



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

PEDRO ENRIQUE CHAGAS PARADA GARRIDO

**NÉCTAR EXTRAFLORAL EM PLANTAS DE MANDIOCA:
UM POSSÍVEL MECANISMO DE DEFESA INDUZIDA**

São Cristóvão, SE

2023

PEDRO ENRIQUE CHAGAS PARADA GARRIDO

**NÉCTAR EXTRAFLORAL EM PLANTAS DE MANDIOCA:
UM POSSÍVEL MECANISMO DE DEFESA INDUZIDA**

Trabalho de conclusão de curso para aprovação
no curso de Ciências Biológicas (Bacharelado)
da Universidade Federal de Sergipe.

Orientadora: Prof.^a Dra. Bianca Giuliano
Ambrogi

São Cristóvão, SE
2023



ATA DA SESSÃO DE APRESENTAÇÃO DA MONOGRAFIA
Resolução N° 197/2009/CONEPE - BACHARELADO

A Banca Examinadora, composta por Bianca Giuliano Ambrogi, Ranna Heidy Santos Bezerra e Leandro de Sousa Souto, sob a presidência da primeira, reuniu-se às 09:00 horas do dia 20/10/2023, na sala 09 do bloco A do Departamento de Biologia do CCBS, da Universidade Federal de Sergipe, para avaliar a monografia, sob o título: "NÉCTAR EXTRAFLORAL EM PLANTAS DE MANDIOCA: UM POSSÍVEL MECANISMO DE DEFESA INDUZIDA" apresentada pelo discente PEDRO ENRIQUE CHAGAS PARADA GARRIDO do Curso de Graduação de Ciências Biológicas - Bacharelado, matrícula n° 201900018736 na UFS. Dando início as atividades, a Presidente da Sessão passou a palavra para o discente proceder à apresentação da monografia. A seguir, a primeira examinadora fez comentários e arguiu a discente, que dispôs de igual período para responder ao questionário. O mesmo procedimento foi seguido com o segundo examinador. Dando continuidade aos trabalhos, a Presidente da Banca Examinadora agradeceu os comentários e sugestões dos membros da Banca. Encerrados os trabalhos, a Banca Examinadora retirou-se do recinto para atribuição da nota. Com base nos preceitos estabelecidos pela Resolução N° 197/2009/CONEPE, que normatiza a elaboração e avaliação das monografias do Curso de Ciências Biológicas – Bacharelado, a Banca Examinadora decidiu aprovar o discente com média 9,5 (nove e meio). Nada mais havendo a tratar, a Banca Examinadora elaborou essa Ata que será assinada pelos seus membros e em seguida pelo discente avaliado.

Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, 20 de outubro de 2023.

Bianca G. Ambrogi

Profa. Bianca Giuliano Ambrogi
Presidente

Ranna Heidy Santos Bezerra

Profa. Ranna Heidy Santos Bezerra
1° Examinador

[Assinatura]

Prof. Leandro de Sousa Souto
2° Examinador

Pedro Enrique Chagas Parada Garrido

Pedro Enrique Chagas Parada Garrido
Discente Avaliado

RESUMO

O néctar extrafloral (NEF) de algumas plantas geralmente está associado à sua defesa indireta, atraindo e recompensando inimigos naturais (IN) que podem proteger a planta. Trabalhos recentes mostram que é possível induzir defesas como o NEF de uma forma que possa ser avaliado qualitativamente, a respeito da análise de concentração de sólidos solúveis, através da aplicação de dano artificial ou fitohormônios que participam da regulação de defesas em plantas, como *cis*-Jasmona ou Metil Jasmonato, aumentando sua concentração do NEF tornando-o mais valioso para IN, conseqüentemente tornando as plantas mais resistentes a herbivoria. Neste estudo, foi investigado como diferentes métodos de indução de defesa afetam a concentração do NEF na mandioca. Para isso, danificou-se artificialmente plantas cortando 50% das folhas e mantendo outras intactas como controle. Em outros grupos de plantas, aplicou-se uma solução de *cis*-Jasmona (concentração 1,43 MM), Tween 20 e água destilada, enquanto as controle receberam apenas Tween 20 e água destilada. E por fim, foi aplicado uma solução de Metil Jasmonato (concentração 0,2 MM), Tween 20 e água destilada, enquanto os controles apenas Tween 20 e água destilada. Após 24 e 72 horas, coletou-se o NEF dessas plantas usando capilares de vidro e foi verificado a concentração de sólidos solúveis com um refratômetro. Após as coletas de NEF, foi feita a pesagem da massa seca das plantas. Ambas as aplicações exógenas do *cis*-Jasmona e do Metil Jasmonato modificaram a concentração do NEF entre as plantas controle e as plantas tratadas. Já o dano mecânico não apresentou diferença significativa entre os diferentes tratamentos. Também foi observado que a massa seca das plantas influencia na qualidade do NEF. Portanto, sob as condições deste experimento, conclui-se que *cis*-Jasmona e o Metil Jasmonato foram capazes de induzir uma produção mais concentrada de NEF em plantas de mandioca. Acredita-se que a concentração de sólidos solúveis do NEF seja seu principal fator responsável por mediar as relações entre plantas e IN. Portanto, esses resultados implicam na possibilidade de tornar as plantas mais atrativas para os IN e conseqüentemente terem uma melhor defesa com aplicação exógena desses fitohormônios, podendo auxiliar no manejo integrado de pragas na cultura da mandioca. Porém, estudos adicionais sobre a relação do NEF com IN e teste de diferentes intensidades dos tratamentos ou outros métodos de indução, como a herbivoria, ainda são necessários para compreender melhor a indução qualitativa de NEF na mandioca.

Palavras-Chave: *Manihot esculenta*; *cis*-Jasmona; dano artificial; Metil Jasmonato; Brix.

ABSTRACT

The extrafloral nectar (EFN) of some plants is generally associated with their indirect defense, attracting, and rewarding natural enemies (NE) that can protect the plant. Recent studies show that it is possible to induce defenses like EFN in a way that can be qualitatively evaluated, regarding the analysis of soluble solids concentration, through the application of artificial damage or phytohormones involved in plant defense regulation, such as *cis*-Jasmone or Methyl Jasmonate, increasing EFN concentration making it more valuable to NE, consequently making the plants more resistant to herbivory. In this study, was investigated how different methods of defense induction affect the EFN concentration in cassava. To do this, artificial damage was done to plants by cutting 50% of the leaves while keeping others intact as controls. In other group of plants, a solution of *cis*-Jasmone (concentration 1.43 mM), Tween 20 and distilled water was applied, while the controls received only Tween 20 and distilled water. Finally, a solution of Methyl Jasmonate (concentration 0.2 mM), Tween 20 and distilled water was applied, while the controls only received Tween 20 and distilled water. After 24 hours and 72 hours, the EFN was collected from these plants using glass capillaries, and the concentration of soluble solids was verified with a refractometer. After the collection of EFN, dry weighing of the plants was also conducted. Both exogenous applications of *cis*-Jasmone and Methyl Jasmonate altered the EFN concentration between the control plants and the treated plants. On the other hand, artificial damage showed no significant difference between the different treatments. It was also observed that the dry weight of the plants influenced on the quality of EFN. Therefore, under the conditions of this experiment, it is concluded that *cis*-Jasmone and Methyl Jasmonate were able to induce a more concentrated production of EFN in cassava plants. It is believed that the concentration of soluble solids in EFN is your main factor responsible for mediating the relationships between plants and NE. Therefore, these results imply the possibility of making plants more attractive to NE and consequently improving their defense with the application of these phytohormones, which could assist in the integrated pest management of cassava. However, additional studies on the relationship between EFN and NE and testing different treatment intensities or other induction methods, such as herbivory, are still necessary to better understand the qualitative induction of EFN in cassava.

