



Inibição do florescimento natural do abacaxizeiro com o uso de bloqueador da ação do etileno

Inhibition of the natural flowering of the pineapple tree with the use of an ethylene action blocker

DOI: 10.55905/revconv.16n.12-022

Recebimento dos originais: 27/10/2023

Aceitação para publicação: 01/12/2023

Josimara Mendes Rabelo Barbosa Chaves

Doutora em Produção Vegetal

Instituição: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET - MG) - campus X

Endereço: Curvelo – MG, Brasil

E-mail: josimamarabelo@gmail.com

Victor Martins Maia

Doutor em Fitotecnia

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros

Endereço: Janaúba – MG, Brasil

E-mail: victormartinsmaia@gmail.com

Ignacio Aspiazú

Doutor em Fitotecnia

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros

Endereço: Janaúba – MG, Brasil

E-mail: ignacio.aspiazu@unimontes.br

Rodinei Facco Pegoraro

Doutor em Solos e Nutrição de Plantas

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Endereço: Montes Claros – MG, Brasil

E-mail: rodinei_pegoraro@yahoo.com.br

Bruno Soares da Silva

Mestre em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros

Endereço: Janaúba – MG, Brasil

E-mail: brunossilva978@gmail.com



Mirna Ariane Taveira de Sousa e Souza

Mestra em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES)

Endereço: Janaúba – MG, Brasil

E-mail: mitaveiras@gmail.com

João Rafael Prudêncio dos Santos

Mestre em Produção Vegetal no Semiárido

Instituição: Universidade estadual de Montes Claros

Endereço: Janaúba – MG, Brasil

E-mail: joaorafael Santos2@yahoo.com.br

RESUMO

O florescimento natural do abacaxizeiro é um processo indesejável e sua ocorrência pode ser reduzida ou eliminada com o uso inibidores da ação do etileno. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do tiosulfato de prata (STS) na inibição e/ou atraso do florescimento natural do abacaxizeiro. Foram utilizadas mudas tipo filhote do abacaxizeiro 'Vitória'. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições, e cinco concentrações de STS, (0, 0,5; 1; 2 e 3 mmol L⁻¹). Foram aplicados 50 mL da solução na planta inteira com intervalo de 15 dias, nos meses de maio a julho. As características avaliadas foram a porcentagem de plantas com indução floral natural, porcentagem de plantas com indução floral natural de forma acumulativa, crescimento das plantas e dos frutos, comprimento de folha 'D', número de folhas, diâmetro do talo, peso médio de frutos, comprimento e diâmetro do fruto, teor de sólidos solúveis, potencial hidrogeniônico (pH) e acidez da polpa. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão a 5%, e teste F ($p < 0,05$). A aplicação do STS na planta inteira proporcionou atraso e redução do florescimento natural. Não observou-se alteração nas características químicas dos frutos para as diferentes concentrações. A aplicação do STS de reduzir o diâmetro do caule e alongar a coroa do fruto.

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *comosus*, STS, tiosulfato de prata.

ABSTRACT

The natural flowering of pineapple is an undesirable process and its occurrence can be reduced or eliminated with the use of ethylene action inhibitors. The aim of this study was to evaluate the effect of silver thiosulfate (STS) in inhibiting and / or delay the natural flowering of pineapple. Plantlets called slips of pineapple 'Victory' were used. The design was a randomized block design with three replications and five concentrations of STS, (0, 0.5, 1, 2 and 3 mmol L⁻¹). 50 mL of solution were applied to the whole plant with 15 days apart, in the months from May to July. The characteristics evaluated were the percentage of plants with natural floral induction, percentage of plants with natural floral induction cumulatively, plant growth and fruit, leaf length 'D', number of leaves, stem diameter, fruit weight, length and diameter of fruit, soluble solids, hydrogen potential (pH) and acidity of the pulp. Data were subjected to analysis of variance and 5% regression and F test ($p < 0.05$). The application of STS in the whole plant caused a delay and reduction of natural flowering. No observed changes in chemical characteristics of fruits for the different concentrations. The application of STS to reduce stem diameter and lengthen the crown of the fruit.



Keywords: *Ananas comosus* var. *comosus*, STS, silver thiosulfate.

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* var. *comosus* L. Merr.) é uma monocotiledônea perene originária da América do Sul, e membro mais representativo da família Bromeliaceae (Neri et al., 2021). É cultivada principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (Djido et al., 2021). A produção mundial de abacaxi corresponde a 3% do total de frutas produzidas, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial (FAO, 2020). Estima-se que até 2029 a produção mundial desse fruto poderá chegar a 33 milhões de toneladas (FAO, 2020). A Costa Rica, Filipinas e Brasil foram os principais produtores de abacaxi em 2018, respondendo por 31,5% do total produzido no mundo nesse ano (FAO, 2020).

O abacaxi tem florescimento induzido por dias curtos e noites frias (Wang; Paull, 2018), caracterizando-se como uma planta de dias curtos quantitativa ou facultativa. Uma diferença de menos de 4°C entre as temperaturas mínima e máxima do dia é relacionado à alta incidência de indução floral natural (Jiménez; Villalobos, 2019). A floração natural resulta em frutificação e colheita desiguais, com aumento dos custos de colheita e maior dificuldades com práticas culturais (Maia et al., 2019), além da oferta irregular de frutas ao longo do ano (Bartholomew, 2014). Por isso, o uso de estratégias de controle de floração natural é importante no manejo agrônomo da lavoura.

O florescimento natural do abacaxizeiro ocorre quando as plantas são expostas a fatores ambientais associados a temperaturas mínimas diárias abaixo de 20°C (Jiménez; Villa Lobos, 2019). A assimilação desses fatores pelas plantas ocasiona desequilíbrio hormonal e provável aumento da biossíntese do etileno, que é o principal hormônio vegetal envolvido no processo de florescimento natural do abacaxizeiro.

O etileno é o hormônio natural que controla a indução floral (natural e artificial) no abacaxi, sendo o melhor agente de indução artificial (Soler et al., 2006). Sempre que se fala em indução floral ou sua inibição, todos os caminhos levam ao etileno (Bartholomew, 2014).

Quando as plantas de abacaxizeiro apresentam um crescimento adequado, pode ocorrer o estímulo reprodutivo atribuído a baixas temperaturas, o que promove o início da floração natural em qualquer época do ano (Bartholomew et al., 2003). A porcentagem de floração natural em



períodos de maior suscetibilidade pode chegar a 100% durante qualquer ano dependendo da latitude (Kuan et al., 2005).

Visando impedir a diferenciação floral natural do abacaxizeiro e obter a produção uniforme em épocas de melhores preços de mercado, uma alternativa é a utilização de inibidores da biossíntese ou da ação do etileno. O uso do nitrato de prata e tiosulfato de prata como antagonista do etileno, tem sido relatado na literatura pois inibe componentes da cadeia de sinalização deste hormônio (SAINÉ, 2013). Os íons Ag^+ alteram a capacidade dos receptores de se ligarem ao etileno (SRIDHAR et al., 2011). O etileno é produzido normalmente no final de sua rota biossintética, mas ao penetrar a membrana plasmática da célula e ir ao encontro de seu receptor, localizado no retículo endoplasmático, ele não consegue se ligar ao receptor devido a ação dos íons prata (KERBAUY, 2017).

