidade econômica dos agroecossistemas com base na cultura da manga.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BRANDÃO, S. S. et al. Coquetéis vegetais e sistemas de manejo alterando a qualidade do solo e produtividade da mangueira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.04, 2017. p. 1079-1089.
- CONNICK, V. J. **The impact of silicon fertilisation on the chemical ecology of grapevine, *Vitis vinifera*; constitutive and induced chemical defences against starthropod pest and their natural enemies.** A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Philosophy. Faculty of Science School of Agriculture and Wine Sciences, 2011.
- CORRÊA, M. M. et al. **Formas de Ferro, Silício e, ou, Alumínio na Gênese de Fragipãse Hori zontes Coesos dos Tabuleiros Costeiro.** R. Bras. Ci. Solo, n.39, 2015. p.940-949.
- DING, Y. F. **Mechanisms of silicon-enhancement of drought tolerance in wheat seedlings.** M.Sc thesis, Nanjing Agricultural University, China, 2006.
- EMBRAPA. **Cultivo da Mangueira.** Sistemas de Produção. Embrapa Semiárido. ISSN 1807-0027, 2010.
- EMBRAPA. **Doenças da Mangueira.** BATISTA, D. C.; BARBOSA, M. A. G. Pesquisadores em Fitopatologia. Nota Técnica, s/d.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAOSTAT**, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- GONG, H. J., et al. **Effects of silicon on defense of wheat against oxidative stress under drought at different developmental stages.** Biol Plant n. 52, 2008. p. 592–596.
- HADDAD, B & KAMANGAR, A. **The ameliorative effect of silicon and potassium on drought stressed grape (*Vitis vinifera* L.) leaves.** Iranian Journal Of Genetics And Plant Breeding, Vol.4, No.2, Oct 2015.
- HELALY, M. N. et al. **Regulation and Physiological Role of Silicon in Alleviating Drought Stress of Mango.** Plant Physiology and Biochemistry. May 2017. IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change.** Printed October, Switzerland, 2021.
- KABLAN, L. et al. **Silicon Reduces Black Sigatoka Development in Banana.** Plant Dis. 96, 2012. p. 273-278.

- LAZZERINI, F.T.& BONOTTO, D.M. **O silício em águas subterrâneas do Brasil.** Ciência e Natura, vol. 36, núm. 2, mayo-agosto, 2014. p.159-168.
- LIMA, J. R. F. et al. **Análise do mercado de manga produzida no Vale Do São Francisco: cenário atual e perspectivas para o curto prazo.** Congresso Da Sociedade Brasileira De Economia, Administração E Sociologia Rural Sober Nordeste. Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido,2018.
- LIMA, J. R. F. et al. **Menos área cultivada, mais tecnologia na fruticultura de exportação - Uva, manga e melão.** Tecnologias Poupa-Terra. Embrapa, Brasília – DF, 2021.
- LOPES, M. M. A.**Efeitos da luz pulsada no metabolismo e nas características físico-químicas de frutos de manga "Tommy Atkins" durante o armazenamento.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, 2015.
- LUCENA, C. C. et al. Efeito do estresse salino na absorção de nutrientes em mangueira. **Rev Bras.Frusic.**, Jaboticabal-SP, v.34, n.1, 2012. p. 297-308.
- MEDEIROS, A. M. & PERUCH, L. A. M. **Fungicidase argila silicata dano controlada antracnose do maracujá amarelo.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 5, set./out,2012. p. 1803-1808.
- MENEGALE, M. L. C.et al. **Silício: interação como sistema solo-planta.** Journal of Agronomic Sciences, Umuarama ,v.4, n.especial , 2015. p.435-454.
- RODRIGUES, F. A. et al. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Revista Informações Agronômicas** - n.134 - Junho/2011.
- SÁ, J. R. et al. Crescimento e nutrição de *Passiflora edulis* submetido ao estresse salino após aplicação de silício. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, 2021.
- SANTOS, L. C. et al. **O papel do silício nas plantas.** Research, Society and Development, v. 10, n. 7, 2021.
- SANTOS, M. S. *et al.* **Silício na caracterização dos frutos e na incidência de insetos-praga em physalis.** Research, Society and Development, v. 9, n.10, 2020.
- SOUZA, T. M. A. et al. Calcium silicate assalt stress attenuator in seedlings of yellow passion fruit cv. BRS GA1. **Rev. Caatinga, Mossoró**, v. 33, n. 2, 2020. p. 509 – 517.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** (5ª ed.), Artmed, 2013. p.918.
- VERMA, K. K. et al. **The impact of silicon on photosyntheticand biochemical responses ofsugarcane under different soil moisture levels Silicon.** n.12, 2020. p.1355–1367.

WEERAHEWA, D. & SOMAPALA, K. Role of Silicon on Enhancing Disease Resistance in Tropical Fruits and Vegetables: A Review. Department of Botany, The Open University of Sri Lanka. OUSL Journal, Vol.11, 2016. p. 135 -162.