Keywords: *Manihot esculenta*; *cis*-Jasmone; artificial damage; Methyl Jasmonate; Brix.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	12
2.1.	Geral	12
2.2.	Específicos	12
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
3.1.	Cultivo das mandiocas	13
3.2.	Indução do NEF por dano artificial	13
3.3.	Indução do NEF por <i>cis</i>-Jasmona	14
3.4.	Indução do NEF por Metil Jasmonato	15
3.5.	Coleta do NEF	16
3.6.	Pesagem da massa seca da mandioca	18
3.7.	Análises estatísticas	18
4	RESULTADOS	20
4.1.	Indução do NEF por Dano artificial	20
4.2.	Indução do NEF por <i>Cis</i>-Jasmona	20
4.3.	Indução do NEF por Metil Jasmonato	21
4.4.	Relação da massa seca e concentração de NEF	23
5	DISCUSSÃO	24
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1 INTRODUÇÃO

A longa interação entre herbívoros e plantas ocasionou em uma pressão seletiva que, favoreceu plantas que possuíam uma variedade de mecanismos de defesas, garantindo uma maior chance de sucesso por mitigar o dano causado pela herbivoria (BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011; CALIXTO *et al.*, 2021). Atualmente, esses mecanismos podem ser classificados de duas formas: conforme o seu alvo de ação, direto ou indireto, e conforme a maneira que a planta realiza a produção dessas defesas, de forma constitutiva e induzida.

Em relação ao alvo de ação, as defesas diretas são aquelas que atuam diretamente sobre o herbívoro, com o objetivo de impedir ou reduzir o dano causado por eles (ABDALA-ROBERTS *et al.*, 2019; DA COSTA *et al.*, 2012). Já as defesas indiretas, são um exemplo de interação mutualística entre plantas e inimigos naturais, sendo estes os predadores e parasitoides dos herbívoros que estão causando injúria para a planta (CALIXTO *et al.*, 2021; LANGE; CALIXTO; DEL-CLARO, 2017). Nesse tipo de defesa, a planta vai ser responsável por sinalizar, atrair, fornecer abrigo e/ou recompensas para os inimigos naturais, que por sua vez, realizam a defesa da planta atuando contra os herbívoros (ABDALA-ROBERTS *et al.*, 2019; BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011; LANGE; CALIXTO; DEL-CLARO, 2017).

A respeito da produção das defesas, existem as constitutivas, aquelas que são partes da planta, sendo produzidas a todo momento (BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011; CALIXTO *et al.*, 2021) sem haver uma variação na quantidade ou na qualidade delas e independente de estímulos externos. Opostamente, existem as defesas induzidas, que são expressas e/ou terão sua expressão modificadas de forma que pode ser avaliada quantitativamente e/ou qualitativamente após a planta receber algum estímulo externo, como após herbivoria ou quando em risco de ser injuriada (ABDALA-ROBERTS *et al.*, 2019; BHAVANAM; STOUT, 2021; CALIXTO *et al.*, 2021).

Segundo a teoria da defesa ótima, o objetivo de ter uma defesa induzida é de minimizar os custos de recursos gastos pelo metabolismo secundário da planta e maximizar os ganhos na proteção contra os herbívoros (PAUDEL; RAJOTTE.; FELTON, 2014; WILLIAMS; RODRIGUEZ-SAONA; CASTLE DEL CONTE, 2017), gerando uma maior eficiência evitando gastos desnecessários de recursos que podem estar sendo utilizados para o metabolismo primário do vegetal.

Fora a herbivoria, outros estímulos externos que tentam simulá-la ou simular o risco de sua ocorrência podem estimular uma indução de defesas. A realização de um dano artificial sobre

a planta é um exemplo que já teve sua eficácia comprovada por alguns trabalhos (CALIXTO *et al.*, 2021; HEIL *et al.*, 2000).

Todavia, vale ressaltar que alguns trabalhos não foram capazes de induzir as defesas de algumas espécies apenas utilizando o dano artificial (BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011). Uma possível razão para isso é que, diferentemente do dano artificial, na herbivoria há a presença de elicitores, como compostos na saliva do herbívoro, que a planta é capaz de interpretar como um sinal de que está de fato ocorrendo a herbivoria e então ter suas defesas induzidas (CALIXTO *et al.*, 2021).

Do mesmo modo, um outro exemplo de indução de defesa que tem sido comprovada de induzir diversas espécies de planta é a aplicação exógena de fitormônios e fitorreguladores (BRUCE *et al.*, 2003; ZHANG *et al.*, 2023). Os hormônios de planta desempenham uma variedade de funções fisiológicas em seus organismos (BHAVANAM; STOUT, 2021). Os jasmonatos, por exemplo, são frequentemente associados à defesa biótica, principalmente à herbivoria em que ocorre mastigação (BHAVANAM; STOUT, 2021), a partir da regulação das cadeias de sinalização para expressão de genes associados à defesa e ao metabolismo secundário (BHAVANAM; STOUT, 2021; WORRALL *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2023).

Por essa razão, quando esses compostos são aplicados de forma exógena é desencadeado um aumento endógeno dos mesmos. Logo, o aumento endógeno de fitormônios, associados à estresses bióticos e vias sinalizadoras de produção de defesas, leva a ativação de genes de defesa (BHAVANAM; STOUT, 2021; DĄBROWSKA; BOLAND, 2007) e, conseqüentemente, ao aumento da expressão de metabólitos secundários que, por fim, resultarão em uma maior e/ou melhor produção das defesas induzidas (BHAVANAM; STOUT, 2021; PAUDEL; RAJOTTE.; FELTON, 2014).

Um exemplo de jasmonato é o *cis*-Jasmona, que é produzido a partir do ácido linolênico (DĄBROWSKA; BOLAND, 2007) ao longo da via octadecanóide (DA COSTA *et al.*, 2012). Ao ser descoberto que sua produção ocorre em tecidos vegetativos danificados (Bruce *et al.*, 2003) culminou o interesse em analisar as possíveis funções que ele teria nessa ocasião (BRUCE *et al.*, 2003). Descobriu-se dessa forma, o seu papel como um composto orgânico volátil nas defesas das plantas, podendo atuar tanto como um repelente direto de afídeos, atrator de inimigos naturais (BRUCE *et al.*, 2003) como um sinalizador para outras plantas de ocorrência ou risco eminente de herbivoria, induzido essas para que tenham seus mecanismos de defesa aumentados (BRUCE *et al.*, 2003; DĄBROWSKA; BOLAND, 2007; DISI *et al.*,

2017).

