



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO EM AGRONOMIA

PEDRO HENRIQUE DA SILVA ALVES

SILÍCIO NA BIOMETRIA DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO VAR. *ERECTIFOLIUS*
IN VITRO

FORTALEZA
2023

PEDRO HENRIQUE DA SILVA ALVES

**SILÍCIO NA BIOMETRIA DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO VAR. *ERECTIFOLIUS*
*IN VITRO***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa

Coorientadora: Ms. Lailla Sabrina Queiroz Nazareno

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A481s Alves, Pedro Henrique da Silva.
Silício na biometria de mudas de abacaxizeiro var. erectifolius in vitro / Pedro Henrique da Silva Alves. –
2023.
38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa.
Coorientação: Profa. Ma. Laila Sabrina Queiroz Nazareno .

1. Ananas comosus var. erectifolius. 2. micropropagação. 3. ácido silícico. I. Título.

CDD 630

PEDRO HENRIQUE DA SILVA ALVES

**SILÍCIO NA BIOMETRIA DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO VAR. *ERECTIFOLIUS*
*IN VITRO***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 03/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Lailla Sabrina Queiroz Nazareno (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Gabrielen de Maria Gomes Dias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Agron. Jorge Braga Ribeiro Junior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, meus irmãos e amigos.

Aos meus professores e companheiros do
Curso de Agronomia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, sem a qual não haveria possibilidade de ter ingressado neste curso, e por toda a ajuda espiritual que me possibilitou para estar concluindo esta etapa. Grato por saber que Ele sempre esteve comigo.

A minha mãe, Francisca da Silva, pelo apoio e sensibilidade que teve de acreditar nos meus sonhos, ao meu querido pai José Otacílio (*in memoriam*), por ser uma das inspirações para que eu viesse cursar agronomia, um grande homem do campo. Aos meus oito irmãos, por ter a honra de ser o primeiro a alcançar a formação superior entre eles.

A amiga “Dona Marli”, por ter visto em mim um potencial de que eu poderia alcançar por meio da educação, ao professor Marconi Coelho Reis (*in memoriam*) por todo o incentivo durante o ensino médio. E todos os demais professores ao longo do ensino básico.

Ao casal de amigos José Welton (*in memoriam*) e Zilda Marques pela hospitalidade que me ofereceram enquanto estive morando na residência dos mesmos, em boa parte deste curso.

Ao Professor Marcelo de Almeida Guimarães, por todo o apoio, incentivo e disponibilidade como meu orientador por longo período neste curso. A todos os colegas, amigos e membros do NEON, em especial Caris, Nailson, Benedito, Marcos, Lazaro, Janiquele, Ronaldo, Davi, Adriano, e tantos outros que fizeram parte deste grupo ao longo da minha permanência neste curso.

Ao Professor Márcio Cleber de Medeiros Corrêa, por aceitar cordialmente ser o meu orientador para a realização deste trabalho.

A Lailla Nazareno por todo apoio, paciência e cooperação como minha coorientadora. A Professora Gabrielen Dias por toda ajuda neste trabalho, e a oportunidade que me concedeu em estagiar no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais. Agradeço aos demais membros do referido laboratório.

Por fim, a todos os colegas de curso, professores, universitários e funcionários desta universidade.

“Aqueles que saíram chorando, levando a semente para semear, voltarão cantando, cheios de alegria, trazendo nos braços os feixes da colheita.”

(BÍBLIA NTLH, Salmos, 126:6).

RESUMO

A micropropagação *in vitro* é uma ferramenta da cultura de tecidos de plantas, que tem sido utilizada para o desenvolvimento de mudas com a possibilidade de agregar mais qualidade ao material vegetal a partir do uso de novas composições nos meios de cultura. O silício é um elemento benéfico às plantas, estudado nos últimos anos, devido aos seus efeitos no desenvolvimento de diferentes espécies, bem como suas aplicações em formulações em meio de cultura na micropapagação de plantas. Diante disso, nesse trabalho foram avaliados os efeitos do uso de diferentes concentrações de ácido silícico como fonte de silício no desenvolvimento *in vitro* de *Ananas comosus* var. *erectifolius*. Para isso, foram utilizados brotos seccionados de mudas em fase de multiplicação de abacaxi, os quais foram estabelecidos *in vitro* em frascos de vidro com 60 mL de meio de cultura Murashige & Skoog (MS). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos constituídos por um controle e quatro concentrações de ácido silícico (H_4SiO_4) no meio de cultura (0; 0,5; 1,0; 1,5; e 2,0 g L^{-1}), com 15 repetições (2 segmentos/frasco). Aos 28 e 35 dias avaliaram-se as características biométricas: comprimento da parte aérea (cm), número de folhas, brotos e raízes. Na última avaliação também foram analisados a massa fresca e a massa seca total (g), o diâmetro da roseta e largura da 3ª folha. Ocorreu efeito significativo para a variável número de brotos aos 28 e 35 dias. Para as demais variáveis, não ocorreu diferença significativa. A adição de ácido silícico promoveu melhorias em todas as características biométricas avaliadas, quando comparadas ao tratamento em que não houve adição de ácido silícico no cultivo *in vitro* de *Ananas comosus* var. *erectifolius*.

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *erectifolius*; micropropagação; ácido silícico.

ABSTRACT

In vitro micropropagation is a plant tissue culture tool, which has been used for the development of seedlings with the possibility of adding more quality to plant material from the use of new compositions in culture media. Silicon is a chemical element for plants, observed in recent years, due to its effects on the development of different species, as well as its applications in a combination of culture medium in the micropropagation of plants. Therefore, in this work, the effects of using different concentrations of silicic acid as a source of silicon on the *in vitro* development of *Ananas comosus* var. *erectifolius*. For this, sectioned shoots of seedlings in the pineapple multiplication phase were used, which were achieved in vitro in glass flasks with 60 mL of Murashige & Skoog (MS) culture medium. The experimental design was completely randomized and the veterinary treatments by a control and four concentrations of silicic acid (H_4SiO_4) in the culture medium (0; 0.5; 1.0; 1.5; and 2.0 gL⁻¹), with 15 repetitions (2 segments/flask). At 28 and 35 days, the biometric characteristics were evaluated: shoot length (cm), number of leaves, shoots and roots. In the last evaluation, fresh mass and total dry mass (g), rosette diameter and width of the 3rd leaf were also analyzed. There was a significant effect for the variable number of shoots at 28 and 35 days. For the other variables, there was no significant difference. The addition of silicic acid promoted improvements in all biometric characteristics evaluated, when compared to the treatment in which there was no addition of silicic acid in the *in vitro* culture of *Ananas comosus* var. *erectifolius*.

Keywords: *Ananas comosus* var. *erectifolius*; micropropagation; silicic acid.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Abacaxizeiro.....	13
2.2	Cultivo de abacaxi ornamental.....	14
2.3	Cultura de tecidos de plantas.....	15
2.4	Uso do Silício na Agricultura.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L.B. Smith) Coppens & Leal, é uma variedade de abacaxi ornamental conhecida popularmente em alguns estados brasileiros como curauá; é uma espécie exótica, de coloração purpura e de boa longevidade pós-colheita, com grande demanda no segmento de plantas ornamentais (CARVALHO; SOUZA; SOUZA, 2014; BOMFIM *et al.*, 2020). Por muito tempo foi classificada como uma espécie distinta dentro do gênero ananás, porém em uma classificação recente passou a ser definida como uma variedade pertencente à espécie *Ananas comosus* (L.) Merrill, que é o denominado abacaxi comestível (D'EECKENBRUGGE; LEAL, 2003).

O abacaxi é uma das principais frutíferas tropicais consumidas no mundo, sendo denominada de rei das frutas, devido a sua beleza e o seu elevado prestígio alimentar (CRESTANI *et al.*, 2010). O Brasil é o centro de origem dessa frutífera, juntamente com outros membros do Cone Sul, além de destacar-se entre os principais produtores sendo o terceiro nesse ranking, assim como Costa Rica, Tailândia e Filipinas (GRANADA; ZAMBIAZI; MENDONÇA, 2004; ROSA NETO; SILVA; ARAUJO, 2020; MATA, 2023).

As variedades de aptidão ornamental têm sido exploradas, principalmente, para a produção de fibras destinadas às indústrias têxtil e automobilística e para a confecção de produtos naturais biodegradáveis (CORADIN; CAMILLO; VIEIRA, 2022). Entretanto, são variedades atrativas e propensas ao mercado de flores e plantas ornamentais, fazendo disto uma das principais finalidades de cultivo atualmente. O estado do Ceará é o principal produtor e exportador de variedades de abacaxi ornamental, favorecido pelo mercado, que já enquadra o Brasil como grande produtor e exportador de flores e plantas ornamentais, (CARVALHO *et al.*, 2019; CAMPELO *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2022).

Um dos grandes obstáculos para a expansão das áreas produtivas do cultivo comercial de abacaxi, tanto da variedade comestível quanto das espécies ornamentais, é a viabilidade de obtenção de mudas, uma vez que a principal via propagativa dos abacaxizeiros é de forma vegetativa, apesar de o método de propagação convencional ser o mais utilizado em razão do custo, e ser uma técnica simples, exige maior espaço e tempo para produção de mudas, bem como muitas plantas são mais suscetíveis ao ataque de pragas e disseminação de doenças (PÁDUA, 2013). Diante dessa limitação, é sugerível o uso da cultura de tecidos, que é uma técnica biotecnológica que permite o cultivo de plantas em ambiente controlado e em condições assépticas, possibilitando a multiplicação e obtenção de plantas em larga escala e livre de fitopatógenos, com alta qualidade genética (SOUZA *et al.*, 2010; BERILLI *et al.*,

2011; SANTOS *et al.*, 2015; COLOMBO *et al.*, 2017).

A micropropagação é uma técnica da cultura de tecidos que trata do cultivo de partes vegetais, denominadas explantes. Esse cultivo é realizado em condições ambientais controladas, com a oferta de formulações nutricionais balanceadas, compondo o meio de cultura buscando atender às exigências nutricionais de cada espécie (DIAS *et al.*, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2022). Essas composições podem ser alteradas na busca de composições mais adequadas e de melhores resultados. Nesse sentido, é possível avaliar as propriedades de determinados elementos com respostas ainda pouco definidas, como no caso de alguns elementos benéficos como o sódio, selênio e silício (FAVETTA; COLOMBO; FARIA, 2014; COSTA *et al.*, 2020; KHAI *et al.*, 2021; SUNDARARAJAN *et al.*, 2022).

O silício tem sido objeto de estudo em inúmeros trabalhos, os quais citam diversos benefícios associados a esse elemento na morfologia e fisiologia dos vegetais no cultivo *in vitro* (DIAS *et al.*, 2014; BATISTA *et al.*, 2020) e *ex vitro* (CARVALHO *et al.*, 2013). Considerando os estudos realizados com plantas em condições *in vitro* Sivanesan e Park (2014) relatam os resultados das aplicações de silício na micropropagação, bem como cultivo *in vitro*. Destacando-se respostas positivas na organogênese e embriogênese somática (ISLAM; AHMED; MAHALDAR, 2005; MÁTHÉ *et al.*, 2012); no crescimento e desenvolvimento dos explantes (ZHOU, 1995; SOARES *et al.*, 2011); e na tolerância aos estresses abióticos (DUAN; TANG.; WANG, 2013; SUNDARARAJAN *et al.*, 2013).

