



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

Daniel de Almeida Carreiro

**FENPROPIMORFE NO MANEJO DA FLORAÇÃO EM MANGUEIRA**  
**‘TOMMY ATKINS’ NO SEMIÁRIDO**

Petrolina-PE

2020

**Daniel de Almeida Carreiro**

**FENPROPIMORFE NO MANEJO DA FLORAÇÃO EM MANGUEIRA  
'TOMMY ATKINS' NO SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante  
Coorientador: Prof. Dr. Vespasiano Borges de Paiva Neto

Petrolina-PE

2020

C314f Carreiro, Daniel de Almeida

Fenpropimorfe no manejo da floração em mangueira 'Tommy Atkins' no semiárido / Daniel de Almeida Carreiro. - Petrolina - PE, 2020.

71f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante.

Inclui referências.

1. Manga – Cultivo. 2. Regulador de crescimento. 3. Maturação de ramos. 4. Acúmulo de reservas. 5. Indução floral. I. Título. II. Cavalcante, Ítalo Herbert Lucena. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 634.44



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

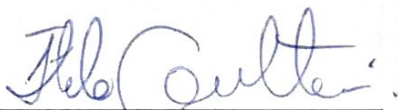
Daniel de Almeida Carreiro

FENPROPIMORFE NO MANEJO DA FLORAÇÃO EM MANGUEIRA 'TOMMY  
ATKINS' NO SEMIÁRIDO

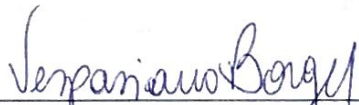
Dissertação apresentada como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Agronomia –  
Produção Vegetal, pela Universidade  
Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 04 de Março de 2020.

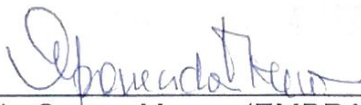
**Banca Examinadora**



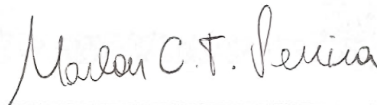
Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante (CCA/UNIVASF)  
(Orientador)



Prof. Dr. Vespasiano Borges de Paiva Neto (CCA/UNIVASF)  
(Coorientador)



Dra. Maria Aparecida Carmo Mouco (EMBRAPA SEMIÁRIDO)  
(Membro externo)



Prof. Dr. Marlon Cristian Toledo Pereira (CCET/UNIMONTES)  
(Membro externo)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todo o amor, cuidado e sabedoria concedidos a mim.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal (PPGA-PV) pela oportunidade de realização do mestrado.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado do Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de estudo.

A Fazenda Aja Agrícola pela disponibilidade da área para a realização do primeiro experimento, em especial a Josevan e Erisvaldo pela proatividade em ajudar sempre que necessário.

A FRUTAVI/ARGOFRUTA pela disponibilidade da área para a realização do segundo experimento, em especial Júnior e Jailton que sempre colaboraram com informações e ideias para o trabalho.

A empresa BASF pelo interesse e apoio para a realização da pesquisa.

A Central de Análises de Fármacos, Medicamentos e Alimentos (CAFMA) da UNIVASF, na pessoa da professora Dra. Larissa Araújo Rolim pela disponibilidade da estrutura e auxílio na interpretação das análises. A Isabela Araújo e Amariz por toda a disponibilidade, atenção e proatividade na realização das análises de ácido giberélico e interpretação dos dados.

Ao Laboratório de Fisiologia Vegetal (LAFIVE) na pessoa da Prof<sup>a</sup>. Dra. Marcelle Almeida da Silva da UNIVASF pela disponibilização da estrutura para realização e interpretação de parte das análises.

Ao Laboratório de Análises de Planta e Solo (LAPS) da UNIVASF, em especial a Laura Paula, Talison Sousa e Kátia Araújo pelo auxílio nas análises de solo.

A minha mãe Maria de Almeida Carreiro por todo amor, apoio e exemplos transmitidos para construção da pessoa que sou hoje.

A minha irmã Daniele de Almeida Carreiro e toda a minha família por toda consideração e apoio nesse caminho trilhado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante por toda a confiança, conhecimento e exemplo profissional transmitidos, que sem sombra de dúvidas me ajudaram no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Vespasiano Borges de Paiva Neto por todo conhecimento e exemplo profissional transmitidos.

A Dra. Maria Aparecida Carmo Mouco e ao Dr. Marlon Cristian Toledo Pereira por toda a disponibilidade e contribuições na parte escrita do trabalho.

Às minhas grandes amigas Alana Juliete da Silva Santos e Luciana Guimarães Sanches, com as quais compartilhei ótimos momentos tendo a oportunidade de aprender muitas coisas e me tornando uma pessoa melhor.

A Jackson Teixeira Lobo por todas as contribuições na parte escrita e a Jenilton Gomes da Cunha pelo auxílio na interpretação estatística dos dados.

A Renata Araújo e Amariz pela parceria em todo o projeto e amizade construída, bem como pela contribuição no desenvolvimento escrito do trabalho.

A todos que contribuíram para a realização desse trabalho, em especial Luciana Sanches, Alana Juliete, Renata Amariz, Jackson Lobo, Jenilton Cunha, Franciele Miranda, Jasmine Sena, Vanuza Souza, Laiane Eugênia, Jaynne Lino, Alberto Filho, Walber Félix, Mateus Granja, Jéssica Siqueira, Mayara Lima, Raphael Jovino e Jonatha Linhares.

Ao grupo de pesquisa Fruticultura no Vale do São Francisco (FRUTVASF) pelo acolhimento e convívio ao decorrer do mestrado.

A todas as amizades construídas nesse período de tempo fora do experimento, em especial Liliane Sardeiro pelas conversas e momentos de descontração.

A todos que torceram por mim e contribuíram de forma direta ou indireta para que esse caminho fosse trilhado, meu muito obrigado.