O metil jasmonato (MeJA), um produto da catabolização do ácido jasmônico (BRUCE *et al.*, 2003) que também faz parte da via octadecanóide (WASTERNACK, *et al.*, 2006), vem também sendo bastante estudado a respeito do seu potencial de sinalização e sua possível aplicação para indução das defesas em plantas, tendo sua eficácia já comprovada alguns trabalhos (BHAVANAM; STOUT, 2021; STRAPASSON *et al.*, 2014; SILVEIRA, 2017; ZHANG *et al.*, 2023).

Um exemplo de mecanismo de defesa que, apesar de também ser classificado por muitos autores como uma defesa constitutiva, tem se mostrado capaz de ser induzido por fitohormônios e dano artificial e ter essa indução avaliada quantitativamente e qualitativamente é o néctar extrafloral (NEF) (ABDALA-ROBERTS *et al.*, 2019; CALIXTO *et al.*, 2021; CHINARELLI; NOGUEIRA; LEAL, 2021; HEIL *et al.*, 2000).

O NEF, é uma solução aquosa com diversos compostos orgânicos dissolvidos, dentre eles, principalmente os carboidratos (sendo os principais frutose, glicose e sacarose) e outros, como os aminoácidos e lipídios (BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011; HEIL *et al.*, 2000; PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2016). Ao contrário do que o nome “néctar” pode sugerir, sua função não é a de atrair polinizadores, mas sim, servir como uma recompensa e incentivo para os inimigos naturais se manterem por perto e defenderem a planta (CALIXTO *et al.*, 2021; CHINARELLI; NOGUEIRA; LEAL, 2021; HEIL *et al.*, 2000). Por isso, o NEF é considerado como um exemplo de mecanismo de defesa indireta (PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2016).

Estas alterações em sua produção podem estar tornando o NEF mais valioso e atrativo para os inimigos naturais (CALIXTO *et al.*, 2021; CHINARELLI; NOGUEIRA; LEAL, 2021) e até mesmo influenciar no comportamento de forrageamento e agressividade destes (CALIXTO *et al.*, 2021; LANGE; CALIXTO; DEL-CLARO, 2017), fazendo com que eles escolham forragear as plantas que produzem mais valioso para eles consequentemente aumentando a defesa dessa em comparação com as que não tiveram suas defesas induzidas.

A possibilidade de utilizar técnicas e produtos para induzir defesas de plantas e torná-las mais resistentes a injúria e mais atrativas à inimigos naturais é algo de grande interesse para os produtores rurais (BHAVANAM; STOUT, 2021; HEIL *et al.*, 2000), principalmente aqueles que buscam implementar técnicas de manejo de pragas alternativas que não sejam prejudiciais ao meio ambiente em comparação com agrotóxicos (BHAVANAM; STOUT, 2021; PAUDEL; RAJOTTE.; FELTON, 2014).

Visto que, as próprias defesas das plantas e suas associações aos inimigos naturais estariam garantido uma mitigação de herbívora. Dessa forma, esses produtores podem obter uma alternativa mais eficaz, sustentável e até mais segura para os seres humanos (PAUDEL; RAJOTTE.; FELTON, 2014; PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2016) STRAPASSON *et al.*, 2014).

Com isso em mente, múltiplos trabalhos têm sido realizados visando analisar diversas maneiras de induzir várias espécies plantas com interesse econômico tornando-as mais atrativas à inimigos naturais. Inclusive, usando como parâmetro de indução e atratividade dos inimigos naturais a avaliação da produção qualitativa e quantitativa do NEF, já sendo reportado diferenças quantitativas quando aplicado jasmonatos (CHINARELLI; NOGUEIRA; LEAL, 2021; WILLIAMS; RODRIGUEZ-SAONA; CASTLE DEL CONTE, 2017) e qualitativas e quantitativas quando aplicado dano artificial (CALIXTO *et al.*, 2021; HEIL *et al.*, 2000).

Entretanto, apesar do avanço nessas pesquisas, ainda há plantas que se enquadram nesse perfil, mas que não foram suficientemente investigadas. A mandioca, *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), é um caso exemplar. Trata-se de uma planta de grande importância econômica, que possui mecanismos de defesa naturais como NEF e compostos orgânicos voláteis (PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2016) e é altamente resistente a condições adversas do ambiente, como estresse hídrico e baixa fertilidade do solo. Tornando-a amplamente cultivada em várias regiões, especialmente por pequenos produtores (PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2016; VIGIDAL FILHO *et al.*, 2022).

Em 2021, o Brasil foi o 5º maior produtor mundial de mandioca, sendo a planta classificada como a 4º maior produção nacional no mesmo ano (FAOSTAT, 2021). Ela é utilizada na composição de produtos medicinais, cosméticos, na produção de papel, na indústria de cerveja, para formulação de rações ou servidas *in natura* para ruminantes e, adicionalmente, é amplamente cultivada na China com o intuito na produção de etanol (ZHANG *et al.*, 2023; VIGIDAL FILHO *et al.*, 2022).

Contudo, por ter um crescimento bianual essa planta, de alta importância econômica, é sujeita a diversos ataques de pragas, tendo por volta de 200 espécies de herbívoros associados a ela (BELLOTI; SCHOONHOVEN, 1978) que causam grandes prejuízos a sua cultura (VIGIDAL FILHO *et al.*, 2022).

Portanto, para seu cultivo ser eficiente apenas as suas defesas naturais não são o bastante, tornando necessário a implementação e a busca por novas técnicas de manejo de pragas para combatê-los (VIGIDAL FILHO *et al.*, 2022; ZHANG *et al.*, 2023). Na busca dessas novas

técnicas de manejo de pragas alternativo para mandioca, alguns poucos trabalhos já foram realizados com a tentativa de induzir as defesas da *M. esculenta*, a fim de torná-la mais resistente contra os ataques de seus herbívoros.

Por exemplo, foram realizados testes de atratividade de inimigos naturais e herbívoros a plantas induzidas (BEZERRA, 2022; NASCIMENTO, 2022; PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2018), os efeitos negativos que uma planta induzida causa a ácaros herbívoros (ZHANG *et al.*, 2023), e a capacidade de indução quantitativa de NEF (BEZERRA, 2022). Todos apresentando resultados promissores a respeito da indução de suas defesas, porém ainda necessitando de mais estudos sobre.

Levando em conta uma necessidade por desenvolvimentos de novas técnicas de manejo de pragas em culturas de mandioca, sua importância econômica e a realização de poucos trabalhos sobre a capacidade de indução de suas defesas, principalmente a respeito da produção qualitativa de seu NEF, este trabalho visa analisar se a realização de dano artificial, a aplicação exógena de *cis*-Jasmona ou Metil Jasmonato é capaz de modificar a concentração de sólidos solúveis do néctar extrafloral em *Manihot esculenta*.

2 OBJETIVOS

2.1. Geral

Comparar a concentração de sólidos solúveis do néctar extrafloral (NEF) em plantas de mandioca, *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) em resposta a diferentes maneiras de indução de defesas.