As contribuições do silício são associadas ao melhor desenvolvimento de mudas quanto às características biométricas e melhoram a taxa de sobrevivência das mudas em fase de aclimação (BATISTA *et al.*, 2020; MANTOVANI *et al.*, 2020). Quanto às fontes de silício utilizadas na micropropagação destacam-se o silicato de potássio (K_2SiO_3), silicato de sódio (Na_2SiO_3), silicato de cálcio ($CaSiO_3$) e o ácido silícico (H_4SiO_4), as fontes comumente utilizadas em diversos estudos (SOARES *et al.*, 2011; ASMAR *et al.* 2013; MARTINS *et al.* 2018).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do uso de diferentes concentrações de ácido silícico como fonte de silício na biometria *in vitro* de *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L.B. Smith) Coppens & Leal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Abacaxizeiro

O *Ananas comosus* (L.) Merrill ou, popularmente, abacaxi é uma frutífera tropical, tendo como seu centro de origem o continente Sul-Americano, abrangendo o Nordeste da Argentina, Paraguai, Uruguai e o Centro-Sul do Brasil, além da região da Floresta Amazônica também ser apontada por alguns pesquisadores (MELO *et al.*, 2006; SILVA; ADAIME; ZUCCHI, 2016; WALI, 2019).

O abacaxi é uma planta herbácea perene pertencente à família Bromeliaceae e ao gênero *Ananas* Mill, o qual abrange principalmente espécies cultivadas para fins alimentares, mas também aportam espécies comercialmente viáveis para confecção de fibras e para cultivo ornamental (PY; LACOEUILHE; TEISON, 1984).

Na agricultura mundial, o abacaxi é essencialmente associado as suas características alimentares, sendo a terceira fruta tropical mais consumida no mundo, sendo conferidos diversos usos, desde o consumo *in natura*, produtos industrializados, como geleias e conservas, além de ser matéria-prima para outros produtos alimentares, terapêuticos e medicinais (ANDRADE NETO *et al.*, 2016). O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking dos maiores produtores mundiais de abacaxi comestível, Filipinas e Costa Rica revezam no posto de maior produtor nos últimos anos (FAO, 2020).

Com relação à classificação, alguns autores como Smith e Downs (1979) consideram que algumas espécies ornamentais são espécies distintas do abacaxi comestível, porém, em uma classificação recente, D'Eeckenbrugge e Leal (2003) propuseram que algumas dessas espécies passariam a ser variedades da espécie *Ananas comosus*, e o abacaxi comestível passaria a ser a variedade *A. comosus var. comosus*. Dentre as espécies ornamentais que passariam a ser denominadas de variedades, pode-se destacar aquelas que têm maior importância no segmento ornamental, que são: *A. comosus var. ananassoides* (Baker) Coppens & Leal, *A. comosus var. bracteatus* (Lindl.) Coppens & Leal e *A. comosus var. erectifolius* (L.B. Smith) Coppens & Leal que, segundo a classificação de Smith e Downs (1979), eram classificadas como *A. ananassoides*, *A. bracteatus* e *A. lucidos*, respectivamente (SOUZA, 2010; NEVES *et al.*, 2017).

2.2 Cultivo de abacaxi ornamental

O abacaxi cultivado para fins ornamentais enquadra-se no setor de comercialização de flores e plantas ornamentais. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), no ano de 2017 os valores produzidos pelo setor de Floricultura correspondiam a 0,53% do PIB do agronegócio brasileiro, embora seja um valor quase inexpressivo diante dos demais setores tem crescido ao longo dos anos (CEPEA, 2022). Dados do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR) consideram que o Produto Interno Bruto (PIB) nacional deste setor, no ano de 2021, foi de cerca de R\$ 10,9 bilhões, apresentando crescimento constante em relação aos anos anteriores (IBRAFLOR, 2022). No Brasil, destacam-se como importantes estados produtores: São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Distrito Federal e Ceará (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Considerando o cenário internacional, dados apontam que os valores da comercialização de flores e plantas ornamentais chegaram a US\$ 21,0 bilhões no ano de 2013 (CEPEA, 2022). A Holanda lidera o mercado internacional de comercialização de flores e plantas ornamentais sendo o principal país exportador, assim como também é um dos principais países importadores de outros polos produtores (NEVES; PINTO, 2015).

As principais variedades de abacaxi ornamental cultivadas no Brasil são: *ananassoides*, *bracteatus* e *erectifolius*. Cabe destacar que alguns experimentos têm sido desenvolvidos para obtenção de híbridos a partir do cruzamento dessas variedades, que possam conferir maior longevidade e apresentem características morfológicas de destaque pertencentes as variedades (COSTA JUNIOR *et al.*, 2016; TELLEZ *et al.*, 2023).

A variedade *ananassoides* possui frutos pequenos, com cores que variam do amarelo ao creme e ao rosa mais intenso. As hastes longas, que podem ser lineares ou sinuosas, conferem uma aparência especial à planta, principalmente quando os frutos já estão completamente formados (SOUZA, 2010). A variedade *bracteatus*, conhecida como ananás-de-cerca, ou ananás-bravo, possui frutos maiores, com cores que variam do rosa mais descorado ao vermelho mais intenso (SOUZA *et al.*, 2007).

A variedade *erectifolius*, conhecida popularmente como caroá, carauá, é a principal variedade de abacaxi ornamental cultivada no mundo. Apresenta desenvolvimento adaptável aos locais de intensa luminosidade, solo arenoso e clima tropical; o que confere uma maior produção no Brasil, especialmente no estado do Ceará, que é o maior produtor e exportador desta variedade. A espécie possui folhas eretas, rígidas, espessas, apresentando coloração

púrpura e sem espinhos, com restrição de um acúleo no ápice (BORGES; CORREIA; ROSSETTI, 2003; ALVES *et al.*, 2014).

O cultivo comercial de abacaxi ornamental não difere do cultivo do abacaxi comestível, podendo ser estabelecido a partir de mudas de diversos tipos e origens, como por coroas, filhotes, filhote-rebentão, rebentão, assim como de mudas produzidas a partir de secções do caule das plantas, e por mudas oriundas de cultura de tecidos (ANDRADE NETO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2021).

Uma das grandes restrições associadas à expansão da área produtiva no cultivo do abacaxi está diretamente relacionada à disponibilidade de mudas viáveis para a produção, fato este relacionado à característica de o abacaxi ser propagado exclusivamente de forma vegetativa, a obtenção de mudas de modo convencional é limitada pelo tempo necessário para produção dessas mudas e por requerer espaço demasiado de viveiros produtivos (PADUA, 2013). Outro agravante é que as mudas também podem ser disseminadoras de doenças como a furasiose (*Fusarium subglutinansf. sp. ananas*) e a murcha de cochonilha do abacaxizeiro (*Dysmicoccus brevipes*), reduzindo ainda mais o potencial produtivo das áreas cultivadas. Assim, torna-se atrativo o uso de micropropagação para obtenção de mudas em larga escala, de qualidade superior e com menor risco de infestações e infecções (PASQUAL *et al.*, 2008).

2.3 Cultura de tecidos de plantas

A cultura de tecidos vegetais tem encontrado notoriedade indispensável na agricultura moderna. A micropropagação é uma técnica da cultura de tecidos em que pequenos pedaços de tecidos vivos, denominados de explantes, são extraídos de uma espécie vegetal, desinfestados e cultivados em ambiente estéril, por tempo indeterminado, em um meio de cultura adequado. Estas condições incluem a oferta adequada de nutrientes, pH, temperatura, luz e carbono. Esta técnica visa essencialmente à obtenção de plantas idênticas à planta matriz (ANDRADE, 2002; SOUZA *et al.*, 2018; ABDALLA, *et al.*, 2022).

A micropropagação tem associação direta com o uso da biotecnologia na agricultura, tendo como embasamento a teoria da totipotência, a qual considera que organismos vivos, tais como as plantas, têm potencialidade regenerativa e de desdiferenciação, que é a capacidade de dar origem a novos tecidos celulares idênticos à espécie utilizada, a partir de células únicas (ALVES *et al.*, 2008; CANHOTO *et al.*, 2010).

A possibilidade de cultivar espécies *in vitro* tem grande dependência da composição do meio de cultura que se pretende utilizar, de modo que este deva apresentar aspectos essenciais

ao desenvolvimento dos explantes, em especial, quando se trata de fatores nutricionais, como fontes de carboidratos, energia, minerais, vitaminas e reguladores de crescimento (BRAGA *et al.*, 2009; CAMARGO *et al.*, 2019).

Considerando os fatores bióticos e abióticos, o sucesso da micropropagação depende da realização das seguintes etapas: seleção da planta matriz; extração, isolamento e consolidação das gemas em meio *in vitro*; surgimento e multiplicação dos brotos; crescimento, enraizamento dos brotos e aclimação em viveiro (CORREIA *et al.*, 2011).

Entre os benefícios do uso da cultura de tecidos como método de propagação, podemos destacar a capacidade de clonagem das espécies, obtenção de mudas de padrão genético superior, preservação de material genético das espécies, aquisição de plantas adaptadas a diferentes fatores bióticos e abióticos (ERIG; SCHUCH, 2005). Destaca-se ainda a qualidade fitossanitária das mudas que, acondicionadas em laboratório, são menos suscetíveis a disseminação de doenças ou de portar seus vetores (ALVES *et al.*, 2008).

Dentre os principais problemas ou limitações relacionados ao uso da micropropagação evidencia-se o alto custo de produção, que é superior aos métodos de propagação tradicionais. Este custo é atrelado à estrutura técnica necessária para o cultivo *in vitro*, bem como a ocasionais contaminações do meio, assim como à equipe técnica especializada para manipulação do material e à porcentagem de perdas das plantas em ambiente de aclimação (CARVALHO; SILVA; MEDEIROS, 2006).

Os explantes cultivados *in vitro* apresentam alta dependência de composições nutritivas específicas que podem ser supridas apenas artificialmente, tornando-se necessário o fornecimento de nutrientes específicos para cada espécie (ASSIS *et al.*, 2020; LARA-ASCENCIO, *et al.*, 2023).

Alguns estudos têm sido desenvolvidos associando diversos nutrientes à composição do meio de cultura, a fim de oferecer suprimentos adequados para os explantes. Destacam-se, em estudos recentes, o uso de elementos benéficos como o sódio (Na), selênio (Se) e silício (Si), e micronutrientes como o Zinco (Zn) e o Cobre (Cu), tendo como expectativa explorar os efeitos desses elementos no cultivo de plantas, efeitos esses ainda pouco conhecidos no manejo nutricional (SILVA *et al.*, 2007; SELIEM *et al.*, 2021; ASWATHI; THOMAS, 2023; MOURA *et al.*, 2023).