## RESUMO

Fenpropimorfe é uma molécula do grupo químico das morfolinas que possui efeito na síntese de esteróis e precursão hormonal, apresentando potencial para a inibição da biossíntese de giberelinas na cultura da mangueira, atualmente dependente de apenas uma molécula para essa finalidade. Objetivou-se avaliar os efeitos do fenpropimorfe no crescimento, trocas gasosas e biossíntese de ácido giberélico da mangueira cv. Tommy Atkins no semiárido. Foram realizados dois experimentos em pomares de mangueira 'Tommy Atkins' no primeiro ciclo produtivo entre setembro de 2018 e janeiro de 2019 (primeiro experimento) e entre setembro de 2019 e janeiro de 2020 (segundo experimento) em Petrolina-PE, Brasil. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo, 4 x 4 + 1, com quatro repetições. As parcelas corresponderam às doses de fenpropimorfe: 0,0; 0,7; 1,0 e 1,3 g por metro linear de diâmetro da copa mais o tratamento adicional paclobutrazol (1,0 g por metro linear de diâmetro da copa), e as subparcelas corresponderam às datas de avaliação (0, 30, 60 e 90 dias após a primeira aplicação dos tratamentos). Foram avaliados: fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), transpiração (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenoides, amido no ramo; ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) nas gemas apicais, carboidratos solúveis totais (CST) na folha e no ramo; comprimento de ramo (CR), aminoácidos, proteínas foliares e porcentagem de florescimento. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F, sendo que havendo significância, foi aplicado teste de Tukey para comparação entre os tratamentos e análise de regressão para as doses de fenpropimorfe ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos influenciaram significativamente as trocas gasosas e acúmulo de reservas a depender da estratégia de aplicação, havendo influência das datas de avaliação sobre quase todas as variáveis analisadas e interação entre os fatores sobre os teores de ácido giberélico e aminoácidos foliares. Fenpropimorfe é eficiente na inibição da biossíntese de GA<sub>3</sub>, promovendo aumento da transpiração e acúmulo de reservas, não interferindo nos teores de pigmentos fotossintéticos, crescimento e florescimento de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido, contudo, mais estudos devem ser realizados a fim de ajuste da dose em conjunto com a estratégia de maturação de ramos adequados para a condição semiárida tropical.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L. Regulador de crescimento. Maturação de ramos. Acúmulo de reservas. Indução floral.



## ABSTRACT

Fenpropimorph is a molecule of the chemical group of morpholines that effects synthesis of sterols and hormonal precursor, presenting potential for inhibiting the biosynthesis of gibberellins in the mango crop, currently dependent on only one molecule for this purpose. The objective of this study was to evaluate the effects of fenpropimorph on growth, gas exchange and biosynthesis of gibberellic acid from mango cv. Tommy Atkins in the semi-arid. Two experiments were carried out in 'Tommy Atkins' mango orchards in the first production cycle between September of 2018 and January of 2019 (first experiment) and between September of 2019 and January of 2020 (second experiment) in Petrolina-PE, Brazil. The experimental design adopted was randomized blocks in plots subdivided over time, 4 x 4 + 1, with four replications. The plots corresponded to the doses of fenpropimorph: 0.0; 0.7; 1.0 and 1.3 g per linear canopy diameter plus the additional treatment paclobutrazol (1.0 g per linear canopy diameter), and the subplots corresponded to the evaluation dates (0, 30, 60 and 90 days after the first application of treatments). Were evaluated: liquid photosynthesis ( $A$ ), stomatal conductance ( $g_s$ ), internal  $CO_2$  concentration ( $C_i$ ), transpiration ( $E$ ), water use efficiency ( $WUE$ ), chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, starch in the shoot, gibberellic acid ( $GA_3$ ) in apical buds, total soluble carbohydrates (TSC) in the leaf and shoot, shoot length (SL), amino acids, leaf proteins and percentage of flowering uniformity. The data obtained were subjected to analysis of variance by the F test, and if there was significance, Tukey's test was applied to compare treatments and regression analysis for fenpropimorph doses ( $p < 0.05$ ). The treatments significantly influenced gas exchange and accumulation of reserves depending on the application strategy, there is influence of the evaluation dates on almost all the variables analysed and, with interaction between the factors on the levels of gibberellic acid and leaf amino acids. Fenpropimorph is efficient in inhibiting the biosynthesis of  $GA_3$ , promoting an increase in stomatal conductance, transpiration and accumulation of reserves, without interfering in the levels of photosynthetic pigments, growth and flowering of the 'Tommy Atkins' mango grown in the semi-arid region, however, further studies should be performed in order to adjust the dose in conjunction with the maturation strategy of shoot suitable for the tropical semi-arid condition.

**Keywords:** *Mangifera indica* L. Growth regulator. Shoot maturation. Accumulation of reserves. Flower induction.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Precipitação pluviométrica acumulada, temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global médios registrados no primeiro (A) e segundo experimento (B). Petrolina-PE. ....25
- Figura 2.** Segundo fluxo vegetativo desenvolvido após a poda de produção em mangueira 'Tommy Atkins' no semiárido. Petrolina-PE. ....27
- Figura 3.** Eficiência do uso da água (EUA) em função das doses de fenpropimorfe no segundo experimento (2019).....35

### CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Precipitação pluviométrica acumulada, temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global médios registrados no primeiro (A) e segundo experimento (B). Petrolina-PE. ....47
- Figura 2.** Segundo fluxo vegetativo desenvolvido após a poda de produção em mangueira 'Tommy Atkins' no semiárido.....49
- Figura 3.** Cromatograma do padrão de ácido giberélico analisado no comprimento de onda de 206 nm. ....52
- Figura 4.** Cromatograma das amostras contendo o ácido giberélico analisado no comprimento de onda de 206 nm.....52
- Figura 5.** Teor de amido no ramo em mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos e datas de avaliação no segundo experimento. Petrolina-PE. ....56
- Figura 6.** Teor de ácido giberélico em gemas de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos e datas de avaliação (A) e aos 90 DA em função das doses de fenpropimorfe ( $F_c = 2,37$ ) (B) no primeiro experimento (2018/2019). Petrolina-PE. ....56
- Figura 7.** Carboidratos solúveis totais (CST) foliares em função de doses de fenpropimorfe aos 60 DA ( $F_c = 2,70$ ) (A) e CST no ramo em função das doses de fenpropimorfe ( $F_c = 4,87$ ) (B) no primeiro experimento (2018/2019). Petrolina-PE. .59
- Figura 8.** Comprimento de ramo (cm) de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos e datas de avaliação no primeiro (A) e segundo experimento (B). Petrolina-PE.....61
- Figura 9.** Aminoácidos totais de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos e datas de avaliação no primeiro experimento (A), segundo experimento (B) ( $F_c=4,24$ ) e em função das doses aos 60 DA no segundo experimento. Petrolina-PE. .... 63

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Caracterização química, textural e de matéria orgânica do solo cultivado com mangueira 'Tommy Atkins' nos experimentos 1 e 2, respectivamente. ....26
- Tabela 2.** Síntese da análise de variância (valor 'F') para as variáveis fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), transpiração (*E*) e eficiência do uso da água (*EUA*) em função de tratamentos e datas de avaliação. ....30
- Tabela 3.** Síntese da análise de variância para as variáveis clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides em função de tratamentos e datas de avaliação. ....36

### CAPITULO 3

- Tabela 1.** Caracterização química, textural e de matéria orgânica do solo cultivado com mangueira 'Tommy Atkins' nos experimentos 1 e 2, respectivamente. ....48
- Tabela 2.** Sistema gradiente utilizado nas análises por CLAE-DAD. ....53
- Tabela 3.** Análise de variância (valor 'F') para amido solúvel no ramo, ácido giberélico, carboidratos solúveis totais (CST) em ramo e em folha de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos (TRAT) e datas de avaliação (DA). ....54
- Tabela 4.** Análise de variância (valor 'F') para comprimento de ramo (CR), aminoácidos totais, proteínas totais e florescimento de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos (TRAT) e datas de avaliação (DA). ....60

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 .....	9
1. INTRODUÇÃO .....	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2. 1. A cultura da mangueira .....	11
2.2. Florescimento da mangueira.....	12
2.3. Uso de inibidores da biossíntese de giberelina na cultura da mangueira .....	14
3. REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO 2 .....	21
TROCAS GASOSAS E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE MANGUEIRA 'TOMMY ATKINS' EM FUNÇÃO DO USO DE FENPROPIMORFE.....	21
RESUMO.....	21
ABSTRACT .....	22
1. INTRODUÇÃO .....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4. CONCLUSÕES .....	38
5. REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO 3 .....	43
ACÚMULO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS, BIOSÍNTESE DE ÁCIDO GIBÉRELICO E FLORESCIMENTO DE MANGUEIRA EM FUNÇÃO DO USO DE FENPROPIMORFE .....	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT .....	44
1. INTRODUÇÃO .....	44
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4. CONCLUSÕES .....	66
5. REFERÊNCIAS.....	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	71

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o sétimo maior produtor mundial de manga, com produção anual de 1.319.296 toneladas em uma área de 65.646 hectares, e rendimento médio de 20,097 t/ha (IBGE, 2019), com destaque para a região do Vale do São Francisco, responsável por cerca de 90% das exportações dessa fruta (COMEX STAT, 2019).

A mangueira é uma espécie que possui acentuada produção de giberelinas, especialmente quando cultivada em clima tropical (SANDIP et al., 2015). A giberelina é um fitormônio que promove alongamento celular, estimulando o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, favorecendo a brotação dos ramos e a supressão da floração na mangueira (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010). Sendo assim, os produtores têm adotado o uso de biorreguladores com a finalidade de inibir o crescimento vegetativo e auxiliar no estímulo do florescimento da cultura.

Atualmente, há apenas uma molécula registrada com a finalidade de inibição da síntese de giberelinas para a cultura da mangueira (AGROFIT, 2020). O paclobutrazol [(2RS,3RS)-1-(4-clorofenil)-4,4-dimetil-2-(1H-1,2,4,-triazol-1-yl)pentan-3-ol] (PBZ) é uma molécula do grupo dos triazóis com ação fungicida e que apresenta efeito regulador no crescimento vegetativo da mangueira (RADEMACHER, 2016). Contudo, apesar da sua eficiência, observa-se que a aplicação dessa molécula possui algumas desvantagens, principalmente devido ao seu alto poder residual no solo, que pode trazer efeitos maléficis à microbiota e conseqüente fertilidade do solo, com altas doses promovendo compactação das panículas (SRILATHA et al., 2014).

Nesse sentido, estudos vêm sendo desenvolvidos visando a recomendação de novas alternativas para o manejo floral da mangueira. Tahir et al. (2002) avaliando o efeito da pulverização de daminozide, cloreto de chlormequat (CCC) e PBZ em mangueira 'Langra', observaram melhores resultados na redução de emissão de fluxos vegetativos quando comparado ao controle, contudo o PBZ apresentou mais eficiência. Mouco et al. (2011) observaram que Prohexadione-Ca + PBZ foram eficientes no controle do crescimento vegetativo de mangueira 'Kent', enquanto Silva et al. (2014) concluíram que 6 g L<sup>-1</sup> de uniconazol (UCZ) via solo foi

eficiente para o mesmo fim em mangueira 'Palmer', ao passo que Cavalcante et al. (2020) reportam eficiência do metconazol na inibição da biossíntese de giberelinas na mesma variedade no semiárido, contudo com modo de ação diferente do PBZ.