2.2. Específicos

- Comparar a concentração de sólidos solúveis do NEF de plantas sadias e submetidas ao dano artificial.
- Comparar a concentração de sólidos solúveis do NEF de plantas sadias e submetidas à aplicação exógena de *cis*-Jasmona.
- Comparar a concentração de sólidos solúveis do NEF de plantas sadias e submetidas à aplicação exógena de Metil Jasmonato.
- Verificar se existe relação entre o peso da massa seca da parte aérea da mandioca e a concentração de sólidos solúveis de NEF encontrado nela.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Cultivo das mandiocas

De acordo com a metodologia descrita por BEZERRA (2022), foram plantadas manivas de mandioca da variedade Kiriris fornecidas por produtores rurais de São Cristóvão e Lagarto. Essas manivas foram cortadas em tamanhos de aproximadamente 20 cm e colocadas em vasos de 3,6L contendo uma mistura de terra preta, pó de coco (proporções 3:1, respectivamente), 18g de NPK (10% Nitrogênio, 10% Fósforo e 10% Potássio) e uma camada inicial de 3 cm de brita. Os vasos, com as plantas foram posicionados em bancadas de metal dentro de uma casa de vegetação (Fig. 1), na qual também foram registradas a temperatura e umidade ao meio-dia. As plantas foram regadas duas vezes ao dia, às 9 e 16 horas, com uma frequência diária.



Figura 1 - Cultivo em vasos de plantas de mandioca dentro da casa de vegetação.

3.2. Indução do NEF por dano artificial

Foram utilizadas 16 plantas com 4 semanas e 5 dias após o plantio, mantidas na casa de vegetação em uma média de aproximadamente 39°C e 62% de umidade. Essas plantas foram

divididas igualmente em dois grupos com base no seu respectivo tamanho como descrito em Williams, Rodriguez-Saona e Castle Del Conte (2017). Todas foram limpas utilizando água destilada para a retirada do néctar extrafloral acumulado, como já detalhado em outros trabalhos (BEZERRA, 2022; CALIXTO *et al.*, 2021; BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011; HEIL *et al.*, 2000). Após a limpeza, nas plantas destinadas para o tratamento dano artificial realizou-se um corte longitudinal de 50% de suas folhas, sem danificar a nervura central (Fig. 2) enquanto nas plantas destinadas ao tratamento controle nenhuma injúria foi realizada (YAMAWO; SUZUKI, 2018), na mesma ordem que foram limpas. Ignorou-se as folhas muito novas e muito velhas, conforme descrito em BEZERRA (2022).



Figura 2 - Folha de uma planta destinada ao tratamento “dano artificial” após a realização da injúria.

3.3. Indução do NEF por *cis*-Jasmona

Foram utilizadas 17 plantas com 5 semanas de vida, mantidas na casa de vegetação em uma média de aproximadamente 38,5°C e 51% de umidade. Essas plantas foram divididas e limpas da mesma forma descrita na indução por dano artificial. Oito plantas foram destinadas para o tratamento controle nove foram destinadas para o tratamento com *cis*-Jasmona.

As plantas destinadas para o tratamento *cis*-Jasmona tiveram suas folhas borrifadas (Fig. 3) em suas faces abaxiais e adaxiais com 30mL de uma solução de água destilada, 1,43 MM *cis*-Jasmona sintético (peso molecular 164,24) e 0,0001% do surfactante Tween 20 (MACUVELE, 2013). As plantas destinadas ao tratamento controle foram borrifadas com 30mL de uma solução de água destilada e Tween 20 nas mesmas proporções. O uso do surfactante na solução do *cis*-Jasmona foi feito para garantir a emulsificação entre o fitorregulador e a água destilada. O surfactante permaneceu na solução controle para garantir que a diferença entre as respostas seja apenas pela presença do jasmonato.



Figura 3 - Aplicação da solução de *cis*-Jasmona em uma planta de mandioca

3.4. Indução do NEF por Metil Jasmonato

Foram utilizadas 18 plantas com 6 semanas e dois dias de vida, mantidas na casa de vegetação em aproximadamente 35,25 °C e 50,5% umidade. As plantas também foram limpas e divididas da mesma forma descrita na indução por dano artificial.

As plantas destinadas ao tratamento com MeJA foram borrifadas da mesma forma descrita na indução por *cis*-Jasmona, porém foi utilizando 100 ml de uma solução de água destilada, 0,2 MM de MeJA sintético (peso molecular 224,30) e 0,05% de Tween-20 (ZHANG *et al.*, 2023). Já as plantas destinadas ao tratamento controle foram borrifadas apenas com água destilada e Tween-20 nas mesmas proporções. O motivo pelo uso do surfactante tanto na solução controle quanto na MeJA foram os mesmos descritos na indução por *cis*-Jasmona.

3.5. Coleta do NEF

O néctar extrafloral produzido após a aplicação dos tratamentos foi coletado duas vezes, 24h e 72h após a aplicação dos tratamentos, utilizando capilares de vidro de 70µL (Fig. 4), após cada coleta, as mandiocas foram limpas com água destilada novamente para não ficar resquícios do NEF para a próxima coleta. As folhas que foram ignoradas na aplicação dos tratamentos também foram ignoradas durante a coleta. Esses horários foram escolhidos baseado em trabalhos anteriores que verificaram uma maior produção de NEF 24 horas após a indução em outras espécies (ABDALA-ROBERTS *et al.*, 2019) e um pico na produção de compostos orgânicos voláteis de defesa na mandioca 72 horas após a indução (PINTO-ZEVALLOS *et al.*, 2018).

Nos testes de dano artificial em ambos os tratamentos, o néctar extrafloral foi mantido em vials de 2mL em freezer a -18 C para análises de sua concentração de sólidos solúveis dois dias após a primeira coleta. Ambas as coletas foram analisadas utilizando um refratômetro digital de escala Brix (porcentagem de sólidos solúveis) 0-85%.

Já para os testes de *cis*-Jasmona e Metil Jasmonato, suas concentrações foram analisadas imediatamente após a coleta utilizando o refratômetro analógico de mão LH-T90 de escala Brix 0-90% (Fig. 5). Nesses testes as amostras em que o refratômetro era incapaz de ler, devido à baixa quantidade de NEF presente, adicionou-se 1µL de água destilada à amostra, e a concentração obtida a partir dessa foi usada para calcular a concentração de sólidos solúveis inicial, conforme detalhado em Chinarelli, Nogueira e Leal (2021).

A troca do refratômetro digital pelo analógico foi realizada pois o digital provou-se não ideal, uma vez que grande parte das amostras coletadas nos testes de indução por dano artificial

não conseguiram ser analisadas por estarem em uma quantidade volumétrica abaixo do necessário para a leitura do sensor digital.



Figura 4 - Coleta do néctar extrafloral de uma das plantas de mandioca utilizando um tubo capilar de vidro.



Figura 5 - Leitura da concentração de sólidos solúveis do néctar extrafloral de plantas de mandioca utilizando um refratômetro analógico.

3.6. Pesagem da massa seca da mandioca

Em todos os experimentos, um dia após a segunda coleta de NEF de seus respectivos tratamentos, todas as plantas de *M. esculenta* foram cortadas em sua parte acima do solo, com exceção das manivas, ensacadas e colocadas em uma estufa de circulação de ar durante 3 dias. Após esse período, o peso seco das folhas e caule foi medido em balança de precisão.