Alguns experimentos obtiveram respostas positivas com o uso desses elementos associados à composição do meio de cultura, apresentando resultados benéficos no metabolismo de algumas espécies cultivadas *in vitro*, e muitos desses trabalhos conferem

esses benefícios especificamente ao uso de silício (Si) (BRAGA *et al.*, 2009; ASMAR *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2013; LAZZARINI *et al.*, 2020; DIAS *et al.*, 2017).

2.4 Uso do Silício na Agricultura

O silício (Si) foi descoberto no século XIX e, em suas primeiras observações, os pesquisadores identificaram características relacionadas à propriedade de promover proteção às células da epiderme das plantas (LIMA FILHO, 2006).

Na nutrição mineral de plantas, convencionou-se que o Si é um elemento benéfico, não contribuindo diretamente para as necessidades cíclicas de desenvolvimento das plantas (EPSTEIN, 1999). Porém, este elemento destaca-se pelo aspecto positivo de sua aplicação em algumas espécies vegetais, dos quais pode-se destacar: maior resistência a estresses promovidos por fatores abióticos (incluem estresse hídrico, encharcamento, salinização e toxidez de metais) e bióticos, como aos ataques de pragas e doenças (associado ao fortalecimento da parede celular pela absorção de Si), além de estímulos fisiológicos, como a diminuição da taxa de evapotranspiração e o aumento da taxa fotossintética (LIANG *et al.*, 2007; REIS *et al.*, 2008; MENEGALE; CASTRO; MANCUSO, 2015).

Na natureza, o Si é encontrado na forma de silicatos e quartzo, sendo absorvido no solo na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) pelas plantas (KORNDÖRFER; PEREIRA; NOLLA, 2004). Sua aplicação pode ser realizada via solo ou foliar, sendo o silicato de cálcio ($CaSiO_3$) a principal forma de aplicação via solo enquanto o silicato de potássio (K_2SiO_3) sua principal forma para aplicação via foliar (QUEIROZ *et al.*, 2018). Na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), o silício pode ser proveniente de restos culturais, da dissolução de nutrientes no solo, das fontes silicatadas, da água de irrigação ou da dissociação de polímeros de ácido monossilícico (LIMA FILHO *et al.*, 1999; RIBEIRO *et al.*, 2011; BONFADA, 2014).

Entre as espécies de plantas que têm apresentado efeitos benéficos relacionados à absorção de Si são consideradas acumuladoras do mineral, entre elas, as gramíneas, como *oryza sativa* (arroz), que é a principal espécie acumuladora de silício, e outras gramíneas acumulam em teores menores. No processo de absorção, o silício é transportado das raízes para a parte aérea via xilema e regulado pelo mecanismo de transpiração, por sua vez, ele se acumula na parede celular da epiderme, precipitando-se de tal forma que se torna imóvel em forma de sílica (SiO_2), promovendo uma estrutura de resistência atribuída ao mesmo (CARVALHO *et al.*, 2003).

Além de estudos quanto sua aplicação via solo e foliar, tem-se percebido o aumento da quantidade de estudos para avaliar o uso do Si em meios de cultura de espécies cultivadas *in vitro*. A cultura de tecidos tem sido utilizada comumente com espécies frutíferas, medicinais, florais e ornamentais para a obtenção de um maior número de plantas propagadas e de superior qualidade fitossanitária (MANOKARI *et al.*, 2023).

Pode-se ponderar que o uso desse e de outros elementos considerados benéficos vem ocasionando efeitos positivos no metabolismo das espécies. Alguns trabalhos apontam resultados positivos, tais como o desenvolvimento do tecido foliar, maior teor clorofílico, aumento da taxa fotossintética, melhor absorção de nutrientes, incremento ao teor de matéria fresca e seca, efeitos remediadores do estresse hídrico, entre outros resultados (BRAGA *et al.*, 2009; DIAS *et al.*, 2017; MAHMOUD *et al.*, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Culturas de Tecidos Vegetais, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Utilizou-se brotações de mudas de abacaxi *var. erectifolius in vitro* como explantes, que estavam sendo multiplicadas na sala de crescimento do referido laboratório em meio de cultura MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) no terceiro subcultivo. Esses explantes tiveram suas raízes removidas, e realizada a poda das folhas, deixando o explante com cerca de 1 cm de comprimento, restando apenas o eixo caulinar envolto pelas bases foliares.

Os explantes foram estabelecidos *in vitro* em frascos de vidro com 60 mL de meio de cultura MS, acrescido de 30 g L⁻¹ de sacarose, 5,6 g L⁻¹ de ágar (HIMEDIA[®]) e pH ajustado para 5,8 ± 0,2, autoclavado a 121 °C por 15 min a 1,2 atm. Esses frascos foram mantidos em sala de crescimento com fotoperíodo de 16 horas, temperatura de 25 ± 2 °C e intensidade luminosa de 52,5 W m⁻² s⁻¹ (Luxímetro digital: Equitherm 813-A).

Aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias foram avaliadas as características biométricas: comprimento da parte aérea (mensurada com auxílio de uma régua graduada em cm), número de folhas, de brotos e de raízes. Aos 35 dias, as mudas foram retiradas dos frascos e lavadas em água corrente para retirada dos restos de meio de cultura aderidos e, posteriormente, secas em papel toalha para serem avaliadas as características biométricas diâmetro da roseta (cm) e largura da 3^o folha (cm), com uso da régua, e quanto à massa fresca e à massa seca total (g), com auxílio de uma balança de precisão. O material foi seco em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura do ar constante em 65 °C por 72 horas, para a quantificação da massa seca total (g) das mudas de abacaxizeiro ornamental *var. erectifolius*.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos constituídos por um controle e quatro concentrações de ácido silícico (H₄SiO₄) no meio de cultura (0; 0,5; 1,0; 1,5; e 2,0 g L⁻¹), com 15 repetições (cada repetição constituída por 2 segmentos/frasco). Na obtenção dos dados considerou-se a média obtida pelos dois explantes por repetição. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, empregando-se o teste F, e as médias comparadas através do teste de Tukey, calculando-se a diferença mínima significativa em nível de 5% de probabilidade com auxílio do Software R (R CORE TEAM, 2021). Os valores provenientes de contagem foram transformados em $[\sqrt{(x+0,5)}]$, em que x é a média obtida de cada variável. Posteriormente os dados gerados foram submetidos a análise de regressão para ajuste das curvas em função das doses.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para a variável número de brotos (NB) aos 28 e 35 dias (Tabelas 1 e 2). Não ocorreu diferença significativa para as variáveis: comprimento de parte aérea (CPA), número de folhas (NF), número de raízes (NR) aos 28 dias e 35 dias (Tabelas 1 e 2). Neste trabalho não foi considerável discutir os resultados ao longo das primeiras semanas, visto que efeitos significativos vieram ocorrer apenas aos 28 dias e 35 dias, tratando-se de valores bem similares estatisticamente nas primeiras semanas do experimento.

Tabela 1 – Teste F e teste Tukey para comprimento de parte aérea (CPA) em cm, número de folhas (NF), número de brotos (NB) e número de raízes (NR) avaliados em mudas de abacaxi var. *erectifolius* sob quatro concentrações de ácido silícico aos 28 dias.

FV	Quadrado Médio			
	CPA	NF**	NB**	NR**
Tratamento	1,610 ^{ns}	0,024 ^{ns}	0,547*	0,734 ^{ns}
Resíduo	1,071	0,060	0,204	0,111
Concentração (g L ⁻¹)	Teste de Médias ¹			
0	3,95a	2,18a	0,94ab	1,35a
0,5	3,52a	2,17a	1,01ab	1,28a
1,0	4,36a	2,14a	0,84b	1,41a
1,5	4,06a	2,24a	1,02ab	1,42a
2,0	3,70a	2,23a	1,35a	1,27a
CV (%)	26,43	11,16	43,64	24,79

* significativo ou ^{ns} não significativo a $p < 0,05$ pelo teste F e teste Tukey. **Dados resultantes de transformação [$\sqrt{(x+0,5)}$]. ¹ Letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

As médias de CPA, NF, NR, maior largura da 3ª folha (MLF), maior diâmetro da roseta (MDR), massa fresca (MF) e massa seca (MS) inferem que não houve diferença significativa (controle) ou nos tratamentos com ácido silícico (0; 0,5; 1,5; e 2,0 g L⁻¹) ao se aplicar os testes F e Tukey aos 35 dias (Tabela 2).

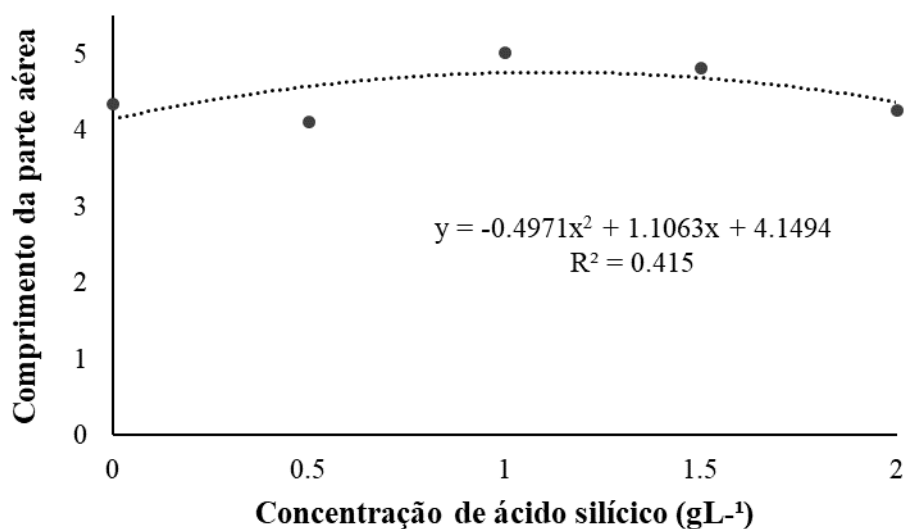
Tabela 2 – Teste F e teste Tukey para comprimento de parte aérea (CPA) em cm, número de folhas (NF), número de brotos (NB), número de raízes (NR), maior largura da 3ª folha (MLF), maior diâmetro da roseta (MDR), massa fresca (MF) e massa seca (MS) avaliados em plantas de abacaxi var. *erectifolius* sob quatro concentrações de silício aos 35 dias.