Outra molécula que pode apresentar efeito positivo para a inibição da biossíntese de giberelinas é o fenpropimorfe, uma morfolina que atua sobre a rota de biossíntese de compostos nas membranas celulares, inibindo diferentes enzimas quando comparado aos triazóis. De acordo com Carlile (2006), o fenpropimorfe é um potente inibidor de ergosterol em duas fases da sua rota metabólica, o que possui importância prática, devido ao efeito prolongado da molécula em relação aos triazóis. Os mesmos autores reportam ainda que, de forma semelhante a isômeros triazóis, as morfolinas (dentre as quais se inclui o fenpropimorfe) podem interferir na biossíntese de esterol e/ou giberelinas em algumas espécies vegetais, dentre as quais a grama (*Poa annua* L.) (RAMOUTAR et al., 2010), o que constitui um indicativo que o fenpropimorfe deve ser estudado com mais profundidade e especificamente para a mangueira, uma cultura de grande expressão no agronegócio e cuja sincronização da floração em condições tropicais praticamente se inviabiliza sem o uso de inibidores de giberelina.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do fenpropimorfe no crescimento, trocas gasosas e biossíntese de giberelina da mangueira cv. Tommy Atkins no semiárido.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2. 1. A cultura da mangueira

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma espécie pertencente à família Anacardiaceae, apresentando um fruto bastante apreciado e sendo cultivada extensivamente em regiões tropicais e subtropicais. Acredita-se que o centro de origem da mangueira seja o sudeste asiático, sendo posteriormente introduzida na África e no Brasil e por fim alcançando distribuição cosmopolita (SANTOS et al., 2008).

Atualmente, a manga possui grande importância econômica para o Brasil, sendo a segunda fruta mais exportada em quantidade e a primeira em valor (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019). A produção dessa cultura está concentrada principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste, responsáveis por 76,30% e 22,87% da produção nacional, respectivamente (IBGE, 2019).

O Vale do São Francisco, polarizado pelos municípios de Juazeiro-BA/Petrolina-PE, caracteriza-se como uma região semiárida, com precipitação pluviométrica média anual inferior a 500 mm (ALVARES et al., 2013), destacando-se na exploração dessa cultura. No ano de 2018, foram produzidas 515.118 toneladas de manga com rendimento médio de 31,20 t/ha, correspondendo a 39,04% da produção nacional (IBGE, 2019). Dentre as variedades cultivadas na região, destacam-se Tommy Atkins, Palmer, Kent, Keitt, Haden, observando-se recentemente a introdução de variedades Israelenses, como a Noá, Omer, Agam e Shelly (informações não publicadas).

A variedade Tommy Atkins apresenta características favoráveis à sua comercialização, caracterizando-se por apresentar frutos com coloração avermelhada, polpa de textura firme, resistência a danos mecânicos, sabor agradável e poucas fibras (ARAÚJO et al., 2017). Nesse sentido, estima-se que atualmente seja a segunda variedade mais produzida na região do Vale do São Francisco, representando cerca de 30% da área colhida (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2019).

Em condições semiáridas, especialmente no Vale do São Francisco, atualmente tem-se obtido produção uniforme com elevadas produtividades em todas as épocas do ano por meio do manejo de florescimento da mangueira, sendo nesse

sentido, adotadas técnicas como utilização de inibidores da biossíntese de giberelina, estresse hídrico, maturação de ramos e aplicação de sais de nitrato (DAVENPORT, 2003; CAVALCANTE et al., 2018).

## 2.2. Florescimento da mangueira

Na mangueira, a iniciação é a primeira fase para o processo de floração, caracterizando-se pela quebra de dormência da gema, alta divisão e alongamento celular, sendo que a depender das condições e fatores envolvidos na indução, o broto poderá ser vegetativo, reprodutivo ou misto (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010). Acredita-se que essa indução ocorra por meio da interação entre um promotor florigênico (PF), sintetizado nas folhas e translocado via floema para os botões apicais, e um promotor vegetativo (PV), provavelmente sendo uma giberelina ou estando associado a via de síntese desse hormônio (DAVENPORT, 2007). Em condições subtropicais, baixas temperaturas (18 °C dia/10 °C noite) determinam o processo de floração, enquanto em condições de clima tropical, a idade do último fluxo vegetativo é o fator mais determinante para a diferenciação floral (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010). Além da relação PF/PV, outros fatores podem influenciar a diferenciação do broto da mangueira, como características genéticas, estado nutricional, balanço hormonal, acúmulo de compostos orgânicos, fenóis, aminoácidos e enzimas (TIWARI et al., 2018).

Em relação a influência genética no processo de diferenciação floral na mangueira, sabe-se que há diferenças entre as variedades, principalmente por que elas apresentam velocidade de crescimento vegetativo diferentes, o que irá interferir no tempo necessário para atingir a maturidade fisiológica dos ramos, condição fundamental à indução floral (DAVENPORT; NUÑEZ-ELISEA, 1990). Outro fator importante parece ser a expressão e silenciamento de determinados genes para que ocorra o florescimento. Nakagawa et al. (2012) observaram que a expressão do gene *MiFT* isolado de mangueiras 'Irwin' foi mais evidenciada no florescimento das plantas, provavelmente apresentando relação antagônica com a via de síntese das giberelinas, sendo que o decréscimo desse hormônio favoreceu a expressão desse gene. YuJuan et al. (2018) avaliando o transcriptoma de mangueira em dois estágios de diferenciação floral, observaram cerca de 247 vias metabólicas envolvidas nesse



processo. Nesse sentido, esta área tem se mostrado promissora para o entendimento das especificidades dessas fases.

Para os fatores nutricionais, observa-se que elevados teores foliares de nitrogênio (N) tendem a favorecer a emissão de fluxos vegetativos, sendo necessário manter os demais nutrientes em níveis adequados para o momento de indução floral (DAVENPORT, 2003). Quaggio et al. (1996) a partir de uma compilação de dados na literatura, sugerem níveis considerados críticos, adequados e excessivos para cada nutriente na cultura da mangueira, sendo que especificamente para o nitrogênio, os autores sugerem níveis adequados entre 12 e 14 g kg<sup>-1</sup>, enquanto que Davenport (2003) sugere níveis entre 11 e 14 g kg<sup>-1</sup> no momento de indução floral. Contudo, observa-se que essa faixa ótima pode variar a depender da variedade cultivada e condições ambientais. O íon potássio (K<sup>+</sup>) por sua vez interfere na relação K/N, favorecendo a maturidade fisiológica do ramo e aumentando a fertilidade da gema (COUTINHO et al., 2016), enquanto o enxofre (S) é precursor da metionina, aminoácido essencial na produção de etileno (TAIZ et al., 2017), hormônio que contribuirá para a maturação do ramo na pré-indução floral (CAVALCANTE et al., 2018).