3.7. Análises estatísticas

Foi realizado modelos GLM com distribuição Poisson em que o software R foi utilizado para a análise estatística dos dados (R CORE TEAM, 2023). Posteriormente, os modelos significativos, considerando um $p \leq 0,05$, foram submetidos à uma análise par a par (pairwise) para verificar a diferença entre os tempos de coleta do NEF e seus tratamentos também considerando um valor de $p \leq 0,05$ como uma diferença significativa (CRAWLEY 2012).

Além disso, a fim de estimar o quanto a massa seca era capaz de explicar a concentração de sólidos solúveis do NEF, também utilizando o software R, foi realizado um modelo linear de regressão bivariada entre as concentrações de 72 horas e o peso da massa seca de suas

respectivas plantas para todas as mandiocas independente do tratamento aplicado a ela, em que também foi adotado um $p \leq 0,05$ como diferença significativa.

4 RESULTADOS

4.1. Indução do NEF por Dano artificial

A partir dos resultados encontrados, não foi possível observar diferença significativa na concentração de sólidos solúveis entre os tratamentos controle e dano artificial ($p = 0,17$) (Fig. 6). Indicando que o dano artificial não foi capaz de induzir uma produção mais concentrada de NEF.

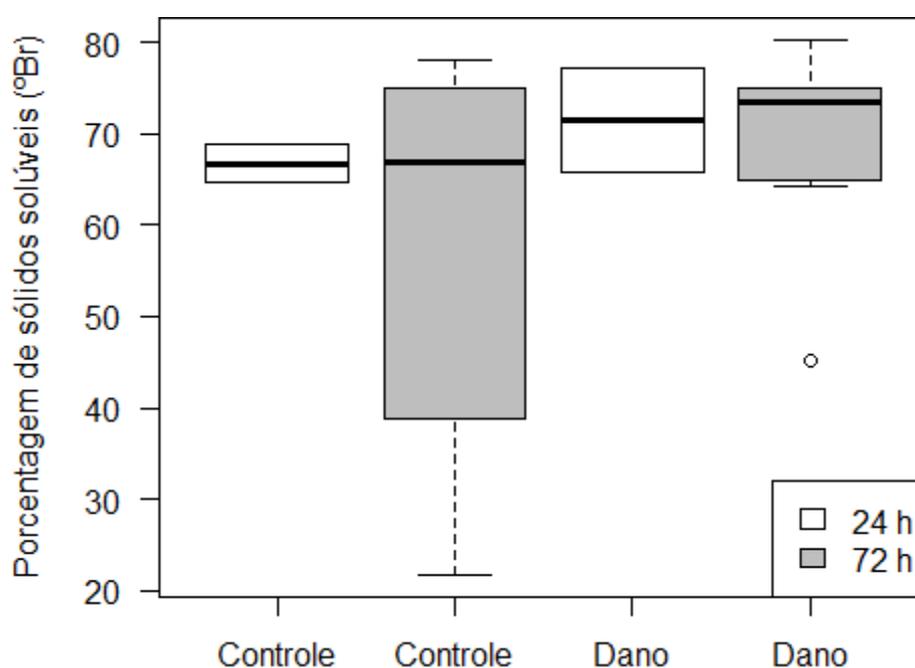


Figura 6 - Porcentagem de sólidos solúveis do néctar extrafloral das mandiocas do tratamento controle e dano artificial, coletado 24 e 72h após aplicação dos tratamentos ($p = 0, 17$)

4.2. Indução do NEF por *cis*-Jasmona

Os resultados referentes a avaliação da indução da concentração de sólidos solúveis do *cis*-jasmona mostraram uma diferença significativa ($p = 0,0002$) (Fig. 7). Indicando assim, que a aplicação exógena de *cis*-Jasmona foi capaz de induzir uma produção mais concentrada do néctar extrafloral em plantas de mandioca.

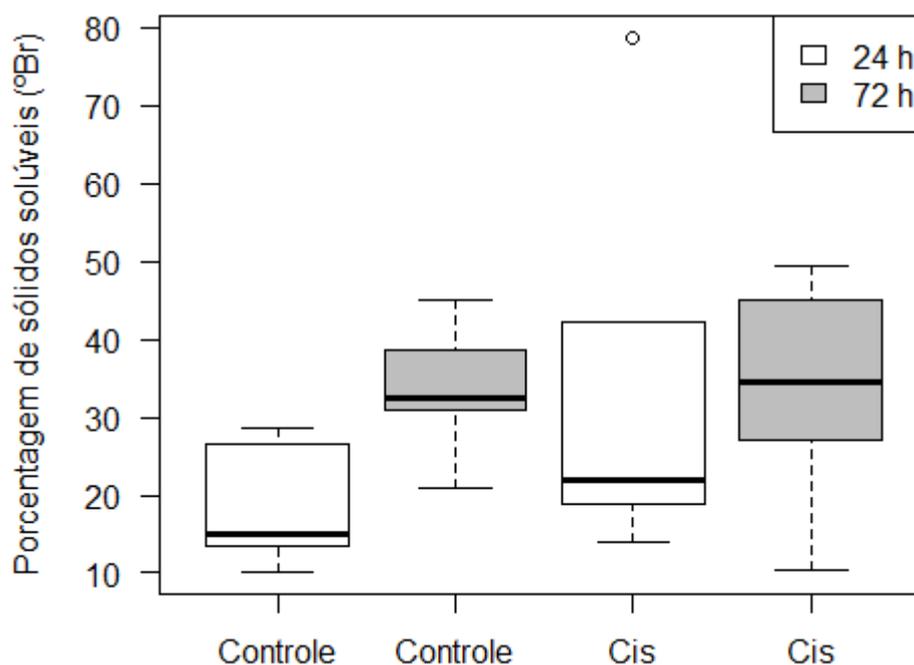


Figura 7 - Porcentagem de sólidos solúveis do néctar extrafloral das mandiocas do tratamento controle e *cis*-Jasmona, coletado 24 e 72h após aplicação dos tratamentos ($p = 0,0002$)

Como foi encontrado diferença significativa foi realizado o teste par a par (pairwise) para a comparação entre os horários de coleta e os tratamentos, em que foi encontrado diferença significativa entre todas as comparações, exceto entre o grupo controle de 24 horas e o *cis*-Jasmona de 72h (Tab. 1).

Tabela 1 - Análise pairwise entre os tratamentos controle e *cis*-Jasmona e os horários de coleta

Análise pairwise	Valor de p
<i>cis</i> -Jasmona 24h – Controle 24h	0,003 *
<i>cis</i> -Jasmona 24h – <i>cis</i> -Jasmona 72h	0,001 *
<i>cis</i> -Jasmona 24h – Controle 72h	<0,0001 *
Controle 24h – <i>cis</i> -Jasmona 72h	0,99
Controle 24h – Controle 72h	0,001 *
<i>cis</i> -Jasmona 72h - Controle 72h	0,003 *

Fonte: Autoria própria (2023)

4.3. Indução do NEF por Metil Jasmonato

A partir dos resultados encontrados referentes ao MeJA, a diferença encontrada foi significativa ($p = 0,004$) (Fig. 8). Ou seja, a aplicação exógena do MeJA também foi capaz de induzir uma produção mais concentrada de sólidos solúveis em NEF de plantas de mandioca.