FV	Quadrado Médio							
	CPA	NF**	NB**	NR**	MLF	MDR	MF	MS
Tratamento	2,238 ^{ns}	0,158 ^{ns}	0,585*	0,276 ^{ns}	0,008 ^{ns}	2,312 ^{ns}	0,157 ^{ns}	7,1099x10 ^{-4ns}
Resíduo	1,196	0,553	0,211	0,120	0,010	1,985	0,062	4,5012x10 ⁻⁴
Concentração (gL ⁻¹)	Teste de Médias ¹							
0	4,34a	2,22a	0,94ab	1,36a	0,83a	6,36a	0,67a	0,06a
0,5	4,11a	2,20a	1,03ab	1,36a	0,89a	6,05a	0,70a	0,06a
1,0	5,02a	2,20a	0,84b	1,44a	0,87a	6,40a	0,79a	0,06a
1,5	4,81a	2,27a	1,02ab	1,44a	0,89a	7,33a	0,93a	0,07a
2,0	4,27a	2,25a	1,37a	1,40a	0,89a	6,42a	0,94a	0,08a
CV (%)	24,25	10,55	44,08	24,73	11,55	21,63	30,87	33,86

* significativo ou ^{ns} não significativo a $p < 0,05$ pelo teste F e teste Tukey. **Dados resultantes de transformação $[\sqrt{(x+0,5)}]$. ¹ Letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Quando analisado o CPA aos 35 dias (Tabela 2), apesar de não apresentar efeito significativo, as concentrações 1,0 g L⁻¹ e 1,5 g L⁻¹ proporcionam maior comprimento da parte aérea (5,02 e 4,81 cm) quando comparado ao controle (4,34 cm), já para a menor e a maior concentração utilizada (0,5 g L⁻¹ e 2,0 g L⁻¹) os resultados foram inferiores (4,11 e 4,27 cm), bem como esses dados ajustados por análise de regressão (Figura 1).

Figura 1 - Regressão para o comprimento da parte aérea (CPA) em função de concentrações de Si em gL⁻¹ em plantas de abacaxi var. *erectifolius* aos 35 dias.



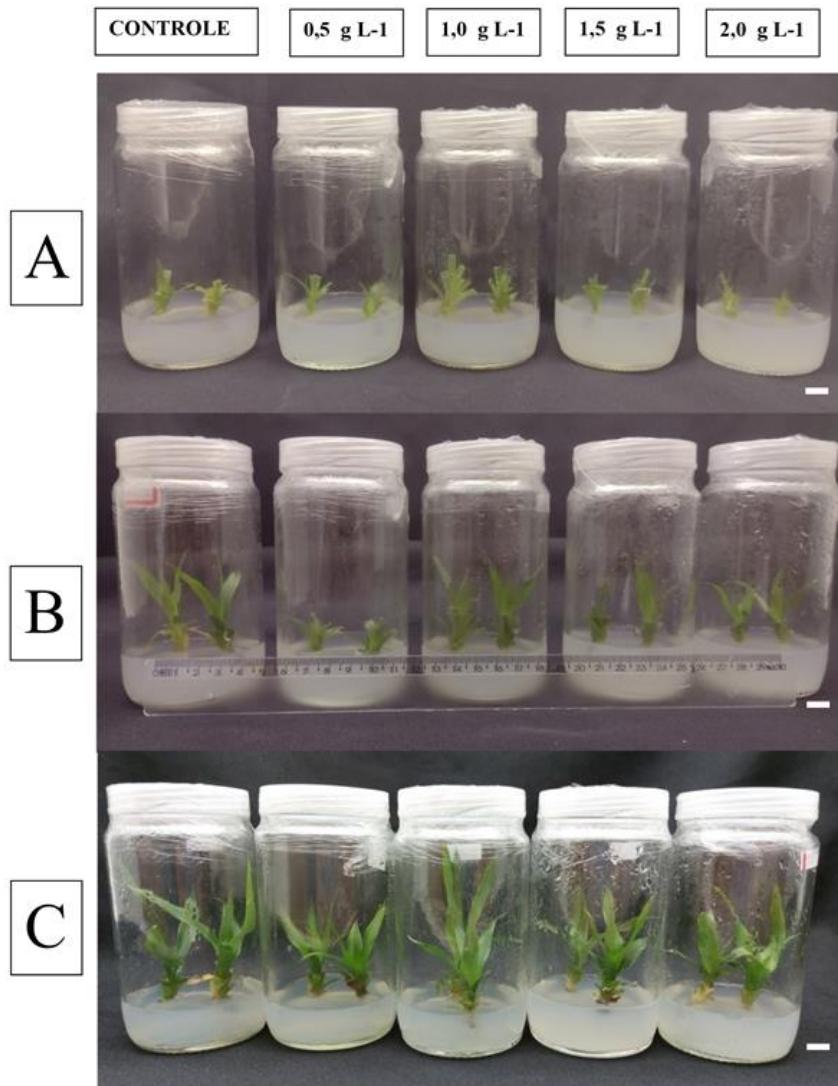
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

No trabalho de Asmar *et al.* (2011) em plântulas de *Musa paradisiaca* (bananeira 'maçã'), que apresentaram efeitos significativos, no qual se utilizou diferentes fontes silício (silicato de sódio (Na_2SiO_3), silicato de cálcio (CaSiO_3) e silicato de potássio (K_2SiO_3) $1,0 \text{ g L}^{-1}$), todas as fontes obtiveram médias absolutas superiores ao controle, silicato de cálcio e silicato de potássio não diferiram estatisticamente do controle (ausência de silício), sendo exceção o silicato de sódio, fonte que proporcionou o melhor resultado (11,29 cm). Neste caso entende-se que diferentes fontes de silício em mesma concentração podem expressar resultados diferentes em uma mesma espécie, bem como os mesmos podem não diferir significativamente ao tratamento controle, que pode ser uma justificativa para os resultados obtidos neste presente trabalho, quanto ao uso de ácido silícico como fonte de silício no desenvolvimento da CPA (ZHOU, 1995; SILVA *et al.*, 2020).

No trabalho de Soares *et al.* (2011) com *Cattleya loddigesii* (orquídea) usou-se silicato de sódio e silicato de potássio como fontes de silício, neste experimento houve incremento no tamanho da parte aérea conforme aumento das concentrações de silicato de sódio (10 mg L^{-1} até 20 mg L^{-1}) em combinações com silicato de potássio (5 mg L^{-1}). Aponta-se que o desenvolvimento da muda bem como o da parte aérea depende da composição e interação dos componentes do meio de cultura, especialmente das fontes de nutrientes (BORGATTO *et al.*, 2002). Ressalta-se os benefícios do silício na capacidade de retenção de água, alongamento e expansão do tecido celular associado às repostas positivas no comprimento da parte aérea (TRENHOLM *et al.*, 2004; GUNES *et al.*, 2007).

Nesse contexto pode-se inferir que a composição do meio de cultura é essencial no desenvolvimento dos explantes e que a interação entre os componentes pode resultar em diferentes expressões quanto ao crescimento da planta (PASQUAL, 2001). Neste experimento as concentrações de ácido silícico não obtiveram efeito expressivo para que se justifiquem os aspectos condicionados ao uso de silício relatos anteriormente para CPA considerando-se a análise estatística (Tabelas 1 e 2). Comparado ao controle as plantas desenvolveram-se de forma similar, tendo a concentração $1,5 \text{ g L}^{-1}$ como melhor resultado (Figura 1 e 2).

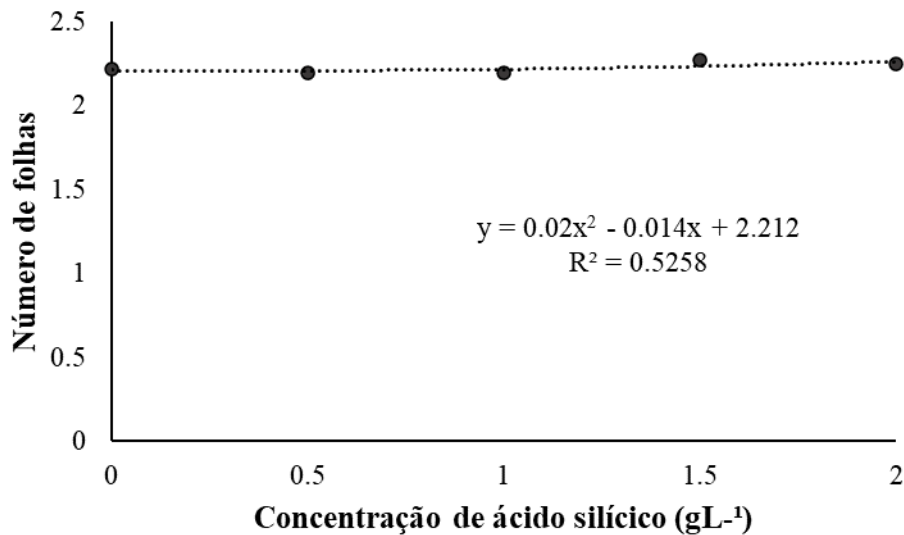
Figura 2 – Fotos de mudas *in vitro* de abacaxizeiro var. *erectifolius* submetidas a diferentes concentrações de silício. A) Aos 7 dias após serem inoculadas; B) Aos 21 dias após serem inoculadas e C) Aos 35 dias após serem inoculadas. Barra: 1 cm.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Em relação ao NF, as concentrações de ácido silícico 1,5 g L⁻¹ e 2,0 g L⁻¹ obtiveram médias absolutas com valores superiores aos demais tratamentos aos 35 dias (2,27 e 2,25, folhas respectivamente), sendo estas as maiores concentrações (Tabela 2). Infere-se que o número de folhas decaiu (2,20 e 2,20 folhas) quando comparado ao controle (2,22 folhas) nas concentrações iniciais utilizadas (0,5 g L⁻¹ e 1,0 g L⁻¹), eleva-se (2,27 folhas) em 1,5 g L⁻¹, entretanto não se diferenciando do controle, e decresce (2,25 folhas) conforme o aumento da concentração (2,0 g L⁻¹) (Figura 3).

Figura 3 - Regressão para numero de folhas (NF) em função de concentrações de Si em gL^{-1} em plantas de abacaxi *var. erectifolius* aos 35 dias.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

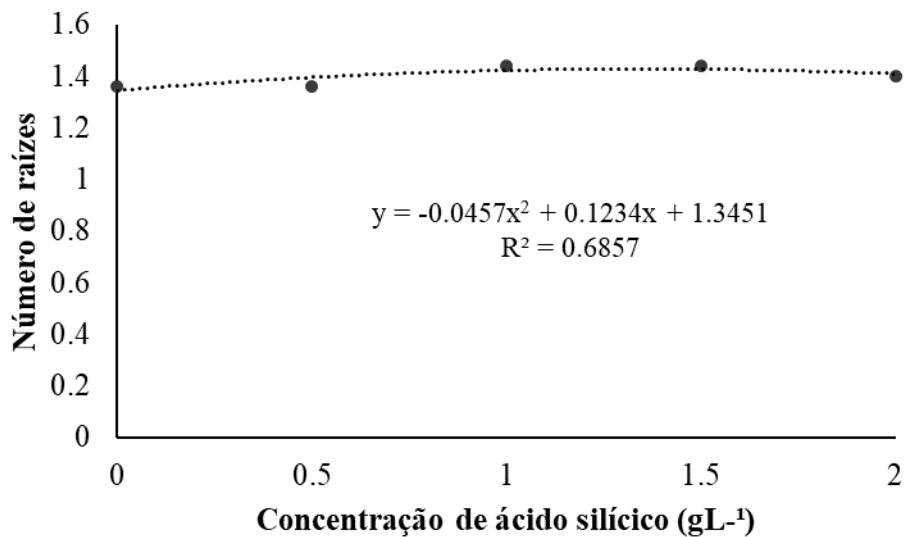
Ferreira *et al.* (2019), em um trabalho semelhante com o incremento desse mesmo elemento em plantas de *Solanum commersonii* (batata-silvestre), não observaram diferença entre seus tratamentos, contudo coube registrar que o tratamento ($1,5 \text{ mg L}^{-1}$) proporcionou valor maior se comparado ao tratamento controle para NF (7,56). Concluíram que o silício não provoca efeitos negativos no cultivo *in vitro* para número de folhas para a concentração $1,5 \text{ mg L}^{-1}$.