Para o balanço hormonal, outras respostas parecem estar envolvidas para a diferenciação floral, além da redução dos níveis de giberelina. Upreti et al. (2013) avaliando o efeito da aplicação do paclobutrazol nas relações hormonais de mangueira, observaram que o composto além de reduzir os níveis de giberelina, aumentou os níveis de citocinina e ácido abscísico para induzir respostas de floração nas plantas. Em relação a auxina, há controvérsias na literatura, sendo que Kumar et al. (2014) avaliando a influência da época do ano na floração de diferentes variedades de manga, observaram decréscimo da atividade da enzima ácido-3-indolacético (AIA) oxidase na fase de diferenciação floral, o que indicaria acúmulo desse hormônio, contudo Burondkar et al. (2016) avaliando alterações hormonais durante o florescimento de mangueira 'Alphonso', observaram que houve decréscimo de auxina em resposta ao paclobutrazol. Para o etileno, parece não haver correlação direta entre a concentração desse hormônio nos brotos e/ou folhas com o processo de floração (DAVENPORT; NUNEZ-ELISEA, 1990), contudo, esse hormônio parece atuar na inibição do transporte polar de auxina (BANGERTH,

2006), sendo essencial para a maturação do ramo, que conseqüentemente favorece a floração em condições tropicais.

Outro fator importante para o florescimento diz respeito a produção e acúmulo de fotoassimilados pela planta. Protacio et al. (2000) observaram uma relação positiva entre o acúmulo de amido (carboidrato de reserva) e a floração, sendo que a disponibilidade de carboidratos é necessária para que o broto atinja a maturidade fisiológica com posterior quebra da dormência (SINGH; SHARMA, 2008), possivelmente podendo atuar na redistribuição via floema do promotor florigênico para o broto apical que irá originar a panícula (DAVENPORT, 2009), bem como aumentando a relação carboidrato/nitrogênio (C/N), conforme observado por Upreti et al. (2013) avaliando a resposta de florescimento de plantas tratadas com paclobutrazol.

Diante do exposto, são muitas as respostas relacionadas ao florescimento, incluindo-se o acúmulo de fenóis e a diminuição dos níveis de aminoácidos no momento de diferenciação do broto para a flor (TIWARI et al., 2018). Nesse sentido, acredita-se que há uma complexa rede de respostas para que ocorra o processo de diferenciação floral.

### **2.3. Uso de inibidores da biossíntese de giberelina na cultura da mangueira**

Entre outras questões, uma das principais dificuldades impostas à cadeia produtiva da mangicultura deve-se a alternância de floração dessa cultura, sendo esse processo complexo e afetado por diversas variáveis, como fatores genéticos, hormonais e nutricionais (TIWARI et al., 2018). Em relação ao balanço hormonal, sugere-se que a giberelina pode atuar como um promotor vegetativo putativo, anulando a influência do promotor florigênico (RAMÍREZ et al., 2010).

Atualmente, o manejo de floração dessa cultura nos trópicos tem sido feito com o uso de inibidores de giberelina, pois observa-se que para obtenção de floradas regulares e uniformes nessa cultura, é necessário o controle do crescimento vegetativo da planta (GOPU et al., 2017).

Dentre os principais compostos utilizados para a inibição da biossíntese de giberelina na cultura da mangueira, destacam-se os triazóis, como o paclobutrazol (PBZ) e o uniconazol (UCZ) (RADEMACHER, 2016), e mais recentemente o

metconazol também foi identificado como um inibidor vegetal na mangueira (CAVALCANTE et al., 2020), contudo, atualmente apenas o PBZ é registrado para uso nessa cultura no Brasil (AGROFIT, 2020). De acordo com Ramírez e Davenport (2010) e Upreti et al. (2013), os triazóis inibem a biossíntese de giberelinas e podem reduzir a influência desse hormônio na diferenciação floral e, conseqüentemente, amplificar a ação de estímulos florigênicos putativos visando o florescimento da mangueira.

Destaca-se, conforme Fagan et al. (2015), que a biossíntese de giberelinas ocorre em três compartimentos celulares diferentes, descrevendo-se a fase 1 como síntese de caureno, a fase 2 como a de oxidação do caureno e fase 3 a de síntese de diferentes ácidos giberélicos. A biossíntese pode ser inibida em todas as fases, embora especificamente para a cultura da mangueira, os reguladores vegetais atualmente usados (PBZ e UCZ) constituam moléculas que bloqueiam a oxidação de *ent*-caureno a ácido *ent*-caurenóico, a mesma atuação identificada por Hedden e Thomas (2016) para o metconazol.

Nesse sentido, estudos têm sido desenvolvidos visando a descoberta de outras moléculas com a finalidade de inibição da biossíntese de giberelina na cultura da mangueira. Mouco et al. (2010) avaliando a eficiência de prohexadione-Ca, etiltrinexapac e cloreto de chlormequat via foliar no controle do crescimento vegetativo de mudas de mangueira 'Tommy Atkins' observaram eficiência desses compostos para essa finalidade, contudo com comportamento diferente em relação a tempo de resposta. Mouco et al. (2011) avaliando a eficiência dos mesmos compostos supracitados e paclobutrazol no controle do crescimento vegetativo de mangueira 'Kent', observaram maior eficiência da combinação de paclobutrazol e prohexadione-Ca para essa finalidade, no entanto, não diferindo em relação a floração.