Diante do exposto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o uso tiosulfato de prata na inibição do florescimento natural e seus efeitos sobre o crescimento das plantas e frutos do abacaxizeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental localizada nas seguintes coordenadas $15^{\circ} 43' 47,4''$ S e $43^{\circ} 19' 22,1''$ O, com 516m de altitude, sendo o solo pertencente a classe Latossolo Amarelo distrófico.

O clima da região é o Aw (clima tropical de savana com chuvas de verão e inverno seco), segundo a classificação de Köppen. Os dados climatológicos foram coletados diariamente em uma estação meteorológica instalada a 150 m da área experimental, obtendo-se informações sobre a temperatura (máxima, mínima e média), radiação, precipitação e umidade relativa (FIGURA 1).

O plantio foi realizado após a limpeza da área e o preparo do solo que se procedeu por meio de gradagem e sulcamento. As adubações de plantio foram realizadas com base na análise química e física do solo na profundidade de 0 a 20 cm, sendo: MO = $2,19 \text{ dag kg}^{-1}$; pH (em água) = 5,7; , Prem = $38,8 \text{ mg L}^{-1}$; P (extrator Mehlich) = $2,6 \text{ mg dm}^3$; S = $2,1 \text{ mg dm}^3$; K (extrator Mehlich) = $133,6 \text{ mg dm}^3$; Ca = $1,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; Al = $0,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; T = $4,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; SB = $2,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; t = $2,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; H+Al = $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$; V = 50,53%; m = 11,29%; B = $0,3 \text{ mg dm}^3$; Cu = $0,5 \text{ mg dm}^3$; Fe = $31,3 \text{ mg dm}^3$; Mn = $5,3 \text{ mg dm}^3$; Zn = $0,5 \text{ mg dm}^3$. Foram

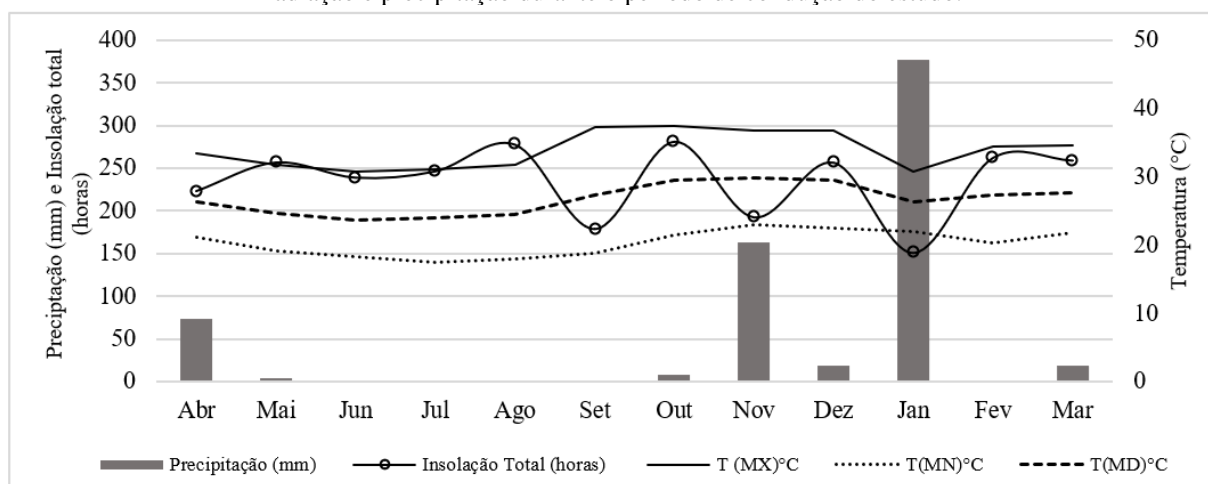


utilizados $16,7 \text{ g planta}^{-1}$ de superfosfato simples e 8 g planta^{-1} de FTE BR12 (fonte de micronutrientes: $1,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ B}$; $0,8 \text{ g kg}^{-1} \text{ Cu}$; $3,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ Fe}$; $2,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ Mn}$; $0,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ Mo}$; $9,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ Zn}$), distribuídos nos sulcos de plantio.

Foram utilizadas como material propagativo mudas do tipo filhote da cultivar 'Vitória', com 15 cm de comprimento, plantadas em fileira dupla no espaçamento $0,90 \times 0,30 \times 0,20$. As adubações de cobertura foram aplicadas de modo localizado, próximo à linha de cultivo em superfície e parceladas a partir do décimo terceiro mês de cultivo, mensalmente, totalizando dez adubações de 10 g planta^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio, e 15 g planta^{-1} de N na forma de ureia conforme sugerido por (CARDOSO et al., 2013).

O método de irrigação utilizado foi a microaspersão convencional fixa. Os emissores foram espaçados em 3m ao longo da linha e 4m entre linhas. Foram realizadas três irrigações semanais. O tempo de irrigação utilizado foi de acordo com as condições climáticas e com base no coeficiente da cultura (K_c) (0,4 a 0,7) durante o seu ciclo de desenvolvimento (ALLEN et al., 2005). O controle de plantas daninhas, fitopatógenos e insetos foi efetuado, quando necessário, após o plantio das mudas no campo.

Figura 1: Valores médios de umidade relativa, temperatura média, temperatura mínima, temperatura máxima, radiação e precipitação durante o período de condução do estudo.



Fonte: De autoria Própria

Considerando as avaliações de crescimento das plantas, utilizou-se esquema em parcelas subdivididas 5×16 , com cinco concentrações de STS nas parcelas e dezesseis épocas de avaliações nas subparcelas. As concentrações de STS utilizadas foram 0; 0,5; 1; 2 e 3 mmol L^{-1} enquanto as épocas de avaliação foram 575, 605, 635, 665, 695, 725, 755, 785, 815, 845, 875,



905, 935, 965, 995 e 1025 dias após o plantio. Estas épocas permitiram que as plantas fossem avaliadas por 2 anos consecutivos e assim passassem por dois períodos de estímulos ambientais para o florescimento natural do abacaxizeiro. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. As unidades experimentais foram compostas por 40 plantas por parcela, sendo 32 plantas úteis. Para determinar o crescimento das plantas, foram avaliados o comprimento da folha 'D', número de folhas e diâmetro do caule.

O STS foi aplicado na forma de solução pulverizando a planta inteira, no volume de 50 mL por planta. Duas lonas plásticas foram colocadas entre as parcelas para evitar a contaminação dos demais tratamentos por deriva. Foram realizadas 7 aplicações do STS com intervalo de 14 dias, sendo: 02 de maio, 16 de maio, 30 de maio, 13 de junho, 27 de junho, 11 de julho e 25 de julho. Iniciado 21 meses após o plantio e repetida nas mesmas datas no ano subsequente.