Conforme os dados analisados nas Tabelas 1 e 2, não houve diferença significativa entre as médias para NR aos 35 dias (Figura 4), sendo consideradas médias com valores bem homogêneas estatisticamente, observa-se esse aspecto aos 14, 21 e 35 dias (Figura 5). Pondera-se que neste trabalho as concentrações de $1,0 \text{ g L}^{-1}$ e $1,5 \text{ g L}^{-1}$ foram responsáveis pelos maiores NR (1,44 para ambas).

No estudo de Asmar *et al.* (2013), repetindo os mesmos tratamentos realizados por Asmar *et al.* (2011), porém com *Musa acuminata* (bananeira ‘grande naine’) *in vitro*, destacam-se a não significância para a contagem de número de raízes, porém salienta-se que as médias que obtiveram maior NR foram aquelas com aplicação de silício. Em trabalhos como de Martins *et al.* (2019), com *Aechmea blanchetiana* (Bromélia), também se obteve

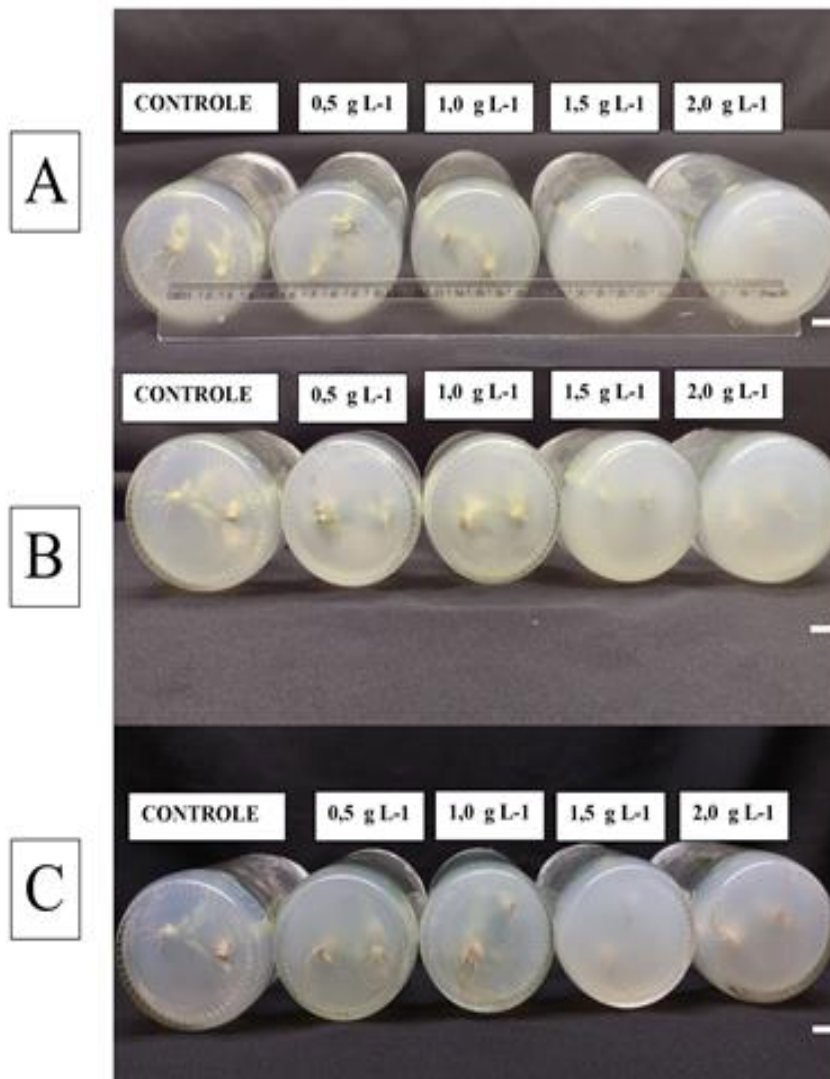
maior enraizamento em concentrações intermediárias (7 e 14 μM) de silicato de cálcio, e resposta inferior em concentração mais elevada (21 μM).

Figura 4 - Regressão para numero de raízes (NR) em função de concentrações de Si em gL^{-1} em plantas de abacaxi *var. erectifolius* aos 35 dias.



Malavolta *et al.* (1997) considera que a redução do numero de raízes esta associada ao excesso de determinado nutriente quando absorvido pela planta, promovendo um desbalanço nutricional. Assim como a sua interação com outros elementos presentes na formulação do meio de cultura pode afetar o processo de enraizamento. Neste presente trabalho concentrações de acido silício promoveram maior enraizamento até a concentração de 1,5 g L^{-1} (Figura 4), porem não se pode afirmar que a redução ocorrida com a concentração de 2,0 g L^{-1} está associada ao excesso nutricional de silício, bem como da interação com os demais elementos nutritivos do meio de cultura, entende-se que os efeitos não foram prejudiciais ao enraizamento considerando que foram bem semelhantes ao tratamento controle ao longo de todo o experimento (Figura 5).

Figura 5 – Fotos das raízes das mudas *in vitro* de abacaxizeiro var. *erectifolius* submetidas a diferentes concentrações de silício. A) Aos 14 dias após serem inoculadas; B) Aos 21 dias após serem inoculadas e C) Aos 35 dias após serem inoculadas. Barra: 1 cm.



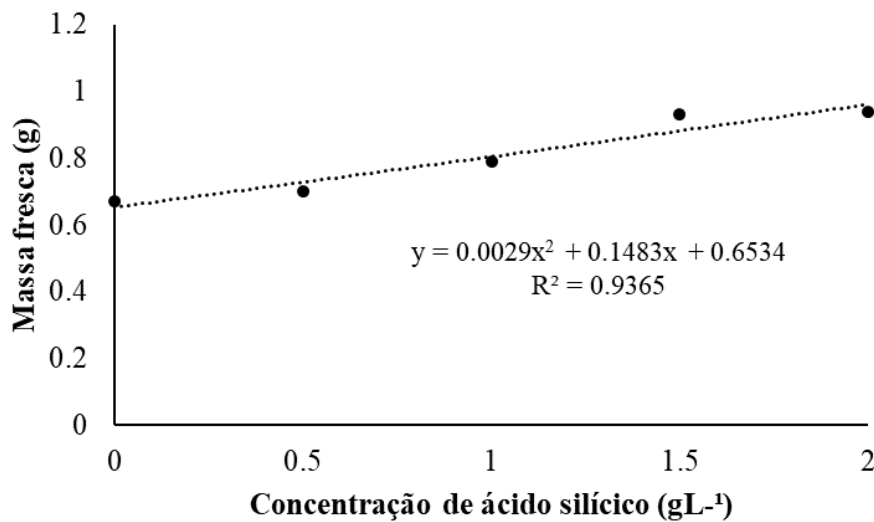
Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Analogamente às demais variáveis, não houve efeito significativo pra MF e MS, mas observou-se incremento desses valores conforme se aumentou a concentração de silício nos respectivos tratamentos, tendo maior resultado em concentração 2,0 g L⁻¹ para ambas as variáveis (Figuras 6 e 7).

Dias *et al.* (2017), em estudo com *Anthurium andraeanum* cv. Rubi (antúrio), apontam que os resultados para a massa seca da parte aérea apresentaram aumento quadrático conforme acréscimo de silício nas respectivas concentrações, com rendimento máximo alcançado em 1,4 mg L⁻¹ de silicato de sódio. Já para Braga *et al.* (2009), houve acréscimo para MF e MS da parte aérea no tratamento com adição de silicato de sódio, em um estudo

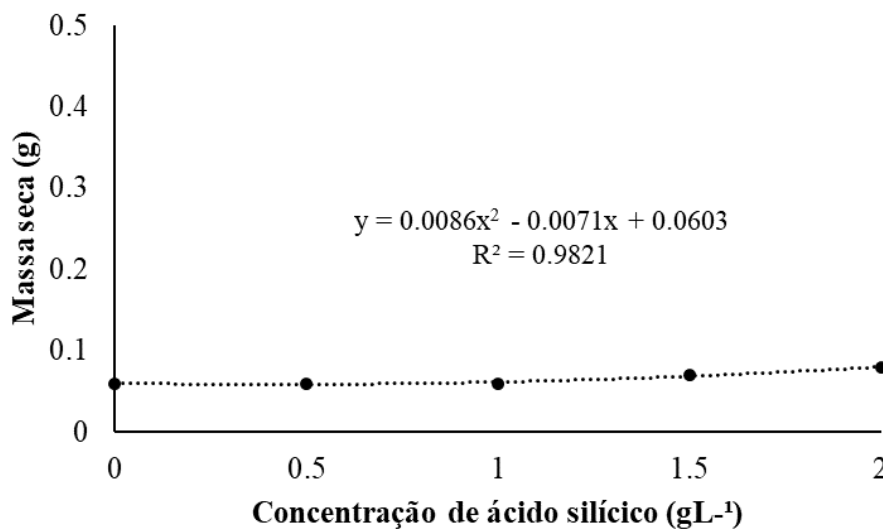
realizado com *Fragaria x ananassa* (morangueiro). Segundo os mesmos autores, as mudas submetidas às diferentes fontes de silício, apresentaram maiores acúmulos de cera no tecido foliar, o que contribui para o argumento de que quando o silício é absorvido, acumula-se na parede celular, promovendo uma camada protetora que pode influenciar no peso da MF e MS da planta (SILVA *et al.*, 2007; PASQUAL *et al.*, 2011).

Figura 6 - Regressão para massa fresca (MF) em função de concentrações de Si em gL^{-1} em plantas de abacaxi *var. erectifolius* aos 35 dias.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Figura 7 - Regressão para massa seca (MS) em função de concentrações de Si em gL^{-1} em plantas de abacaxi *var. erectifolius* aos 35 dias.