Dentre possíveis alternativas, tem-se observado que compostos com atividade antifúngica vêm sendo estudados e alguns têm se apresentado como possíveis potenciais reguladores de crescimento de plantas, sendo o paclobutrazol um exemplo. Shive e Sisler (1976) observaram que o fungicida Triarimol foi eficiente na redução do crescimento de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo que os autores atribuíram esse efeito provavelmente a inibição de biossíntese de giberelinas por esse composto. Fenpropimorfe é uma morfolina que atua como um

fungicida inibidor da biossíntese de esteróis vegetais, sendo que estes podem atuar como reguladores da permeabilidade de membrana celular e precursores hormonais (VALITOVA et al., 2016).

Dalziel e Lawrence (1984) destacam que propriedades de fungicidas inibidores da biossíntese de esteróis têm sido utilizadas para a formulação de reguladores de crescimento de plantas. Burden et al. (1987) em estudo avaliando o efeito de fungicidas inibidores da biossíntese de esteróis e reguladores de crescimento de plantas na composição de esteróis em plantas de cevada, observaram que o fenpropimorfe reduziu em até 88% os níveis de esteróis vegetais em comparação ao controle, enquanto Khalil e Khan (1995) observaram redução do crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) em função da aplicação de fenpropimorfe. Ramoutar et al. (2010) reportam que o referido composto parece apresentar eficiência para o mesmo fim também no manejo da grama.

Dessa forma, há indícios de que o fenpropimorfe pode atuar na supressão da biossíntese de giberelina, sendo assim, justifica-se o estudo mais aprofundado dessa molécula para determinado fim, em especial direcionado a mangueira, visando disponibilizar novas opções ao produtor e aumentar a viabilidade econômica e ambiental da mangicultura.

### 3. REFERÊNCIAS

AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 10 de Janeiro de 2020.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2019. 95p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ARAÚJO, D. O.; MORAES, J. A. A.; CARVALHO, J. L. M. Fatores determinantes na mudança do padrão de produção e consumo da manga no mercado nacional. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, Edição Especial, p. 51-73, 2017.

BANGERTH, F. Flower induction in perennial fruit trees: still an enigma? **Acta Horticulturae**, n. 727, p. 177-196, 2006.

BURDEN, R. S.; CLARK, T.; HOLLOWAY, P. J. Effects of sterol biosynthesis-inhibiting fungicides and plant growth regulators on the sterol composition of barley plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 27, n. 3, p. 289-300, 1987.

BURONDKAR, M. M.; UPRETI, K. K.; AMBAVANE, A. R.; RAJAN, S.; MAHADIK, S. G.; BHAVE, S. G. Hormonal changes during flowering in response to paclobutrazol application in mango cv. Alphonso under Konkan conditions. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 21, n. 3, p. 306-311, 2016.

CAVALCANTE, Í. H. L.; SANTOS, G. N. F.; SILVA, M. A.; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.; AMARIZ, R. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281-286, 2018.

CAVALCANTE, Í. H. L.; SILVA, G. J. N. E.; CAVACINI, J. A.; AMARIZ, R. A.; FREITAS, S. T.; SOUSA, K. A. O.; SILVA, M. A.; CUNHA, J. G. Metconazole on inhibition of gibberellin biosynthesis and flowering management in mango. **Erwerbs-Obstbau**, v. 62, n. 1, p. 89-95, 2020.

CARLILE, W. R. **Pesticides selectivity, health and the environment**. Cambridge: Cambridge University Press. 2006. 326p.

COMEX STAT. Estatísticas Comércio Exterior. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2020.

COUTINHO, G.; COSTA, I. J. S.; PIO, L. A. S. **Indução floral em mangueira (*Mangifera indica* L.)**. Lavras, n. 101, p. 1-22, 2016. (Boletim Técnico).

DALZIEL, J.; LAWRENCE, D. K. Biochemical and biological effects of kaurene oxidase inhibitors such as paclobutrazol. **British Plant Growth Regulator Group**, v. 11, p. 43-57, 1984.

DAVENPORT, T. L. Management of flowering in three tropical and subtropical fruit tree species. **HortScience**, v. 38, n. 7, p. 1331-1335, 2003.

DAVENPORT, T. L. Reproductive physiology of mango. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 363-376, 2007.

DAVENPORT, T. L. Reproductive Physiology. In: LITZ, R. E. (Ed). **The Mango: Botany, Production and Uses**. USA: CABInternational, 2009. p.97-169.

DAVENPORT, T. L.; NUNEZ-ELISEA, R. Ethylene and other endogenous factors possibly involved in mango flowering. **Acta Horticulturae**, v. 275, p. 441-448, 1990.

FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; CHALFUN JÚNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia vegetal: reguladores vegetais**. São Paulo: Andrei, 2015. 300p.

GOPU, B.; BALAMOCHAN, T. N.; SWAMINATHAN, V.; JEYAKUMAR, P.; SOMAN, P. Effect of growth retardants on yield and yield contributing characters in Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso under high density plantation. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 11, p. 3865-3873, 2017.

HEDDEN, P.; THOMAS, S. G. **The gibberellins**. Annual Plant Reviews, v. 49, 2016.

IBGE. **Banco de dados agregados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2019. <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 10 de novembro de 2019.

KHALIL, I. A.; KHAN, S. Effect of morpholine systemic fungicides on the chloroplast pigments of wheat and maize. **Giornale Botanico Italiano**, v. 129, n. 3, p. 791-795, 1995.

KUMAR, M.; PONNUSWAMI, V.; KUMAR, P. J.; SARASWATHY, S. Influence of season affecting flowering and physiological parameters in mango. **Scientific Research and Essays**, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2014.

MOUCO, M. A. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1043-1047, 2011.

MOUCO, M. A. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Inibidores de síntese de giberelinas e crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 273-279, 2010.

NAKAGAWA, M.; HONSHO, C.; KANZAKI, S.; SHIMIZU, K.; UTSUNOMIYA, N. Isolation and expression analysis of *FLOWERING LOCUS T*-like and gibberellin metabolism genes in biennial-bearing mango trees. **Scientia Horticulturae**, v. 139, n. 108-117, 2012.