Para a avaliação da porcentagem de florescimento utilizou-se esquema em parcelas subdividas 5 x 12, sendo as cinco concentrações de STS e 12 épocas de avaliação, aos 1, 8, 15, 22, 29, 36, 43, 57, 64, 71 e 78 dias após a última aplicação de STS. O florescimento foi identificado assim que se pôde visualizar a diferenciação floral no centro da roseta foliar. O estudo do crescimento dos frutos também foi realizado no esquema em parcelas subdividas 5 x 16, correspondendo as cinco concentrações de STS, e 16 épocas de avaliação, aos 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 98, 105 dias após o fechamento da última flor. Foram medidos o diâmetro do fruto, e os comprimentos do fruto e da coroa.

Para as análises de pós-colheita considerou-se como tratamento apenas as concentrações de STS. Foram realizadas as análises em frutos oriundos do florescimento natural. Para isto, determinou-se o potencial hidrogeniônico (pH), o teor de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT) e a relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) da polpa. Também foi determinado o peso médio de frutos com coroa.

O pH foi determinado utilizando potenciômetro. A determinação foi feita diretamente no suco, que para ser obtido procedeu-se a trituração da polpa com posterior homogeneização, quando se retirou 10g sendo acrescentados 90 ml de água destilada, para posterior leitura. O teor de sólidos solúveis foi determinado na polpa triturada com leitura direta e quantificação em refratômetro digital, sendo os resultados expressos em °BRIX. A acidez titulável (AT) foi determinada segundo técnica recomendada pela AOAC (1992), titulando-se, sob agitação em uma bureta, o suco do conjunto de frutos de cada repetição após extrair, triturar e homogeneizar



10g da polpa em 90 mL de água destilada, com NaOH 0,1N, usando-se fenolftaleína 1% como indicador. Os resultados expressos em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa. A relação SS/AT foi obtida dividindo-se a percentagem de sólidos solúveis pela acidez titulável.

Foi realizada análise de prata por absorção atômica nas amostras de abacaxis, o procedimento para digestão das amostras de abacaxi foi baseado na metodologia proposta por Sokubola et al., 2010. E a análise do metal foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica da Varian (AAS 240 FS).

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão a 5% de significância, e teste t ($p < 0,05$). Os modelos foram ajustados de acordo com a capacidade do modelo de explicar biologicamente o fenômeno, com base na significância dos parâmetros e coeficiente de determinação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo da interação das doses de STS e tempo sobre as variáveis estudadas. Todavia observou-se efeito significativo do tempo sobre a taxa e a porcentagem de florescimento acumulado e das doses de STS sobre a porcentagem de florescimento, sendo ajustado o modelo sigmóidal para a variável porcentagem de florescimento acumulado em função do tempo (FIGURA 2).

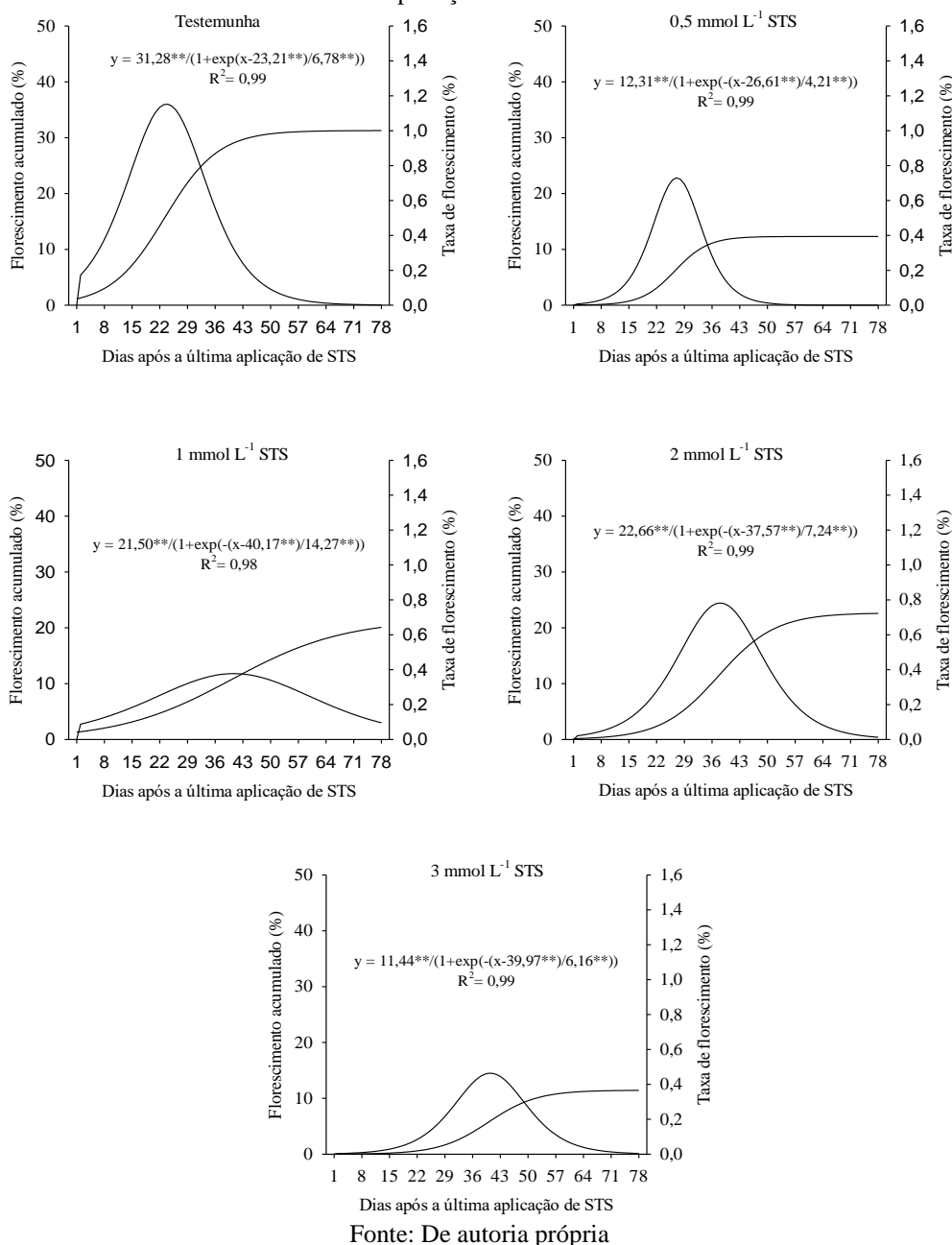
O florescimento natural do abacaxizeiro já foi observado a partir da última aplicação de STS, no dia 25 de julho (FIGURA 2). Conforme pode ser notado pelos modelos ajustados e seus coeficientes, a aplicação do STS propiciou redução do florescimento natural em 36,57% em relação a testemunha, sendo que na dose 3 mmol L⁻¹ apenas 11,44% das plantas floresceram naturalmente (FIGURAS 2 A e E).