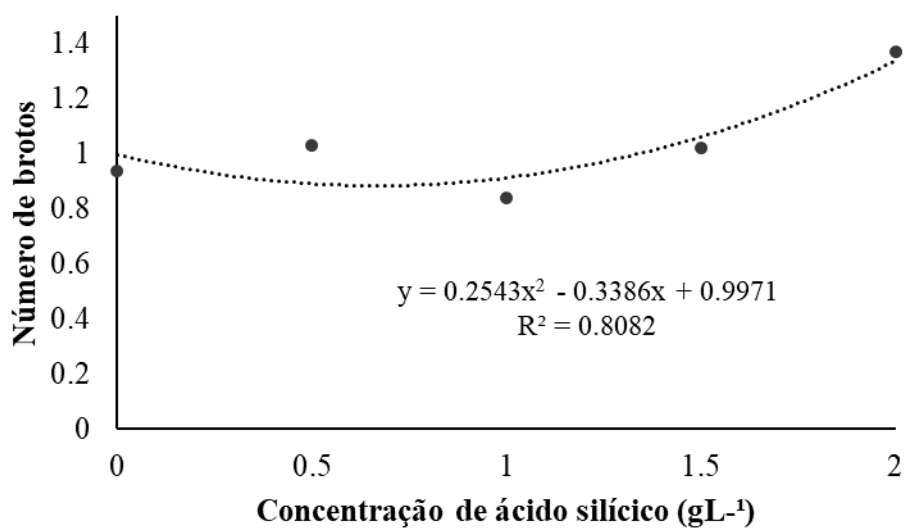


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Quando analisados os dados semanalmente, verificou-se que só houve efeito significativo para a variável número de brotos (NB), apenas a partir dos 28 dias de cultivo (Tabela 1), mantendo-se o mesmo efeito aos 35 dias (Tabela 2 e Figura 8). O incremento de $2,0 \text{ g L}^{-1}$ de ácido silícico ao meio de cultura promoveu um aumento dessa variável aos 35 dias (1,37 brotos) (Figuras 8 e 9). Pondera-se que efeito significativo se deu entre a diferença de médias da concentração $1,0 \text{ g L}^{-1}$ e concentração de $2,0 \text{ g L}^{-1}$, ambas não diferindo do controle.

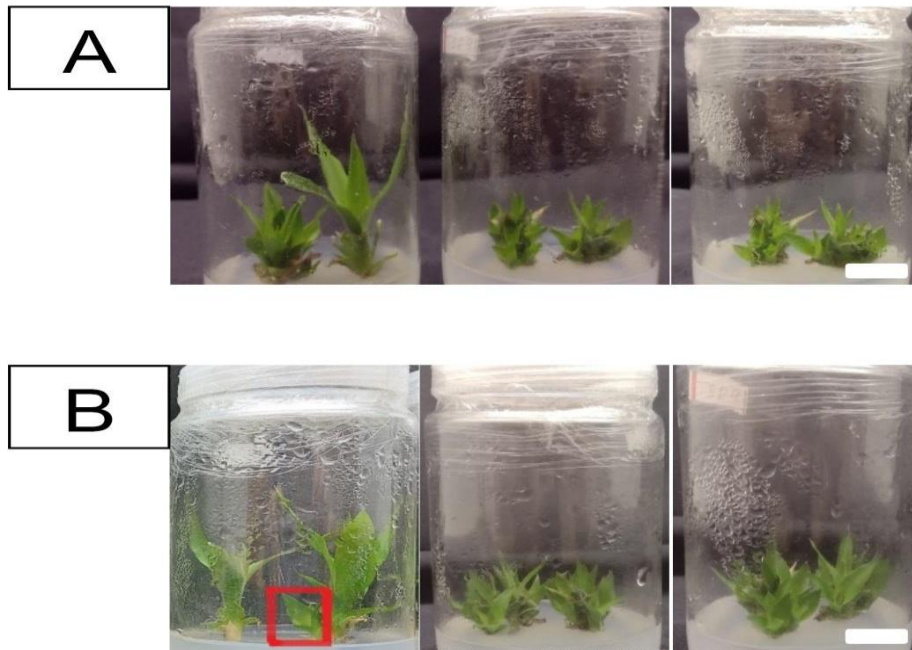
Para Soares *et al.* (2011), em sua pesquisa com orquídeas do grupo *Cattleya*, apresentaram efeito significativo para o NB, com diferentes concentrações de silicato de potássio (5 mL L^{-1}). O mesmo efeito foi observado por Martins *et al.* (2018), trabalhando com bromélia (*Billbergia zebrina*) e silicato de cálcio e silicato de sódio como fontes de silício em concentrações $0,5$, $1,0$ e $2,0 \text{ mg L}^{-1}$, observaram que o tratamento com $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ de silicato de sódio proporcionou maior número de brotações ($5,0$) em relação aos demais tratamentos. Já para Mahmoud *et al.* (2020), trabalhando com banana (*Musa acuminata* 'Grand Nain') *in vitro*, observaram que o número de brotos e o comprimento dos brotos foram melhorados em todos os tratamentos acrescidos de silício (Si). Registrando em média $10,33$ brotos/cultura com $3,17 \text{ cm}$ de comprimento na concentração de 150 mg L^{-1} .

Figura 8 – Regressão para o número de brotos (NB) em função de concentrações de ácido silícico em g L^{-1} em plantas de abacaxi var. *erectifolius* aos 35 dias.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Figura 9 – Fotos das repetições representantes para o número de brotos (NB) em função de concentração de 2,0 g L⁻¹ de silício em mudas de abacaxi var. *erectifolius* aos 28 (A) e 35 dias (B). Barra: 1 cm.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A emissão do número de brotos podem ser estimulados pelo seccionamento (corte) ainda na fase de inoculação dos explantes *in vitro*, visto que a realização do corte das folhas e remoção de raízes estimulam novas brotações laterais em cultivos sequenciais (CARVALHO *et al.*, 2009).

Sivanesan e Jeong (2014) propõem que a indução de brotações pode ter relação com o acréscimo de silício, uma vez que, em seu experimento com *Ajuga multiflora* Bunge a adição de Si promoveu a indução de brotos, aumentando significativamente a frequência de indução. Essa crescente na quantidade de brotos também pode estar ligada ao aumento nos teores de giberelina (GA) no tecido vegetal, anteriormente observado em alguns experimentos com *Oryza sativa* (arroz), *Pirus malus* L. (maçã), *Cephaelis ipecacuanha* (ipecacuanha) e *Citrus limon* (limão) (KAUSHAL *et al.*, 2005; HWANG *et al.*, 2007; ISOGAI; TOUNO; SHIMOMURA, 2008; PÉREZ-TORNERO; TALLÓN; PORRAS, 2010).

Constata-se que a utilização de giberilina e citocinina associada à quebra da dominância apical induz a formação de brotos (ONO; GRANA JUNIOR; RODRIGUES, 2004). A quebra de dominância apical ocorre quando é realizada a remoção do ápice caulinar proporcionando maior relação citocinina/auxina promovendo a emissão de brotações laterais (SARTORI; ILHA, 2005; HARTMANN *et al.*, 2011). Considera-se possível associação entre

a decepação dos brotos para cultivo, bem como a interação entre a presença do silício e sua promoção no aumento de teores de giberilina e está com os demais hormônios vegetais responsáveis pelo crescimento das plantas (SIVANESAN; JEONG, 2014).

Infere-se que as concentrações de ácido silícico apresentam efeitos variáveis nas características biométricas avaliadas. Em determinadas características, concentrações 0,5 e 1,0 g L⁻¹ apresentam desempenho similar ao controle, quando não considerado os efeitos estatísticos. A concentração 2,0 g L⁻¹ parece apresentar efeito inibidor para certas características (CPA, NF, NR) ocorrendo decréscimo das médias dessas variáveis na presença da mesma, o qual pode ser relacionado à toxidez do silício quando em excesso na planta (MANTOVANI *et al.*, 2018; 2020). No ciclo de avaliação, nota-se que as médias com maiores valores para as características (CPA, NF, NR, NB, MLF, MDR, MF e MS) estão associados à presença de silício.

Informações sobre os efeitos das fontes de silício e suas aplicações na técnica de micropropagação de plantas como fonte suplementar ainda são bem limitadas; Sendo importante à realização de outros estudos, a fim de esclarecer as diferentes funções do silício nas diversas espécies cultivadas.

5 CONCLUSÃO

A adição de ácido silícico promoveu melhorias em todas as características biométricas avaliadas, quando comparadas ao tratamento em que não houve adição de ácido silícico no cultivo *in vitro* de *Ananas comosus* var. *erectifolius*.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, N.; EL-RAMADY, H.; SELIEM, M. K.; EL-MAHROUK, M. E.; TAHA, N.; BAYOUMI, Y.; SHALABY, T. A.; DOBRÁNSZKI, J. An academic and technical overview on plant micropropagation challenges. **Horticulturae**, v. 8, n. 8, p. 677, 2022.
- ALVES, C.; OLIVEIRA, J. R.; REIS, E. S.; CORRÊA, R. M.; SOUZA, J.; SILVA, J. C. O.; PAULA, J. C. R. *et al.* A cultura de tecidos na agricultura. *In: JORNADA CIENTÍFICA*, 1.; FIPA DO CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE BAMBUÍ–CEFET, 6., 2008, Bambuí. **Proceedings...** Bambuí: CEFET, 2008. p. 1-4.
- ALVES, K. A.; LONDE, L. N.; MELO, E. F.; RODRIGUES, G. B. Multiplicação de abacaxizeiros ornamentais em diferentes concentrações de BAP e períodos de avaliação do desenvolvimento *in vitro*. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 188-198, 2014.
- ANDRADE NETO, R. D. C.; NOGUEIRA, S. R.; CAPISTRANO, M. C.; OLIVEIRA, J. R.; ALMEIDA, U. O. **Recomendações técnicas para o cultivo de abacaxizeiro cv. Rio Branco (BRS RBO)**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2016. 10p.
- ANDRADE, S. R. M. **Princípios da cultura de tecidos vegetais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 14p.
- ASMAR, S. A.; PASQUAL, M.; ARAUJO, A. G.; SILVA, R. A. L.; RODRIGUES, F. A.; PIO, L. A. S. Características morfofisiológicas de bananeiras ‘Grande Naine’ aclimatizadas em resposta a utilização de silício *in vitro*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 73-81, 2013.
- ASMAR, S. M.; PASQUAL, M.; RODRIGUES, F. A.; ARAÚJO, A. G.; PIO, L. A. S.; SILVA, S. O. Fontes de silício no desenvolvimento de plântulas de bananeira ‘Maçã’ micropropagadas. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1127-1131, 2011.
- ASSIS, K. C.; GUARDABAXO, C.; BEGUELINE, M.; REZENDE, B.; SILVA, L.; MACIEL, A. Crescimento *in vitro* de *Schomburgkia crispa* Lindley em meio de cultura acrescido de *Salvia hispanica* L. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 14, n. 4, p. 342-350, 2020.
- ASWATHI, N. V.; THOMAS, T. D. Direct and indirect shoot regeneration from leaf explants of *Centratherum punctatum* cass., a wild ornamental plant. **Scientia Horticulturae**, v. 320, p. 112201, 2023
- BATISTA, J. E. S.; MANTOVANI, C.; FERREIRA, K. B.; SOUZA, A. M. B.; PIVETTA, K. F. L. Silício no crescimento e desenvolvimento *in vitro* e na aclimação de *Cattleya amethystoglossa* Linden & Rehb. F. (orchidaceae). *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRARIAS*, 5., 2020, Recife. **Anais...** Recife: PDV AGRO, 2020. p. 1-6.
- BERILLI, S. D. S.; CARVALHO, A. J. C. D.; FREITAS, S. D. J.; FARIA, D. C.; MARINHO, C. S. Avaliação do desenvolvimento de diferentes tamanhos de mudas micropropagadas de abacaxizeiro, após aclimação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 208-214. 2011.
- BOMFIM, G. V.; SANTOS, M. D. S.; AZEVEDO, B. M. D.; CARVALHO, A. C. P. P. D.;

FERNANDES, C. N. V. Irrigation intervals in the production of ornamental pineapple in pots. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 226-235, 2020.