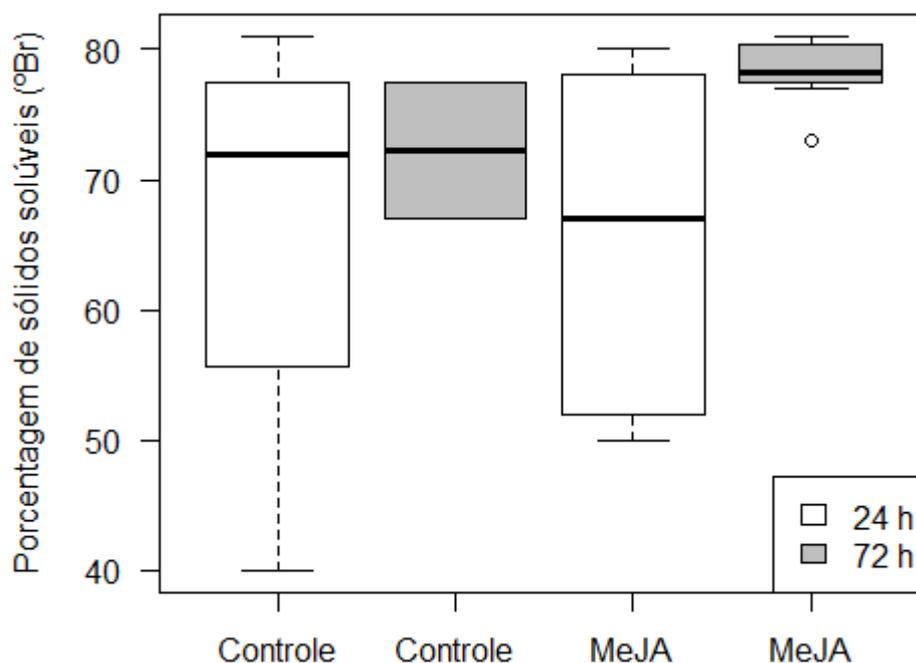


Figura 8 - Porcentagem de sólidos solúveis do néctar extrafloral das mandiocas do tratamento controle e tratamento Metil Jasmonato, coletado 24 e 72 horas após a aplicação dos tratamentos ($p = 0,051$)

Como a diferença deu significativa, foi realizado um teste pairwise para a comparação entre os horários de coleta e seus tratamentos, em que foi encontrado diferença significativa apenas entre 3 desses (Tab. 2).

Tabela 2 - Análise pairwise entre os tratamentos controle e Metil Jasmonato e os horários de coleta

Análise pairwise	Valor de p
Controle 24h – Metil Jasmonato 24h	0,92
Controle 24h – Controle 72h	0,02 *
Controle 24h – Metil Jasmonato 72h	0,02 *
Metil Jasmonato 24h – Controle 72h	0,55
Metil Jasmonato 24h – Metil Jasmonato 72h	0,02 *
Controle 72h – Metil Jasmonato 72h	0,92

Fonte: Autoria própria (2023)

4.4. Relação da massa seca e concentração de NEF

A relação entre a massa seca da planta e sua respectiva concentração de sólidos solúveis de 72 horas apresentou uma diferença significativa ($p = 0,012$, $F = 6,952$). Sendo assim, o peso da mandioca explica a concentração de NEF produzida (Fig. 9) exercendo aproximadamente 15,47% ($r^2 = 0,1547$) de influência sobre a concentração.

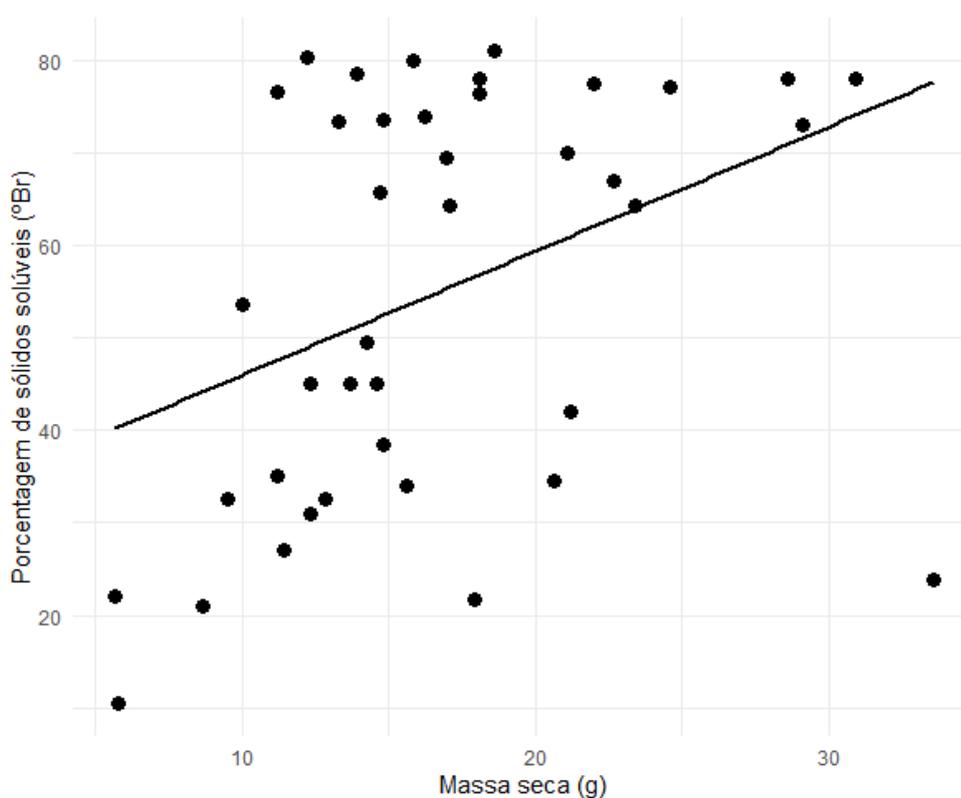


Figura 9 - Modelo linear relacionado a porcentagem de sólidos solúveis do néctar extrafloral de todos os tratamentos de 72h ($p = 0,012$)

5 DISCUSSÃO

A partir dos resultados encontrados neste trabalho é possível concluir que houve alteração na concentração de sólidos solúveis do néctar extrafloral de *M. esculenta* após a aplicação exógena de Metil Jasmonato e de *cis*-Jasmona e que houve diferença entre os horários de coleta. O fato da solução MeJA e o *cis*-Jasmona terem sido capazes de induzir defesas em mandioca nessas concentrações vai de encontro com o trabalho de Zhang e colaboradores (2023) e Nascimento (2022), respectivamente, que foram capazes de induzir outras respostas de defesa em mandioca a partir da mesma solução aplicada.

Outros trabalhos também colaboram com esses resultados, mostrando a capacidade do *cis*-Jasmona de induzir a produção de defesas em outras espécies de plantas (BRUCE *et al.*, 2003; GUTIÉRREZ, 2020), bem como com o MeJA (BHAVANAM; STOUT, 2021; SILVEIRA, 2017), inclusive utilizando a produção quantitativa de NEF com um parâmetro de indução (WILLIAMS; RODRIGUEZ-SAONA; CASTLE DEL CONTE, 2017).