A testemunha apresentou plantas com taxa máxima de florescimento aos 23 dias após a aplicação, com taxa de 1,2% de florescimento ao dia (FIGURA 2A). No tratamento com 0,5 mmol L⁻¹ de STS o pico de florescimento natural ocorreu aos 26 dias após a aplicação, com taxa máxima indução natural de 0,7% ao dia (FIGURA 2B). Nas concentrações de 1 mmol L⁻¹ e 2 mmol L⁻¹ as plantas apresentaram taxa máxima de florescimento aos 40 e 37 dias, sendo as maiores taxas de florescimento de 0,4% e 0,8%, respectivamente (FIGURAS 2C e D). Assim como observado para o tratamento controle, as plantas referentes ao tratamento com 1 mmol L⁻¹ apresentaram florescimento natural no primeiro dia após a aplicação do STS. A dose de 3 mmol



L^{-1} proporcionou um florescimento natural mais tardio em relação as demais concentrações de STS, sendo observado apenas aos 15 dias após a última aplicação de STS. A taxa máxima de florescimento ocorreu aos 40 dias após a última aplicação de STS atingindo uma taxa de máximo florescimento de 0,4% ao dia. Observa-se, portanto, que existe uma redução da porcentagem de florescimento natural das plantas em razão do uso do STS, bem como redução da taxa de florescimento e atraso no pico de florada das plantas de abacaxi ‘Vitória’ (FIGURA 2).

Figura 2: Porcentagem e taxa de florescimento da cultivar vitória em função das épocas de avaliação e da aplicação do STS.





Notadamente todos os tratamentos que se utilizou a solução de STS apresentaram menores porcentagens e taxas de florescimento em relação ao tratamento testemunha. Isto provavelmente se deu devido a ação de contato do STS com as folhas que devem ser o principal sítio de percepção das condições ambientais da planta (CITAÇÃO). O florescimento natural do abacaxi é desencadeado pelo tecido branco basal da folha, conhecido como tecido aclorofílico basal, que produz etileno (Bartholomew et al., 2003). O contato da solução contendo STS com esta região pode ter ocasionado a redução da ação de etileno produzido nas folhas e a consequente resposta pelos receptores de etileno na membrana que vão resultar na inibição da iniciação floral (CITAÇÃO). O aumento dos níveis de etileno e a redução associada nos níveis de GA3 provavelmente estão associados a um acúmulo de proteínas DELLA, como AcDELLA1, que pode ter um papel importante na indução do florescimento do abacaxi (Espinosa et al., 2016).

É de grande interesse para produção comercial que não ocorra o florescimento natural nas plantas. Uma vez que este fenômeno afeta o peso do fruto que está diretamente relacionado ao vigor da planta no momento da diferenciação floral, embora também dependa das condições climáticas durante seu desenvolvimento (VALLESER, 2022). Afetando também o crescimento e a qualidade dos frutos impactando a colheita (Sanewski et al., 2018).

Pode-se inferir que o STS interferiu na ação de alguns genes envolvidos na produção do etileno, resultando em plantas com baixa taxa de florescimento. Três genes ACS foram identificados até agora em abacaxi e o silenciamento de AcACS2 em plantas de abacaxi levou a um atraso acentuado no tempo de floração em comparação com plantas controle (Choudhury et al., 2008). O perfil de expressão AcACS2 e AcACO1 sugere que esses genes podem apresentar papéis importantes na indução da floração natural do abacaxi na qual acredita-se que a floração seja desencadeada por um aumento acentuado na biossíntese de etileno (Maruthasalam et al., 2010). Com base no ciclo Yang, duas etapas são comprometidas com a biossíntese de etileno: a conversão de S-AdoMet em ACC pela ação da ACC sintase (ACS) e a oxidação do ACC, pela ACC oxidase (ACO) (Kende, 1993); Yang e Hoffman, 1984), havendo biossíntese autocatalítica deste fito hormônio (CITAÇÃO).

O florescimento do abacaxizeiro é estimulado por fatores endógenos e exógenos sendo considerada uma planta de dias curtos quantitativa. As baixas temperaturas noturnas (< 20°C) associadas ao encurtamento dos dias (< 11,5 horas) observados, no hemisfério sul, nos meses de junho, julho e agosto, são os maiores estímulos ambientais ao florescimento natural desta espécie

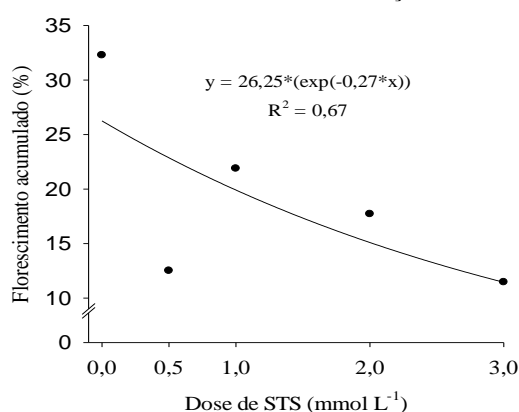


(Bartholomew and Sanewski, 2018). Estes fatores encontravam-se favoráveis para a indução da planta nos meses de junho a agosto (FIGURA 1). Sugere-se que nestas condições ocorre estímulo a produção de etileno no meristema apical e na parte basal aclorofilada da folha, o que estimula o florescimento (SANEWSKI et al., 1998).

No presente estudo observou-se efeito da aplicação do STS em planta inteira na redução do florescimento natural do abacaxizeiro. Entretanto, a aplicação de STS na roseta foliar não inibiu o florescimento natural do abacaxizeiro (MAIA, et al., 2019). Isto sugere que a produção do etileno acontece principalmente na folha que é a principal parte da planta que recebe o STS, após a absorção pela folha o íon de prata se desloca e inibe a ação do etileno.

Considerando o estudo das doses de STS utilizadas, constatou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre elas. Com base nestes resultados foi ajustado o modelo exponencial para a porcentagem de florescimento acumulado. A aplicação do STS promoveu uma redução do florescimento natural acumulado (aos 78 dias) quando comparado com as plantas que não receberam a aplicação de STS (FIGURA 3). Sendo que o menor valor de florescimento natural observado foi de 11% na concentração de 3 mmol L^{-1} de STS. Por outro lado, O tratamento testemunha apresentou 32% de florescimento natural acumulado ao final do período de avaliação (78 dias) (FIGURA 3). Portanto, a redução da porcentagem de florescimento ocorreu pelo efeito do STS na ação do etileno.

Figura 3: Porcentagem de florescimento da cultivar Vitória, função de diferentes concentrações de STS.



Fonte: De autoria própria

As respostas das plantas ao etileno podem ser modificadas, controlando-se ou regulando-se o nível desse produto nos tecidos pela inibição da biossíntese do mesmo (Yang, 1987). Assim os inibidores da ação do etileno, como é o caso do STS. Bioquimicamente, a produção do etileno



é controlada pela concentração do ácido 1-aminociclopropano-1- carboxílico (ACC), pela atividade da enzima formadora de etileno ACC oxidase (KENDE, 1993), e pela ACC sintase, que é o fator primário que limita a produção do ACC (MIN e BARTHOLOMEW, 1993). Contudo, existem também a presença de alguns aminoácidos que participam do processo de produção do etileno, como o D-aminoácidos (estereoisômeros) que demonstraram estimular a produção de etileno em várias espécies de plantas (Kionka & Amrhein, 1984). A presença de D-aminoácidos resulta em menos formação de MACC, conseqüentemente levando a níveis mais altos de ACC e etileno (JOLIEN, et al., 2020). Comportamento este que pode explicar a redução de etileno nas plantas no presente estudo, uma vez que possivelmente o STS interferiu na ação de D-aminoácidos que culminou na redução de estímulo do etileno.