PROTACIO, C. M.; BUGANTE JR, R. D.; QUINTO, J.; MOLINYAWE, G.; PAELMO, G. Regulation on flowering in 'Carabao' mango trees by paclobutrazol. **Philippine Journal of Crop Science**, v. 25, n. 1, p. 27-33, 2000.

QUAGGIO, J. A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. (Eds.) **Manga, tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: DBZ/UESB, 1996. p.106-135.

RADEMACHER, W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. In: HEDDEN, P.; THOMAS, S. G. (Eds.) **The gibberellins**. Chichester: Annual Plant Reviews, 2016. cap. 12, p. 359,403.

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, v. 126, p. 65-72, 2010.

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L.; FISCHER, G.; PINZÓN, J. C. A. The stem age required for floral induction of synchronized mango trees in the tropics. **HortScience**, v. 45, n. 10, p. 1453-1458, 2010.

RAMOUTAR, D.; COWLES, R. S.; REQUINTINA JR, E.; ALM, S. R. Synergism between deinethylation inhibitor fungicides or gibberellin inhibitor plant growth regulators and bifenthrin in a pyrethroid-resistant population of *Listronotus maculicollis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 5, p. 1810-1814, 2010.

SANDIP, M.; MAKWANA, A. N.; BARAD, A. V.; NAWADE, B. D. Physiology of flowering – the case of mango. **International Journal of Applied Research**, v. 1, n. 11, p. 1008-1012, 2015.

SANTOS, C. A. F.; LIMA NETO, F. P.; RODRIGUES, M. A.; COSTA, J. G. Similaridade genética de acessos de mangueira de diferentes origens geográficas avaliadas por marcadores AFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 736-740, 2008.

SHIVE, J. B.; SISLER, H. D. Effects of ancymidol (a growth retardant) and triarimol (a fungicide) on the growth, sterols, and gibberellins of *Phaseolus vulgaris* (L.). **Plant Physiology**, v. 57, n. 4, p. 640-644, 1976.

SILVA, K.K.A.; ONO, E.O.; MOUCO, M.A. C.; SILVA, G.J. N.; SOUZA, R.J.M.; SILVA, N.C.; SILVA, R.C.B. Uniconazole no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 507-517, 2014.

SINGH, V. K.; SHARMA, K. Physiological and biochemical changes during flowering of mango (*Mangifera indica* L.). **International Journal of Plant Developmental Biology**, v. 2, n. 2, p. 100-105, 2008.

SRILATHA, V.; REDDY, Y. T. N.; SHIVU PRASAD, S. R. Mango flowering physiology in response to paclobutrazol application. In: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (Eds.) **Physiology of flowering in perennial fruit crops**. Lucknow: Central Institute for Subtropical Horticulture, 2014. p. 241-249.

TAHIR, F. M.; IBRAHIM, M.; HAMID, K. Effect of growth retardants on vegetative and reproductive growth behaviour of mango (*Mangifera indica*, L.). **Journal of Biological Sciences**, v. 2, n.11, p. 727-728, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. (6 ed.). Porto Alegre, Brazil: ArtMed, 2017.

TIWARI, D. K.; PATEL, V. B.; PANDEY, A. K. Floral induction in mango: physiological, biochemical and molecular basis. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 1, p. 252-259, 2018.

UPRETI, K. K.; REDDY, Y. T. N.; PRASAD, S. R. S.; BINDU, G. V.; JAYARAM, H. L.; RAJAN, S. Hormonal changes in response to paclobutrazol induced early flowering in mango cv. Totapuri. **Scientia Horticulturae**, v. 150, n. 4, p. 414-418, 2013.

VALITOVA, J. N.; SULKARNAYEVA, A. G.; MINIBAYEVA, F. V. Plant sterols: diversity, biosynthesis, and physiological functions. **Biochemistry**, v. 81, n. 8, p. 819-834, 2016.

YU-JUAN, T.; GUO-DI, H.; SHI-XING, L.; JUN-AN, Z.; YONG-LONG, M.; RI-WANG, L.; YING, Z.; YU, Z.; EN-LIANG, S.; LIN, N. Transcriptome of *Mangifera indica* L. in two different flower bud differentiation stages. **Journal of Southern Agriculture**, v. 49, n. 7, p. 1257-1264, 2018.



## CAPÍTULO 2

### TROCAS GASOSAS E PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE MANGUEIRA 'TOMMY ATKINS' EM FUNÇÃO DO USO DE FENPROPIMORFE

#### RESUMO

Fenpropimorfe é uma morfolina com efeito na síntese de esteróis e precursor hormonal com potencial para inibição da biossíntese de giberelinas, podendo ser uma alternativa ao paclobutrazol (PBZ), que possui alto poder residual no solo e pode promover compactação de panículas, contudo seus efeitos sobre a fisiologia da mangueira são desconhecidos. Objetivou-se avaliar a influência da aplicação de fenpropimorfe nas trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido. Foram realizados dois experimentos em pomares de mangueira 'Tommy Atkins' no primeiro ciclo produtivo entre setembro e dezembro de 2018 (primeiro experimento) e entre setembro e dezembro de 2019 (segundo experimento) em Petrolina-PE, Brasil. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo,  $4 \times 4 + 1$ , com quatro repetições. As parcelas corresponderam às concentrações de fenpropimorfe: 0,0; 0,7; 1,0 e 1,3 g por metro linear de diâmetro da copa mais o tratamento adicional paclobutrazol (1 g por metro linear de diâmetro da copa), e as subparcelas corresponderam às datas de avaliação (0, 30, 60 e 90 dias após a primeira aplicação dos tratamentos). Foram avaliadas: fotossíntese líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), transpiração ( $E$ ), eficiência do uso da água ( $EUA$ ), clorofila  $a$ , clorofila  $b$ , clorofila total e carotenoides. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F, sendo que havendo significância, foi aplicado teste de Tukey para comparação entre os tratamentos e análise de regressão para as doses de fenpropimorfe ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos influenciaram significativamente a transpiração e eficiência do uso da água no segundo experimento, enquanto as datas de avaliação influenciaram significativamente todas as variáveis analisadas, exceto pigmentos fotossintéticos no segundo experimento, não havendo interação dos fatores sobre as variáveis analisadas, enquanto houve efeito significativo das doses de fenpropimorfe sobre eficiência do uso da água no segundo experimento. A dose de  $1,3 \text{ g m}^{-1}$  de fenpropimorfe aplicada quatro vezes em intervalo de 15 dias promove maior transpiração, enquanto a aplicação de fenpropimorfe não interfere no acúmulo de pigmentos fotossintéticos, e a redução de lâmina hídrica (RLH) afeta negativamente as trocas gasosas de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L. Regulador de crescimento. Indução floral.