Em complemento a isso, a partir da análise pairwise feita para os fitohormônios podemos observar que ao contrário do que era esperado segundo a literatura (ABDALA-ROBERTS *et al.*, 2019) o NEF ele é encontrado mais concentrado 72h após a aplicação dos tratamentos e não 24h, até mesmo nos tratamentos controle. Uma possível explicação para isso é de que, como houve um maior tempo para a segunda coleta, mais NEF foi produzido e acumulado na planta, porém devido à alta temperatura da casa de vegetação e sua baixa umidade parte da água do NEF pode ter sido perdida tornando o NEF uma solução mais concentrada.

Também foi possível observar que o *cis*-Jasmona foi capaz de induzir uma produção qualitativa maior que o controle em ambas as coletas, mostrando que ele induz o NEF a uma produção mais concentrada 24 e 72 horas após sua aplicação. Mas para o MeJA, essa diferença não foi observada em nenhum dos horários quando comparado com o controle apesar de ter induzido uma maior concentração de NEF, curiosamente.

Acredita-se que possivelmente que a concentração de sólidos solúveis do NEF seja o principal fator responsável por exercer influência sobre inimigos naturais, como as formigas (CHINARELLI; NOGUEIRA; LEAL, 2021). Logo, o fato do tratamento de dano artificial não ser capaz de modificar a produção qualitativa de NEF indicaria que a aplicação desse sobre as plantas de mandioca não tornaria seu NEF mais valioso para inimigos naturais, por isso não iria proporcionar uma melhor defesa. Opostamente, o MeJA e o *cis*-Jasmona em teoria tem a capacidade de tornar as plantas mais atrativas para inimigos naturais por tornarem o NEF mais

valioso para eles, e assim serem melhor protegidas contra herbivoria.

Essa possibilidade demonstra uma possível aplicação desses fitohormônios em um manejo de pragas alternativos para mandioca, algo que seria de imenso valor para sua cultura no Brasil. Entretanto mais estudos ainda são necessários para determinar se a mandioca realmente estaria tendo suas defesas beneficiadas por produzir um NEF mais concentrado.

Vale ressaltar que, o fato do dano artificial não ter sido capaz de induzir a produção qualitativa nas condições desse experimento não necessariamente significa que não é uma maneira viável de induzir outras defesas em *M. esculenta*. Diferentemente do que foi encontrado nesse trabalho, diversas de espécies de plantas tiveram a quantidade e a concentração de sólidos solúveis de seu NEF modificada quando aplicado dano artificial (ABDALA-ROBERTS *et al.*, 2019; CALIXTO *et al.*, 2021; HEIL *et al.*, 2000). Assim, é possível que a realização do dano artificial de uma maneira diferente ou que a variação da intensidade desse possa induzir certas características não observadas nesse estudo, incluindo uma variação na produção qualitativa de NEF.

Todavia, é importante ser notado que sempre haverá uma grande variedade de resultados em pesquisas sobre defesas de planta. Pois, diferentes espécies de planta podem ter diferentes respostas com base em diferentes estímulos utilizados nelas (CALIXTO *et al.*, 2021). Assim, há a possibilidade de que o dano artificial não seja capaz de induzir a concentração de sólidos solúveis do NEF independente da forma ou intensidade que é aplicado em plantas de mandioca. Uma possível razão para isso é que, diferentemente da herbivoria, o dano artificial não possui elicitores. Consequentemente a planta não seria capaz de interpretar como uma ocorrência de herbivoria (CALIXTO *et al.*, 2021).

Para além disso, o fato de ter sido observado uma relação entre a massa seca da planta e a concentração de NEF é algo interessante. O fato de plantas mais bem desenvolvidas serem capazes de produzir mais defesas pode ser algo referente a teoria da defesa ótima, em que uma planta que não tenha se desenvolvido muito dedica mais energia e recursos para seu metabolismo primário do que suas defesas (PAUDEL; RAJOTTE.; FELTON, 2014; WILLIAMS; RODRIGUEZ-SAONA; CASTLE DEL CONTE, 2017). Dessa forma, talvez a aplicação de técnicas e produtos para induzir defesas tivesse mais sucesso em plantas mais desenvolvidas, pois essas estariam se protegendo mais. Apesar de que, trabalhos recentes tem mostrado bastante sucesso na indução até mesmo de sementes (PAUDEL; RAJOTTE.; FELTON, 2014; STRAPASSON *et al.*, 2014; WORRALL *et al.*, 2012).

Por fim, as condições que o atual trabalho foram realizadas também devem ser levadas em conta, talvez a ocorrência de chuvas, a qualidade da casa de vegetação, e variações na temperatura e umidade possam ter influenciado na concentração do NEF presente nas plantas no momento de sua coleta.

No atual trabalho, foi apenas analisado a concentração de sólidos solúveis do néctar extrafloral a fim de aferir se há indução qualitativa desse. Porém, apesar de Heil *et al.* (2000) afirmar que essa seja a melhor maneira de analisar o NEF qualitativamente, é inegável que a riqueza de dados de composição do néctar seja muito superior aos encontrados apenas analisando a concentração de sólidos solúveis. Quando analisado as concentrações os resultados obtidos são referentes principalmente a variação de açúcares, sem distinguir quais, já que esses são os que estão em maiores quantidades na composição (BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011; CALIXTO et al., 2021) e ocasionam em uma maior mudança no índice de refração do NEF. Somado ao fato de que, a variação de certos componentes em específico pode resultar em uma melhora na defesa indireta, como certas formigas que tem a preferência por aminoácidos no NEF de específicas espécies de planta (BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011). Apesar de que os açúcares sejam os componentes presentes em maior quantidade (BIXENMANN; COLEY; KUSKAR, 2011), ainda é possível que uma análise mais detalhada da composição desse mesmo néctar e a análise de como suas alterações afetam seus inimigos naturais talvez provasse algum tipo de variação significativa após a indução no caso do dano artificial ou em relação ao horário de coleta do MeJA, por exemplo.