O STS é inibidor da ação do etileno, uma vez que as proteínas receptoras do etileno se ligam ao íon de cobre que é essencial tanto para a ligação do etileno quanto para a transdução do sinal (COOK et al., 1987). Assim, o íon de prata irá substituir o cobre na ligação com a proteína receptora do etileno. A prata não interfere na ligação do etileno com a proteína, mas impede que ocorra a transdução do sinal, interrompendo as alterações que normalmente ocorrem na proteína quando está se liga ao etileno (REID et al., 1980, TAIZ e ZEIGER, 2014). Desta forma, o íon Ag^{3+} inibe a ação do etileno na planta.

O uso do STS até a dose de 3 mmol L^{-1} aplicado diretamente na roseta foliar não inibiu o florescimento natural do abacaxizeiro (ARAÚJO, 2013). Porém, a folha é a parte da planta responsável por reconhecer as mudanças sazonais que estimulam o florescimento e emitir o sinal para a planta (Bernier et al., 1993). Em um estudo de análise de todo o genoma MADS-box em abacaxizeiro realizado por (Zhang et al., 2020), foi verificado que 11 de 48 (23%) dos genes MADS-box estavam ciclando em tecidos de folha de ponta verde ou de base branca, sendo que a maioria dos genes são altamente expressos em flores, o que indica íntima relação desses genes com o florescimento natural. Ainda no mesmo estudo, foi observado que 23% dos genes MADS-box do abacaxi são regulados pelo ciclo circadiano, evidenciando a participação do ambiente no desenvolvimento da floração no presente estudo, já que o florescimento natural concentrou-se no período de agosto a outubro. Este é período em que ocorrem as menores temperaturas (junho a agosto) variando de 14° a 20°C e dias mais curtos (FIGURA 1 e 2).

Tais mudanças são captadas por diferentes órgãos da planta. O fotoperíodo pelas folhas maduras, a temperatura por todas as partes da planta, apesar da baixa temperatura ser,



preferencialmente, pelo ápice caulinar, e a disponibilidade hídrica pelas raízes. No presente trabalho, a solução de STS foi aplicada na planta inteira, permitindo que a folha reconheça a ação inibitória deste e sinalize para o meristema apical.

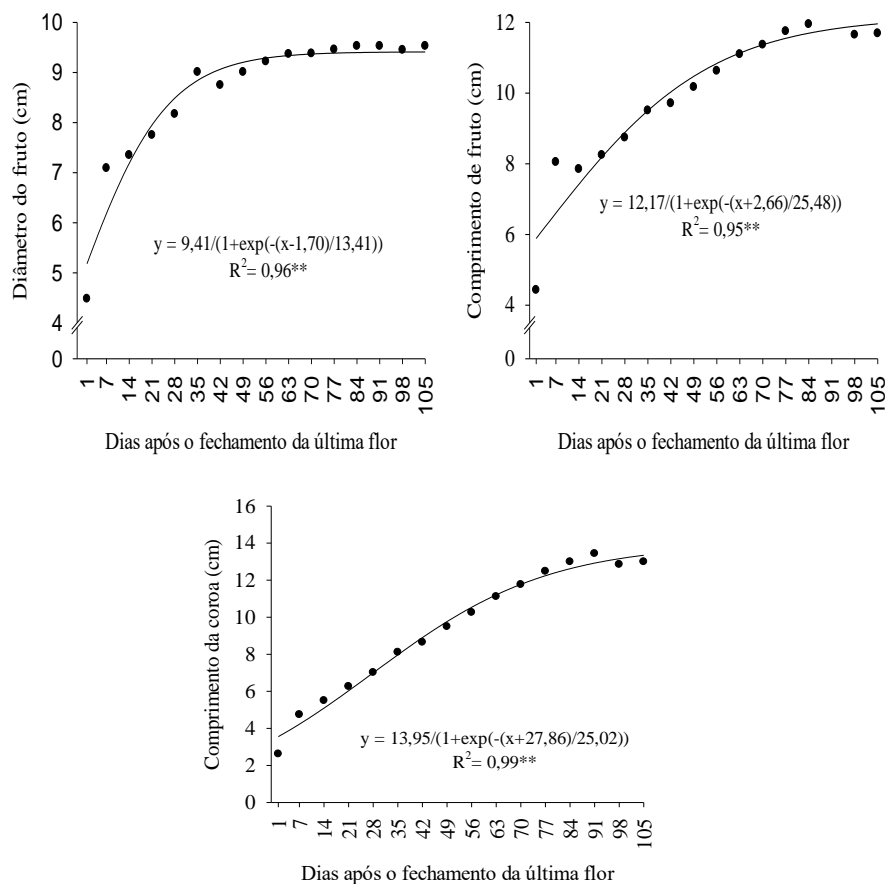
relatam que O sinal para a evocação floral é emitido pela folha e transmitido por meio do floema para o meristema apical, sendo esta a teoria do florígeno (Castro e Vieira, 2001; Taiz e Zeiger, 2014). Em contrapartida, o fenômeno inverso, transmissão do sinal para inibição do florescimento, é conhecido como antiflorígeno. Desta forma Kerbauy (2008) relata que o antiflorígeno é uma substância transmissível, inibitória da floração, que interfere sobre a síntese, transporte e ação do sinal floral. A inibição do florescimento do abacaxizeiro com o STS aplicado na planta inteira indica que a biossíntese do etileno ocorre na folha, e o etileno ou os seus sinais bioquímicos podem chegar até o meristema.

Não houve efeito significativo da interação entre concentrações de STS e tempo sobre o diâmetro e comprimento do fruto. Foi observado efeito das épocas de avaliação (tempo) sobre o diâmetro e comprimento do fruto e o comprimento da coroa (FIGURA 4) e efeito das concentrações de STS sobre o comprimento da coroa (FIGURA 5).

O comprimento e diâmetro do fruto e o comprimento da coroa em função dos dias após o fechamento da última flor apresentaram diferença significativa ($p < 0,01$) e comportamento de crescimento sigmoidal atingindo os valores máximos de 9,41, 12,17, e 13,95 cm, aos 56, 91 e 98 dias após o início das avaliações, respectivamente. Resultados superiores aos encontrados por Maia (2019), que avaliando o efeito do tiosulfato de prata na inibição do florescimento, obteve diâmetro médio dos frutos (9,88 cm). Observa-se ainda que os frutos do abacaxizeiro 'Vitória' atingem o diâmetro máximo antes dos valores máximos de comprimento do fruto e da coroa. Comportamento semelhante foi encontrado por Araújo (2013), que avaliou as doses de STS em diferentes cultivares de abacaxizeiro.



Figura 4: Diâmetro do fruto, comprimento do fruto e comprimento da coroa da cultivar Vitória em função dos dias após fechamento da última flor.