BONFADA, E. B. **Efeito da adubação com silicato de cálcio e magnésio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho**. 2014. 41f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2014.

BORGES, N. S. S.; CORREIA, D.; ROSSETTI, A. G. Influência do meio bifásico na multiplicação de gemas e no alongamento de brotos *in vitro* de *Ananas lucidus* Miller. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 9, n. 1, p. 37-44, 2003.

BORGATTO, F.; DIAS, C. T. S.; AMARAL, A. F. C.; MELO, M. Calcium, potassium and magnesium treatment of *Chrysanthemum morifolium* cv. "bi time" and callogenesis *in vitro* **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 689-693, 2002.

BRAGA, F. T.; NUNES, C. F.; FAVERO, A. C.; PASQUAL, M.; CARVALHO, J. G.; CASTRO, E. M. Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 128-132, 2009.

CAMARGO, S. S.; RUFATO, L.; MAGRO, M.; SOUZA, A. L. K. Temporary immersion biorreactors: efficient technique for the propagation of the 'Pircinque' strawberry. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 1, p. e102, 2019.

CAMPELO, M. F.; LAMEIRA, O. A.; MOREIRA, R. K. V. P. P.; RAMIRES, A. C. S. Avaliação morfológica de *Ananas comosus* var. *erectifolius* (LB Smith) Coppens & F. Leal-Bromeliacea. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, e20010915284, 2021.

CANHOTO, J. M. **Biotechnology vegetal: da clonagem de plantas à transformação genética**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010. 407 p.

CARVALHO, A. C. P. P.; PINHEIRO, M. V. M.; DIAS, G. M. G.; MORAIS, J. P. S. Multiplicação *in vitro* de abacaxi ornamental por estiolamento e regeneração de brotações. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 103-108, 2009.

CARVALHO, A. C. P. P.; SILVA, C. F. B.; TANIGUCHI, C. A. K.; CASTRO, A. C. R.; SOUZA, F. V. D.; PASTORI, P. L.; DIAS-PINI, N. S. *et al.* **Híbridos de abacaxizeiro ornamental para cultivo em vaso**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2019. 40 p.

CARVALHO, A. C. P. P.; SOUZA, F. V. D.; SOUZA, E. H. D. **Produção de abacaxizeiro ornamental para flor de corte**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. 44 p.

CARVALHO, J. M. F. C.; SILVA, M. M. D. A.; MEDEIROS, M. J. L. **Fatores inerentes à micropropagação**. Campina Grande: Embrapa, 2006. 30p.

CARVALHO, P. R.; FARIA, R. T.; DE BATISTA FONSECA, I. C.; DE ANDRADE JUNIOR, O. Efeito do silício na qualidade de flores de *Dendrobium nobile* (Orchidaceae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1615-1621, 2013.

CARVALHO, R.; FUTINI NETO, A. E.; CURI, N.; RESENDE, A. V. Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em latossolo e cambissolo. **Ciência e**

Agrotecnologia, v. 27, p. 491-500, 2003.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB da cadeia de flores e plantas ornamentais**. 2022. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-da-cadeia-de-flores-e-plantas-ornamentais.aspx>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

COLOMBO, R. C.; FAVETTA, V.; DA CRUZ, M. A.; DE CARVALHO, D. U.; ROBERTO, S. R.; DE FARIA, R. T. Acclimatization and growth of ornamental pineapple seedlings under organic substrates. **Ornamental Horticulture**, v. 23, n. 3, p. 257-262, 2017.

COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; LEAL, F. Morphology, anatomy and taxonomy. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K. G. (Ed.). **The pineapple: botany, production and uses**. New York: CAB International Publishing, 2003. p. 13-32.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Norte**. Brasília: MMA, 2022. 1452p.

CORREIA, D.; BORGES, N. S. S.; RIBEIRO, E. M.; MORAIS, J. P. S. **Produção de mudas *in vitro* e indução floral de abacaxizeiro ornamental**. Fortaleza: Embrapa, 2011.

COSTA JUNIOR, D. S.; SOUZA, E. H.; COSTA, M. A. P. C.; PEREIRA, M. E. C.; SOUZA, F. V. D. Clonal evaluation of new ornamental pineapple hybrids to use as cut flowers. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 38, n. 4, p.475-483, 2016.

COSTA, B. N. S.; RÚBIO NETO, A.; CHAGAS, E. A.; CHAGAS, P. C.; PASQUAL, M.; VENDRAME, W. A. Influence of silicon and *in vitro* culture systems on the micropropagation and acclimatization of “Dwarf Cavendish” banana. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 43, p. e47490, 2020.

CRESTANI, M.; BARBIERI, R. L.; HAWERROTH, F. J.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. Das Américas para o mundo: Origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1473-1483, 2010.

DIAS, G. M. G.; SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M.; SILVA, R. A. L.; RODRIGUES, L. C. D. A.; PEREIRA, F. J.; CASTRO, E. M. D. Photosynthesis and leaf anatomy of *Anthurium* cv. Rubi plantlets cultured *in vitro* under diferente silicon (Si) concentrations. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 8, p. 1160-1167, 2014.

DIAS, G. M. G.; SOARES, J. D. R.; RIBEIRO, S. F.; MARTINS, A. D.; PASQUAL, M.; AVES, E. Morphological and physiological characteristics *in vitro* anthurium plantlets exposed to silicon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 18-24, 2017.

DIAS, M. M.; PASQUAL, M.; ARAUJO, A. G.; DOS SANTOS, V. A. Reguladores de crescimento na propagação *in vitro* de abacaxizeiro ornamental. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 383-390, 2011.

DUAN, X.; TANG, M.; WANG, W. Efeitos do silício na fisiologia e bioquímica de mudas de *Dendrobium moniliforme* sob estresse por frio. **Biotecnologia Agrícola**, v. 2, n. 3, pág. 18 de 2013.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641-664, 1999.

ERIG, A.C.; SCHUCH, M.W. **Micropropagação fotoautotrófica e uso da luz natural**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n4/a39v35n4.pdf>>. Acesso em: 07 Jul. 2023.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Culturas e produtos pecuários**. 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>>. Acesso em: 29 abr. 2023.

FAVETTA, V.; COLOMBO, R. C.; FARIA, R. T. Cultivo *in vitro* de *Vanda tricolor* Lindl. em meios de cultura simplificados. **Revista Ciências Agrárias**, v. 57, n. 2, p. 114-117, 2014.

FERREIRA, M. Z.; TANIGUCHI, M.; DORNELES, A.; FERNANDO, J.; HEIDEN, G.; DUTRA, L. F. Sílicio no cultivo *in vitro* de batata-silvestre (*Solanum solanaceae*). In: SEMANA INTEGRADA UFPEL, 5.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 28., 2019, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2019. 4 p.

GRANADA, G. G.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n. 2, 2004.

GUNES, A.; INAL, A.; BAGCI, E. G.; COBAN, S. Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 6, p. 807-811, 2007.

HARTMANN, H. T.; KERSTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. **Plant Propagation: principles and practices**. 8 ed. Boston: Prentice Hall. 2011.

HUANG, H.; LI, M.; RIZWAN, M.; DAI, Z.; YUAN, Y.; HOSSAIN, M. M.; CAO, M.; XIONG, S.; TU, S. Synergistic effect of silicon and selenium on the alleviation of cadmium toxicity in rice plants. **Journal of Hazardous Materials**, v. 401, p. 123393, 2021.

HWANG, S. J.; HAMAYUN, M.; KIM, H. Effect of nitrogen and silicon nutrition on bioactive gibberellin and growth of rice under field conditions. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 281-286, 2007.

IBRAFLOR. Instituto Brasileiro de Floricultura. **Números do Setor**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibraflor.com.br/numeros-setor>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

ISLAM, M. M.; AHMED, M.; MAHALDAR, D. In vitro callus induction and plant regeneration in seed explants of rice (*Oryza sativa* L.). **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 1, n. 1, p. 72-75, 2005.

ISLAM, W.; TAYYAB, M.; KHALIL, F.; HUA, Z.; HUANG, Z.; CHEN, H. Y. H. Silicon-mediated plant defense against pathogens and insect pests. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, p. 104641, 2020.

ISOGAI, S.; TOUNO, K.; SHIMOMURA, K. Gibberellic acid improved shoot multiplication

in *Cephaelis ipecacuanha*. **In Vitro Cellular and Developmental Biology**, v. 44, n. 3, p. 216-220, 2008.

KAUSHAL, N.; MODGIL, M.; THAKUR, M.; SHARMA, D. R. *In vitro* clonal multiplication of an apple rootstock by culture of shoot apices and axillary buds. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 43, n. 6, p. 561-565, 2005.

KHAI, H. D.; MAI, N. T. N.; TUNG, H. T.; LUAN, V. O.; CUONG, D. M.; NGAN, H. T. M.; CHAU, N. H.; BUU, N. O.; VINH, N. Q.; DUNG, D. M.; NHUT, D. T. Selenium nanoparticles as *in vitro* rooting agent, regulates stomata closure and antioxidant activity of gerbera to tolerate acclimatization stress. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 150, n. 1, p. 113-128. 2021.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício no solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 50p.

LARA-ASCENCIO, M.; CEBALLOS, J. L. V.; LOPEZ, P. J.; TORRES, O. G. V.; NAVA, H. S.; ROJAS, T. J. R. Crecimiento *in vitro* de *filodendro xanadu* por efecto de la concentración y relación nutrimental en el medio de cultivo. **Acta Agrícola y Pecuaria**, v. 9, n. 1, 2023.

LAZZARINI, L. E. S.; DIAS, G. M. G.; SILVA, S. T.; ARAÚJO, N. A. F.; DÓRIA, J.; PASQUAL, M. Silício no desenvolvimento *in vitro* de *Fisális*. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 3, n. 5, p. 36-43, 2020.

LIANG, Y. C.; SUN, W. C.; ZHU, Y. G.; CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environmental Pollution**, v. 147, p. 422-428, 2007.

LIMA FILHO, O. F. O silício em sistemas intensivos de produção agropecuária. *In*: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G. D.; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações agrônômicas**, v. 87, p. 1-7, 1999.

LIU, C.; ZHANG, W.; HE, Y. The complete chloroplast genome of *ananas comosus* var. *erectifolius* (LB Smith) Coppens & Leal. **Mitochondrial DNA Part B**, v. 7, n. 3, p. 431-433, 2022.

MAHMOUD, L. M.; AMEER, M. M. D.; EL-KADY, S. S. M.; EL-BORAY, M. S.; SHABANA, Y. M.; GROSSER, J. W. Silicon nanoparticles mitigate oxidative stress of *in vitro*-derived banana (*Musa acuminata* 'Grand Nain') under simulated water deficit or salinity stress. **South African Journal of Botany**, v. 132, p. 155-163, 2020.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MANOKARI, M.; DEY, A.; FAISAL, M.; ALATAR, A. A.; SINGH, R. K.; SHEKHAWAT, M. S. Silicon nanoparticles (SiNPs) positively affect morpho-structural differentiation in micropropagated plantlets of *Santalum album* L. **Silicon**, v. s.n., p. 1-8, 2023.