Tais fatos denotam a necessidade por mais estudos nessa área a respeito de diferentes formas de indução, diferentes intensidades, como esses afetam a concentração de sólidos solúveis do NEF em plantas de mandioca e os seus inimigos naturais associados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados de concentração de sólidos solúveis obtidos pode se concluir que tanto o *cis*-Jasmona quanto o Metil Jasmonato tiveram a capacidade de induzir defesas em *Manihot esculenta* utilizando como parâmetro a análise qualitativa de produção de néctar extrafloral através da análise da sua concentração de sólidos solúveis nas condições do presente trabalho. Em vista disso, considerando as condições e metodologias do presente trabalho, a possível aplicação deste em um manejo integrado de pragas seria viável em teoria, pelo menos de um ponto de vista apenas da qualidade do néctar extrafloral. Outros fatores, como a maneira que o inimigo natural reagiria ainda precisa ser levado em conta. Para isso, ainda é necessário a realização de mais pesquisas a respeito da interação entre a mandioca e seus inimigos naturais mediada por néctar extrafloral de plantas induzidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA-ROBERTS, L. *et al.* **Effects of amount and recurrence of leaf herbivory on the induction of direct and indirect defences in wild cotton.** *Plant biology* (Stuttgart, Germany), v. 21, n. 6, p. 1063–1071, Nov. 2019. DOI 10.1111/plb.13022
- BELLOTI, A.; SCHOONHOVEN, A. V. **Mite and insect pests of cassava.** *Annual Review of Entomology*, v. 23, p. 39-67. DOI <https://doi.org/10.1146/annurev.en.23.010178.000351>
- BEZERRA, R. H. S. **Indução de defesa indireta em mandioca e sua ação sobre o comportamento de ácaros herbívoros e predadores.** 2022. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Sergipe [s.l.], 2022.
- BHAVANAM, S.; STOUT, M. **Seed treatment with jasmonic acid and methyl jasmonate induces resistance to insects but reduces plant growth and yield in rice, *Oryza sativa*.** *Frontiers in Plant Science*, v. 12, artigo 691768, Ago. 2021. DOI 10.3389/fpls.2021.691768.
- BIXENMANN, R. J.; COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. **Is extrafloral nectar production induced by herbivores or ants in a tropical facultative ant-plant mutualism?** *Oecologia*, v. 165, p. 417–425, Set. 2011. DOI 10.1007/s00442-010-1787-x.
- BRUCE, T. J. A. *et al.* ***cis*-Jasmone treatment induces resistance in wheat plants against the grain aphid, *Sitobionavenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae).** *Pest management Science*, v. 59, n. 9, p. 1031–1036, Jun. 2003. DOI 10.1002/ps.730.
- CALIXTO, E. S. *et al.* **Optimal Defense Theory in an ant–plant mutualism: Extrafloral nectar as an induced defence is maximized in the most valuable plant structures.** *The Journal of ecology*, v. 109, n. 1, p. 167–178, Jun. 2021. DOI 10.1111/1365-2745.13457.
- CHINARELLI, H. D.; NOGUEIRA, A.; LEAL, L. C. **Extrafloral nectar production induced by simulated herbivory does not improve ant bodyguard attendance and ultimately plant defence.** *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 135, p. 429-446, Dez. 2021. DOI <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blab159>.
- CRAWLEY, M. J. **The R Book.** 2. ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2013.
- DA COSTA, J. G. *et al.* ***Cis*-jasmona: Alternativa Promissora para o Controle do Pulgão *Aphis gossypii* em Plantios Protegidos de Pimentão.** Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 125, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79744/1/Cot-125.pdf>. Acesso em: 22 de Abr. 2023.
- DA BROWSKA, P.; BOLAND, W. ***iso*-OPDA: An Early Precursor of *cis*-Jasmone in Plants?** *Chemistry Europe*, v. 8, n. 18, p. 2281–2285, Dec. 2007. DOI 10.1002/cbic.200700464.
- DISI, J. O. *et al.* ***cis*-Jasmone primes defense pathways in tomato via emission of volatile**

organic compounds and regulation of genes with consequences for *Spodoptera exigua* oviposition. *Arthropod-plant interactions*, v. 11, p. 591–602, Mar. 2017. DOI 10.1007/s11829-017-9503-y.

HEIL, M. *et al.* **Temporal, spatial and biotic variations in extrafloral nectar secretion by *Macaranga tanarius*: EFN secretion in *Macaranga tanarius*.** *Functional ecology*, v. 14, n. 6, p. 749–757, Dez. 2000. DOI 10.1046/j.1365-2435.2000.00480.x

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database, 2021. Disponível em <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 18 de Ago. 2023.

LANGE, D.; CALIXTO, E. S.; DEL-CLARO, K. **Variation in extrafloral nectary productivity influences the ant foraging.** *PloS one*, v. 12, n. 1, p. 1-13, Jan. 2017. DOI 10.1371/journal.pone.0169492.

GUTIÉRREZ, M. A. M. **(cis)-Jasmona como indutor de resistência em *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae) para o *Aphis craccivora* Koch 1854 (Hemiptera: Aphidae).** 2020. Dissertação (Mestrado em: Ciências). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2020. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/7869>. Acesso em 13 de Out. de 2023.

MACUVELE, D. L. P. **Ativação de mecanismo de defesa vegetal do feijão caupi vignaunguiculata (L.) Walp. (FABACEAE) pela cis-jasmona para resistencia ao pulgão preto, aphiscraccivora (hemíptera aphididae), koch 1854.** 2013. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/riufal/3849>. Acesso em: 18 de Ago. 2023.

NASCIMENTO, O. G. V. **Indução de defesa indireta em mandioca por meio da aplicação de cis-Jasmona.** 2022. Monografia (Bacharelado em Ecologia) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe 2022.

PAUDEL, S.; RAJOTTE, E. G.; FELTON, G. W. **Benefits and costs of tomato seed treatment with plant defense elicitors for insect resistance.** *Arthropod-plant interactions*, v. 8, n. 6, p. 539–545, Out. 2014. DOI 10.1007/s11829-014-9335-y.

PINTO-ZEVALLOS, *et al.* **Species- and density-dependent induction of volatile organic compounds by three mite species in cassava and their role in the attraction of a natural enemy.** *Experimental and Applied Acarology*, v. 74, p. 261-274, Fev. 2018. DOI <https://doi.org/10.1007/s10493-018-0231-5>.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 23 de Out. 2023.

SILVEIRA, E. C. da. Efeito da aplicação exógena de jasmonato e salicilato de metila na indução de defesas direta e indireta a *Tetranychusurticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em tomateiro *In: Defesas direta e indireta contra *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) em tomateiros tratados com indutores.* 2017. Tese (Doutorado em

Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/13271>. Acesso em: 18 de Abr. 2023.

STRAPASSON, P. *et al.* **Enhancing plant resistance at the seed stage: low concentrations of methyl jasmonate reduce the performance of the leaf miner *Tuta absoluta* but do not alter the behavior of its predator *Chrysoperla externa*.** Journal of Chemical Ecology, v. 40, n. 10, p. 1090–1098, Out. 2014. DOI 10.1007/s10886-014-0503-4.

VIGIDAL FILHO, P. S. *et al.* **Mandioca.** 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2022.

WASTERNAK, C; *et al.* **The wound response in tomato – Role of jasmonic acid.** Journal of Plant Physiology, v. 163, n. 3, p. 297-306, Fev. 2006. DOI 10.1016/j.jplph.2005.10.014.

WILLIAMS, L., 3rd; RODRIGUEZ-SAONA, C.; CASTLE DEL CONTE, S. C. **Methyl jasmonate induction of cotton: a field test of the “attract and reward” strategy of conservation biological control.** AoB plants, v. 9, n. 5, p. lx032, Jul. 2017. DOI 10.1093/aobpla/plx032.

WORRALL, D. *et al.* **Treating seeds with activators of plant defence generates longlasting priming of resistance to pests and pathogens.** New Phytologist Foundation, v. 193, n. 3, p. 770–778, Dez. 2012. DOI 10.1111/j.1469-8137.2011.03987.x.

YAMAWO, A.; SUZUKI, N. **Induction and relaxation of extrafloral nectaries in response to simulated herbivory in young *Mallotus japonicus* plants.** Journal of plant research, v.131, n. 2, p. 255-260, Mar. 2018. DOI 10.1007/s10265-017-0988-3.

ZHANG, Y. *et al.* **Exogenous methyl jasmonate induced cassava defense response and enhanced resistance to *Tetranychus urticae*.** Experimental & applied acarology, v. 89, n. 1, p. 45–60, Jan. 2023. DOI <https://doi.org/10.1007/s10493-022-00773-0>.