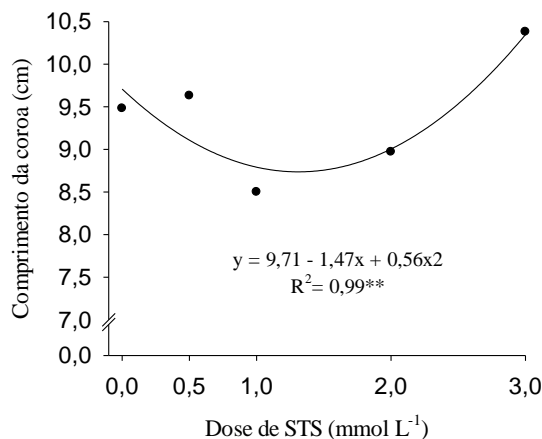
** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Fonte: De autoria própria

Observou-se que houve efeito significativo das doses de STS sobre o comprimento da coroa sendo ajustado um modelo quadrático (FIGURA 5).



Figura 5: Comprimento da coroa do fruto da cultivar Vitória em função das concentrações de STS.



** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.
Fonte: De autoria própria

A dose 3 mmol L⁻¹ de STS foi a que proporcionou maior comprimento da coroa atingindo o valor de 9,71 cm. Este efeito não foi observado nos tratamentos com 1 e 2 mmol L⁻¹ que apresentaram comprimentos inferiores ao da testemunha de 9,5 cm (FIGURA 5).

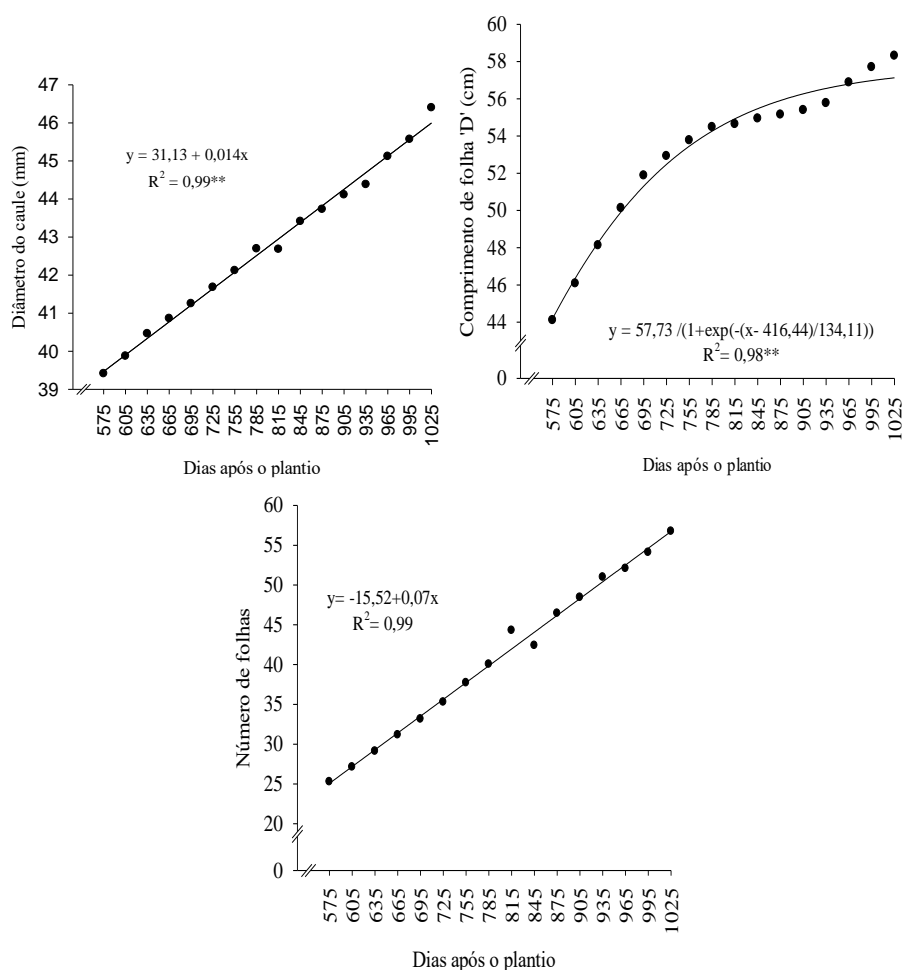
A SAM sintetase além de seu papel na biossíntese de etileno pode apresentar outros efeitos secundários. O SAM descarboxilado está envolvido na biossíntese de poliaminas superiores (espermidina e espermina), moléculas que estão envolvidas em muitos aspectos de crescimento, desenvolvimento e respostas ao estresse da planta (revisado por Chen et al., 2019). O STS pode ter interferido na ação desse cofactor enzimático prejudicando o crescimento das plantas, que apresentaram valores de comprimento da coroa inferiores aos encontrados por Cunha (2019), em que variaram de 19,5 a 43,1 cm.

Não houve efeito significativo da interação entre concentrações de STS e tempo sobre o diâmetro e comprimento do fruto. Foi observado efeito das épocas de avaliação (tempo) sobre o número de folha, comprimento de folha “D” e diâmetro do caule. Ajustaram-se modelos com equações lineares para o número de folhas e diâmetro do caule e modelo sigmoidal para comprimento da folha “D” (FIGURA 6). Foi observado que as plantas emitem 0,07 folhas a cada dia, (ou emissão de nova folha a cada 14 dias) e ao final das avaliações as plantas apresentavam 56,23 folhas. O comprimento de folhas de 57 cm foi observado 1000 dias após o plantio. Houve um aumento de 0,014 cm por dia no diâmetro do caule, no final das avaliações o caule apresentou 45,48 cm (FIGURA 6).



Percebe-se que tanto o número de folhas quanto o diâmetro do caule aumentaram de forma linear com o tempo indicando que a planta não sofreu limitações no crescimento durante a condução do ensaio. O número de folhas para a cultura de abacaxi reflete diretamente na sua atividade fisiológica, que reflete no acúmulo de reserva e posteriormente no tamanho e peso do fruto produzido pela planta e tamanho da planta (PY, 1984).

Figura 6: Número de folhas, comprimento de folha 'D' e diâmetro do caule da cultivar Vitória, em função dos dias após plantio.