MANTOVANI, C.; MELLO PRADO, R. D.; PIVETTA, K. F. L. Aplicação foliar de silicone na nutrição e crescimento das orquídeas *Phalaenopsis* e *Dendrobium*. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 83-92, 2018.

MANTOVANI, C. et al. Silicon toxicity induced by different concentrations and sources added to in vitro culture of epiphytic orchids. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109272, 2020.

MARTINS, A. D.; MARTINS, J. P. R.; BATISTA, L. A.; DIAS, G. M. G.; ALMEIDA, M. O.; PASQUAL, M.; SANTOS, H. O. Alterações morfofisiológicas em *Billbergia zebrina* devido ao uso de silicatos *in vitro*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 3449-3462, 2018.

MARTINS, J. P. R.; RODRIGUES, L. C. D. A.; SILVA, T. D. S.; SANTOS, E. R.; FALQUETO, A. R.; GONTIJO, A. B. P. L.; Silicon sources and concentrations modulate the physiological and anatomical responses of *Aechmea blanchetiana* (Bromeliaceae) during *in vitro* culture. **Plant Cell Tiss Organ Cult**, v. 137, p. 397-410, 2019.

MATA, D. A. Fruticultura tropical: evolução da cultura do abacaxizeiro no Brasil e seus impactos econômicos e sociais na Paraíba. **Revista Científica Rural**, v. 25, n. 1, p. 318-338, 2023.

MÁTHÉ, C.; MOSOLYGÓ-LUKÁCS, A.; SURANYI, G.; BEKE, A.; DEMETER, Z.; TÓTH, V.; BEYER, D.; MESZAROS, I.; M-HAMVAS, M. Genotype and explant-type dependent morphogenesis and silicon response of common reed (*Phragmites australis*) tissue cultures. **Aquatic botany**, v. 97, n. 1, p. 57-63, 2012.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; GRASSI FILHO, H.; LIMA, G. P. P. Effects of silicon and drought stress on biochemical characteristics of leaves of upland rice cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 532-539, 2016.

MELO, A. S.; NETTO, A. O. A.; NETO, J. D.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A.; MAGALHÃES, L. T. S.; FERNANDES, P. D. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Revista Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 93-98, 2006.

MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. especial, p. 435-454, 2015.

MOURA, R. C.; SANTOS, J. P.; ASSIS, R. M. A.; ROCHA, J. P. M.; LEITE, J. J. F.; PEREIRA, F. D.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P. Aplicação de fontes de selenito e selenato na micropropagação de *Digitalis mariana* Boiss. ssp. *Heywoodii*. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e17112139703, 2023.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissues cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.

NEVES, M. F.; PINTO, M. J. A. **Mapeamento e quantificação da cadeia de flores e plantas ornamentais do Brasil**. São Paulo: OCESP, 2015. 122p

NEVES, R. A.; CARVALHO, A. V. F.; MORAIS, G. M.; AZEVEDO, B. M.; CARVALHO, A. C. P. P. **Tempo de permanência, na fase de enraizamento *in vitro*, para aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 21p.

OLIVEIRA, C. B.; NASCIMENTO, T. D. R.; SILVA, R. G. R.; LOPES, I. C. A cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais no Brasil: uma revisão sobre o segmento. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 2, p. 180-200, 2021.

ONO, E. O.; GRANA JUNIOR, J. F.; RODRIGUES J.D. Reguladores vegetais na quebra da dominância apical de mamoeiro (*Carica papaya* L.), **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.26, no.2, agosto, p.348-350, 2004.

PÁDUA, T. R. P. **Tecnologia de produção de mudas de abacaxi**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 10 p.

PASQUAL M. **Curso de especialização à distância cultura de tecidos vegetais (CTV)**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 97 p.

PASQUAL, M.; SANTOS, F. C.; FIGUEIREDO, M. A.; JUNQUEIRA, K. P.; REZENDE, J. C.; FERREIRA, E. A. Micropropagação do abacaxizeiro ornamental. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 45-49, 2008.

PASQUAL, M.; SOARES, J. D.; RODRIGUES, F. A.; AURAUJO, A. G.; SANTOS, R. R. Influência da qualidade de luz e silício no crescimento *in vitro* de orquídeas nativas e híbridas. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 324-329, 2011.

PÉREZ-TORNERO, O.; TALLÓN, C. Y.; PORRAS, Y. An efficient protocol for micropropagation of lemon (*Citrus limon*) from mature nodal segments. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 100, n. 3, p. 263-271, 2010.

PY. C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISON, C. **L'ananas, sa culture. ses produits**. Paris: G.P. Maisonneuve & Larose et A.C.C.T., 1984. 562p.

QUEIROZ, D. L. D.; CAMARGO, J. M. M.; DEDECEK, R. A.; OLIVEIRA, E. B.; ZANOL, K. M. R.; MELIDO, R. C. N. Absorção e translocação de silício em mudas de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 632-640, 2018.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021.

REIS, M. A. D.; ARF, O.; SILVA, M. G.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S. Aplicação de silício em arroz de terras altas irrigado por aspersão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, p. 37-43, 2008.

RIBEIRO, R. V.; SILVA, L.; RAMOS, R. A.; ANDRADE, C. A.; ZAMBROSI, F. C.B.;

PEREIRA, S. P. O alto teor de silício no solo inibe o crescimento radicular de cafeeiros sem afetar as trocas gasosas foliares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 939-948, 2011.

RODRIGUES, F. A.; CAVALCANTI, V. P.; DÓRIA, J.; PASQUAL, M. Curva de crescimento de calos de *Enterolobium contortisiliquum* induzidos *in vitro*. **Research, Society and Development**, v. 11 n. 1, p. e24911124550, 2022.

ROSA NETO, C.; SILVA, F.; ARAUJO, L. V. Aspectos do setor de produção e comercialização da cadeia produtiva do abacaxi em Rondônia: um estudo exploratório. *In*: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 58., 2020, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sober, 2020.

SANTOS, P. B. D.; BARBOSA, F. D. S.; VIEIRA, C. F.; CARVALHO, A. C. P. P. Número de explantes, meio de cultura e fotoperíodo na micropropagação de abacaxizeiro ornamental. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p. 749-754. 2015.

SARTORI, I. A.; ILHA, L. L. H. Anelamento e incisão anelar em fruteiras de caroço. **Ciência Rural**, v. 35, p. 724-729, 2005.

SELIEM, M. K.; EL-MAHROUK, M. E.; EL-BANNA, A. N.; HAFEZ, Y. M.; DEWIR, Y. H. Influence of copper sulfate on endophytic bacterial contamination, antioxidant enzyme activity, electrolyte leakage, and plant survival. **South African Journal of Botany**, v. 139, p. 230-240, 2021.

SILVA, D. P. C.; OLIVEIRA PAIVA, P. D.; HERRERA, R. C.; PORTO, J. M. P.; REIS, M. V.; PAIVA, R. Effectiveness of silicon sources for *in vitro* development of gerbera. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 141, p. 77-85, 2020.

SILVA, D. P. C.; PAIVA, P. D. O.; NOGUEIRA, R. C.; PAIVA, R.; RODRIGUES, M.; VARGAS, D. P. Efeito do silicato de sódio e de diferentes concentrações de MS no desenvolvimento *in vitro* de gérbera. **Ornamental Horticulture**, v. 13, p. 1045-1048, 2007.

SILVA, R. P. D.; MODEL, N. S.; FAVRETO, R.; SANTIN, A.; OLIVEIRA, A. M. R.; RODRIGUES, L. R.; BERTOLDO, J. G. **Como produzir mudas de abacaxizeiro**. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2021. 35 p.

SIVANESAN, I; JEONG, B. R. Silicon promotes adventitious shoot regeneration and enhances salinity tolerance of *Ajuga multiflora* bunge by altering activity of antioxidant enzyme. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

SIVANESAN, I; PARK, S.W. The role of silicon in plant tissue culture. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 571, 2014.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. *Bromelioides* (Bromeliaceae). **Flora Neotropica Monograph**, v. 14, n. 3, p. 1493-2141, 1979.

SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M.; RODRIGUES, F. A.; VILLA, F.; ARAÚJO, A. G. Fontes de silício na micropropagação de orquídea do grupo *Cattleya*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 503-507, 2011.

SOARES, J. D. R.; VILLA, F.; RODRIGUES, F. A.; PASQUAL, M. Concentrações de silício e GA3 na propagação *in vitro* de orquídea em condição de luz natural. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 4, p. 286-292, 2013.

SOUZA, E. H. **Pré-melhoramento e avaliação de híbridos de abacaxi e banana para fins ornamentais**. 2010. 156f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

SOUZA, F. V. D.; ANDRADE, E. C.; JUNGHANS, D. T.; CARVALHO, H.; DOS SANTOS, K. C. Cultivo de meristemas apicais de plantas *in vitro* para limpeza viral em abacaxi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.

SOUZA, F. V. D.; CABRAL, J. R. S., DE SOUZA, E. H.; SANTOS, O. S. N.; SANTOS SEREJO, J. A.; FERREIRA, F. R.; SILVA, M. J. **Abacaxi ornamental: uma riqueza a ser explorada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 2p.

SOUZA, J. C. D.; RESCAROLLI, C. L. S.; NUNEZ, C. V. Produção de metabólitos secundários por meio da cultura de tecidos vegetais. **Revista Fitos**, v. 12, n. 3, p. 269-280, 2018.

SOUNDARARAJAN, P.; SIVANESAN, I.; JO, E. H.; JEONG, B. R. Silicon promotes shoot proliferation and shoot growth of *Salvia splendens* under salt stress *in vitro*. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 54, p. 311-318, 2013.

SUNDARARAJAN, S.; RAJENDRA, V.; SIVAKUMAR, H. P.; KUMARIAH, M.; RAMALINGA, S. Growth modulation by nitric oxide donor sodium nitroprusside in *in vitro* plant tissue cultures-A review. **Biologia**, v. 77, n. 7, p. 1699-1711, 2022.

TELLEZ, H. O.; BOMFIM, G. V.; DE CARVALHO, A. C. P. P.; AZEVEDO, B. M. D. Use of paclobutrazol and ethylene in the potted production of ornamental pineapple. **Ornamental Horticulture**, v. 29, p. 48-56, 2023.

TRENHOLM, L. E.; DATNOFF, L. E.; NAGATA, R. T. Influence of silicon on drought and shade tolerance of St. Augustinegrass. **Horttechnology**, v. 14, n. 4, p. 487-490, 2004.

WALI, N. Pineapple (*Ananas comosus*). In: NABAVI, S. M.; SILVA, A. S. (Ed.) **Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements**. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 367-373.

ZHOU, T. S. The detection of the accumulation of silicon in *Phalaenopsis* (Orchidaceae). **Annals of Botany, London**, v. 75, n. 6, p. 605-607, dec. 1995.

ZUCCHI, R. A. **Pragas Agrícolas e florestais na Amazônia**. Brasília: EMBRAPA, 2016. 608p.