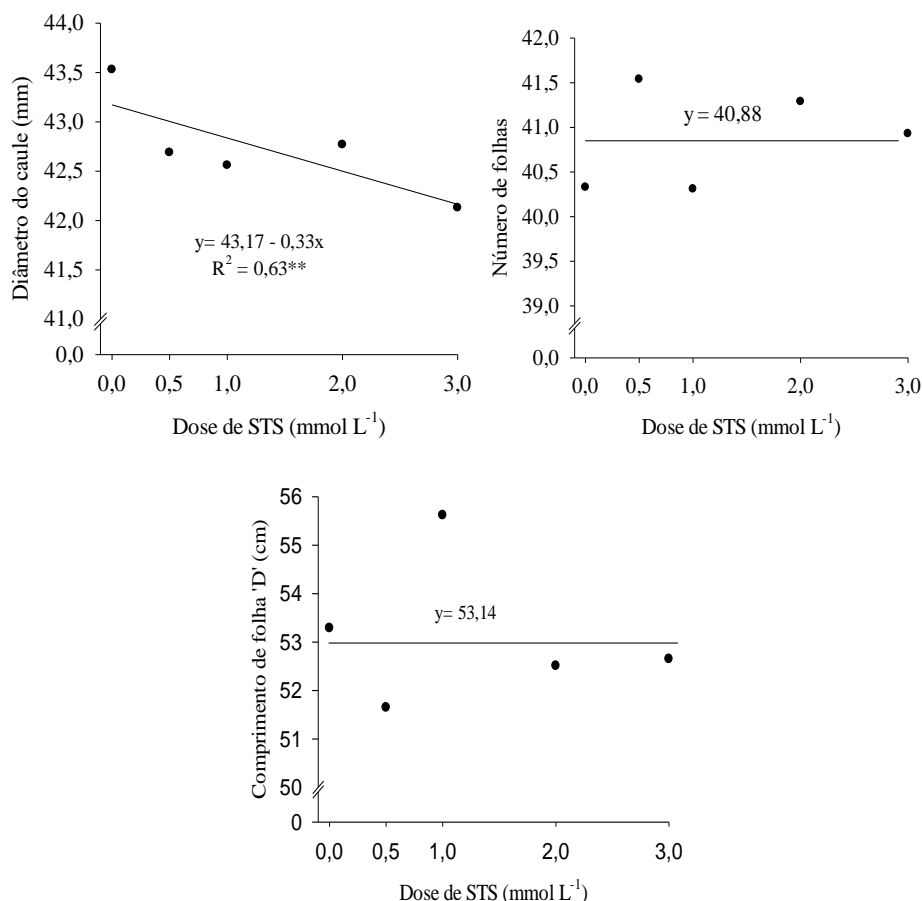
** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.
Fonte: De autoria própria

A variável números de folhas e comprimento de folha 'D' diferiram significativamente a 1% de probabilidade pelo teste F, porém nenhum modelo se ajustou aos dados. A variável diâmetro do caule apresentou um efeito linear negativo em função das concentrações de STS utilizadas (FIGURA 7) com redução de 0,33 cm para cada de mmol de STS aplicado. O comprimento de folha 'D' apresentou média de 53,14 cm, sendo estes valores superiores aos



observados por Abdullah et al., (2020), que obteve comprimentos de folha D em seus tratamentos de $38,0 \pm 1,9$ a $46,0 \pm 1,9$.

Figura 7: Número de folhas, comprimento de folha 'D' e diâmetro do caule da cultivar Vitória, em função das concentrações de STS.



** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.
Fonte: De autoria própria

O porte da planta pode ter influenciado em alguns fatores como o florescimento, pois o florescimento natural do abacaxizeiro, além de ser influenciado por fatores climáticos, responde aos efeitos do desenvolvimento da planta, sendo, necessário que a planta atinja um porte adequado ou a maturidade ontogenética, para responder aos estímulos ambientais (LACOEUILHE, 1975; BARTHOLOMEW & KADZIMIN, 1977). A maturidade para a floração está sempre correlacionada com a capacidade da planta em converter o ácido 1-aminociclopropano-1- carboxílico (ACC) exógeno em etileno (SANEWSKI et al. 1998).

Apesar das plantas apresentarem um crescimento constante para o caule, verificou-se uma redução do diâmetro do talo com o aumento das doses de STS. Esse comportamento se deve a



presença do íon de prata (Ag^{3+}) na solução de STS. Medeiro (2001) relata redução significativa no alongamento em ramos de macieira marubakaido em cultivo in vitro, sendo a redução inversamente proporcional a concentração do STS.

Considerando-se as análises de pós-colheita dos frutos obtidos e que foram oriundos das plantas que floresceram naturalmente, não foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos (TABELA 1). Os valores médios de pH, sólidos solúveis (SS, °Brix), acidez titulável (AT, % ácido cítrico), SS/AT e peso dos frutos foram 4,02; 14,31; 0,91; 15,625 e 812,53 kg respectivamente. Outro ponto importante é que não foram encontrados resíduos de prata (Ag^{3+}) na polpa dos frutos avaliados indicando que a aplicação de STS nas concentrações utilizadas é segura para o consumo humano.

Tabela 1 – Acidez (pH), Sólidos solúveis (SS), Acidez titulável (AT) relação sólidos solúveis / acidez titulável (SS /AT) e peso dos frutos da cultivar vitória.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		pH	SS	AT	SS /AT	Peso do fruto
Doses (D)	4	0,005 ^{ns}	1,267 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,104 ^{ns}	22,114 ^{ns}
Bloco	2	0,010 ^{ns}	0,380 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,018 ^{ns}	22,240 ^{ns}
Resíduo	8	0,010	0,798	0,003	0,082	18,386
Total	14					
CV (%)		2,56	6,24	6,09	6,50	17,79
Média geral:		4,021	14,313	0,916	15,625	812,53

*, **, ns Significativo a 5 e 1 %, e não significativo pelo teste F.

Fonte: De autoria própria

Frutos de abacaxizeiro de melhor qualidade para o consumo in natura têm alto conteúdo de açúcar (SS) e baixa acidez titulável (AT). Os valores de SS encontrados no trabalho foram inferiores aos observados por Barker et al. (2018) que relatou maiores valores médios de 16°Brix para a cultivar 'Vitoria'. Porém superiores aos observados por Küster et al. (2017) que encontrou valor médio de 14,2° Brix. O teor de sólidos solúveis observado nos frutos de abacaxis está dentro do parâmetro mínimo para comercialização de frutos de abacaxi, que são os teores de sólidos solúveis de 12°Brix (BRASIL, 2002). O valor de acidez foi superior ao encontrado por Küster et al. (2017) que obteve valor médio de 0,8 e superior aos encontrados por Cunha et al. (2019).

A relação SS/AT é um fator importante para a aceitação do consumidor, pois influencia diretamente no sabor da fruta, essa relação também é utilizada para avaliar a maturidade do fruto e o estágio de palatabilidade (; OGAWA et al., 2017). Cunha et al. (2019) e Küster et al. (2017) relataram valores médios de SS/AT 20,86 e 17,75 respectivamente. Esses resultados obtidos por



esses autores são superiores a encontrada neste trabalho. Quanto maior o valor da relação SS/AT menor é a acidez titulável e maior teor de sólidos solúveis.

O peso de frutos foram superiores aos observados por Küster et al. (2017), que obteve valores médios de peso dos frutos de 794,5 g. Em contrapartida, inferiores aos valores obtidos por Cunha et al. (2019), de 1.287 g cv. Abacaxi Vitória. Como as plantas do experimento se encontrava pequenas no momento da floração natural, produziram frutos pequenos. Desta forma as concentrações de STS não interferiram nas características físico-químicas e estruturais nos frutos de abacaxi.

4 CONCLUSÕES

O uso do tiosulfato de prata até a dose de 3 mmol L⁻¹ aplicado na planta inteira reduz o florescimento natural do abacaxizeiro e não afeta a qualidade dos frutos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Código de Financiamento 001 (CAPES001) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas.



REFERÊNCIAS

Bartholomew, D., Malézieux, E., Sanewski, G., e Sinclair, E. (2003). **Inflorescência e desenvolvimento e produção de frutos**. Em *The Pineapple: Botany, Production and Uses*, DP Bartholomew, RE Paull e KG Rohrbach, eds. (Wallingford, Oxfordshire, Inglaterra: CABI Publishing), p.167–203.

Bartolomeu, D. (2014). **História e perspectivas sobre o papel do etileno na floração do abacaxi**. *Acta Hortico*. 1042, 269–284 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1042.33>.

Chen D, Shao Q, Yin L, Younis A, Zheng B. 2019. **Função da poliamina em plantas: Metabolismo, regulação de desenvolvimento e papéis nas respostas ao estresse abiótico**. *Fronteiras em Plant Science* 9: 13.

COMÉRCIO, M.; BERILLI, S. S.; LIMA, C. F.; PINHO, L. G. R.; PEREIRA, L. C.; PINHEIRO, A. P. B.; BERILLI, A. P. C. G.; OLIVEIRA, E. C.; ARAUJO, F.O. **Effect of fertilizing with foliar tannery sludge in the shoots of stem sections of pineapple for production pineapple seedlings**. *Ifes Ciência*, Volume 5 / Número 1/ Ano 2019–p. 170-179

Cunha, J.M., Freitas, M.S.M., Caetano, L.C.S., Carvalho, A.J.C., Peçanha, D.A., Santos, P.C. (2019). **Fruit quality of 'Vitória' pineapple under macronutrient and boron deficiency**. *Revista Brasileira de Fruticultura* ISSN 0100-2945. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019080>

DJIDO, U.; HOTEJNI, N. V. F.; LOMMEN, W. J. M.; HOUNHOUGAN, J. D.; ACHIGAN-DAKO, E. A. STRUIK, P. C. **Effect of planting density and K₂O:N ratio on the yield, external quality, and traders' perceived shelf life of pineapple fruits in Benin**. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, 627808, 2021. doi:10.1088/1755-1315/81/1/012037

Espinosa, M. E. A.; Moreira, R. O.; Lima, A. A.; Sággio, S. A.; Barreto, H. G.; Luiz, S. L. P.; Abreu, C. E. A.; Yanes-Paz, E.; Ruíz, Y. C.; Olmedo, J. L. G.; Chalfun-Júnior, A. **Early histological, hormonal, and molecular changes during pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) artificial flowering induction**. *Journal of Plant Physiology* Volume 209, February 2017, Pages 11-19, 2016.

Estatista. (2020). **Países líderes na produção de abacaxi em todo o mundo em 2017**. <https://www.statista.com/statistics/298517/global-pineapple-production-by-leadingcountries/>

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. FAO, 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 18, setembro, 2022.

Jiménez, ZC; Villalobos, DGL Eficácia de aviglicina na redução da flora natural em piña na Costa Rica. *Acta Horticulturae*, n. 1239, pág. 15-26, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2019.1239.3>.

KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.



Kionka C, Amrhein N. 1984. **A malonilação enzimática do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico em homogeneizados de hipocótilos de feijão mungo.** Planta 162: 226–235.

Kuan, C., Yu, C., Lin, M., Hsu, H., Bartholomew, D. e Lin, C. (2005). **A aplicação foliar de aviglicina reduz a floração natural do abacaxi.** HortScience 40 (1), 123–126

Küster, I. S., Alexandre, R. S., Arantes, S. D., Schmildt, E. R., Arantes, L. O., Klem, D. L. B. (2017). **Phenotypic correlation between leaf characters and physical and chemical aspects of cv. victorious pineapple fruit.** Revista Brasileira de Fruticultura SSN 0100-2945. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018964>

Lin, M., Chen, A., Lin, T., Kuan, C., Lee, C. e Yang, C. (2015). **Prevenção da floração natural em abacaxi (Ananas comosus) por sombreamento e aplicação de uréia.** Hortico. Meio Ambiente. Biotecnologia. 56 (1), 9–16 <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0095-0>.

Maia, V. M.; Araújo, V. D.; Ferreira, L. B., Pegoraro, R.F.; Aspiazú, I.; Rabelo, J. M.; Salles, B.P.A. **Effect of silver thiosulfate on growth and inhibition of natural flowering of four pineapple cultivars.** Acta Horticulturae, v. 1239, p. 33-40, 2019. DOI: [10.17660/ActaHortic.2019.1239.5](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.5)

Maia, V.M., Araújo, V.D., Ferreira, L.B., Pegoraro, R.F., Aspiazú, I., Rabelo, J.M. and Salles, B.P.A. (2019). **Effect of silver thiosulfate on growth and inhibition of natural flowering of four pineapple cultivars.** Acta Hort. 1239, 33-40 DOI:[10.17660/ActaHortic.2019.1239.5](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.5) <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.5>

NERI, J.C., MORI, J.B.M., VALQUI, N.C.V., HUAMAN, E.H., SILVA, R.C., OLIVA, M. **Effect of planting density on the agronomic performance and fruit quality of three pineapple cultivars (Ananas comosus L. Merr.).** Int. J. Agron., v. 2021, ID 5559564, 9 p. 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5559564>

OGAWA, EM, COSTA, HB, VENTURA, JA, CAETANO, L., PINTO, FE, OLIVEIRA, BG, ROMÃO, W. **Perfil químico do abacaxizeiro cv. vitória em diferentes estágios de maturação usando espectrometria de massas com ionização por eletrospray.** Journal of the Science of Food and Agriculture, Londres, v.98, n.3, p.1105-1116, 2017.

SAINI, S. et al. **“Auxin: a master regulator in plant root development”.** Plant cell reports, v. 32, n. 6, p.741-757, 2013.

Sanewski, GM, Bartholomew, DP, and Paull, RE (2018). **O Abacaxi: Botânica, Produção e Usos.** CABI. doi: [10.1079/9781786393302.0000](https://doi.org/10.1079/9781786393302.0000) Settles, B. (2009). Pesquisa de Literatura de Aprendizagem Ativa. Relatório técnico, Departamento de Ciências da Computação da Universidade de Wisconsin-Madison.

Soler, A., Teisson, C., Dole, B., e Alphonsine, M. (2006). **Forçando em abacaxis: o que há de novo?** Abacaxi News 13, 27–31.



SRIDHAR, T. M.; PREETHI, D.; NAIDU, C. V. **Effect of silver thiosulphate on In Vitro plant regeneration of Solanum nigrum (Linn.) -An important antiulcer medicinal plant.** *Current Botany*, 2011.

VALLESER, V. C. **Applications and Effects of Phytohormones on the Flower and Fruit Development of Pineapple (Ananas comosus L.).** *International Journal of Horticultural Science and Technology* (2023) Vol. 10, , No. 1, pp. 77-86, 2022.

Wang, ML; Paulo, RE (2018). **Transformação genética do abacaxi.** In: MING, R (Ed.). **Genética e genômica de plantas: culturas e modelos.** Chan: Springer, 2018. p. 69-86.

Zhang, X., Fátima, M., Zhou, P. *et ai.* **Analysis of MADS-box genes revealed modified flowering gene network and diurnal expression in pineapple.** *BMC Genomics* **21**, 8 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6421-7>.

ARAÚJO, V. D; **Controle do Florescimento Natural do Abacaxizeiro com uso do Tiussulfato de Prata.** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes. 2013.