## GAS EXCHANGE AND PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS MANGO 'TOMMY ATKINS' DUE TO THE USE OF FENPROPIMORPH

### ABSTRACT

Fenpropimorph is a morpholine with effect on the synthesis of sterols and hormonal precursor with potential to inhibit the biosynthesis of gibberellins, and may be an alternative to paclobutrazol (PBZ), which has high residual power in the soil and can promote panicles compaction, however the effects on the physiology of the mango are unknown. The objective was to evaluate the influence of the application of fenpropimorph on gas exchanges and photosynthetic pigments of 'Tommy Atkins' mango grown in the semi-arid region. Two experiments were carried out in 'Tommy Atkins' mango orchards in the first production cycle between September and December 2018 (first experiment) and between September and December 2019 (second experiment) in Petrolina-PE, Brazil. The experimental design adopted was randomized blocks in plots subdivided over time, 4 x 4 + 1, with four replications. The plots corresponded to the concentrations of fenpropimorph: 0.0; 0.7; 1.0 and 1.3 g per linear canopy diameter plus the additional paclobutrazol treatment (1 g per linear canopy diameter), and the subplots corresponded to the evaluation dates (0, 30, 60 and 90 days after the first application of treatments), were evaluated: liquid photosynthesis (*A*), stomatal conductance (*g<sub>s</sub>*), internal CO<sub>2</sub> concentration (*C<sub>i</sub>*), transpiration (*E*), water use efficiency (*WUE*), chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, total chlorophyll and carotenoids. The data obtained were subjected to analysis of variance by the F test, and if there was significance, Tukey's test was applied to compare treatments and regression analysis for fenpropimorph doses ( $p < 0.05$ ). The treatments significantly influenced the transpiration and water use efficiency in the second experiment, while the evaluation dates significantly influenced all the variables analyzed, except photosynthetic pigments in the second experiment, with no interaction of the factors on the analyzed variables, while there was a significant effect of doses of fenpropimorph on water use efficiency in the second experiment. The dose of 1.3 g m<sup>-1</sup> of fenpropimorph applied four times in an interval of 15 days promotes greater transpiration, while the application of fenpropimorph does not interfere in the accumulation of photosynthetic pigments, and the reduction of water slide (RLH) negatively affects the gas exchanges of the 'Tommy Atkins' mango plants grown in the semi-arid.

**Keywords:** *Mangifera indica* L. Growth regulator. Flower induction.

### 1. INTRODUÇÃO

Na cadeia produtiva da mangicultura, uma das principais dificuldades encontradas refere-se ao florescimento alternado e desuniforme dessa cultura (TIWARI et al., 2018), o que pode gerar baixas cargas de produção. Em clima subtropical, o florescimento é estimulado por baixas temperaturas, enquanto nos trópicos, a maturidade fisiológica do último fluxo é um dos principais fatores

responsáveis pela indução do broto reprodutivo (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010). Contudo, observa-se que em condições tropicais, essa espécie possui elevada biossíntese de giberelinas, que promovem o crescimento vegetativo e inibem sua floração (DAVENPORT, 2007), sendo assim, o uso de inibidores da biossíntese de giberelina tem sido adotado, com destaque para os triazóis, especialmente o paclobutrazol (PBZ) e uniconazol (UCZ) (RADEMACHER, 2016).

A aplicação desses reguladores vegetais promove uma série de respostas em cadeia para favorecer a diferenciação floral, incluindo aumento de açúcares solúveis no botão apical (UPRETI et al., 2014), dos níveis de citocinina e relação C:N (UPRETI et al., 2013). Ademais, há indícios da influência das trocas gasosas nas fases de maturação dos ramos e consequente pré-indução floral da mangueira (UPRETI et al., 2014).

A fotossíntese é necessária para a produção de fotoassimilados que serão acumulados como reserva energética para a diferenciação do broto (SANDIP et al., 2015). Além disso, esses carboidratos provavelmente irão auxiliar para o transporte do promotor florigênico putativo (PF), da folha para o botão apical (DAVENPORT, 2006). A condutância estomática e a concentração interna de CO<sub>2</sub> estão estritamente relacionados com o processo fotossintético, visto que uma maior abertura estomática e mais CO<sub>2</sub> disponível no mesofilo favorecerão a atividade da enzima rubisco (ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase) para conversão do carbono em ácidos orgânicos, enquanto que a transpiração é importante na regulação de perda de água pela planta (SANTOS et al., 2015).

Outro fator a ser considerado no processo fotossintético é a presença dos pigmentos fotossintéticos, sendo as clorofilas responsáveis pela absorção luminosa na fase fotoquímica da fotossíntese, e os carotenoides atuando como pigmentos acessórios na absorção e promovendo proteção contra a fotoinibição (TAIZ et al., 2017).

Na cultura da mangueira, os efeitos dos inibidores da biossíntese de giberelina sobre as trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos são pouco estudados, contudo, o uso de paclobutrazol tendeu a reduzir a fotossíntese líquida e transpiração pelo aumento da resistência estomática em mangueira 'Palmer' no semiárido (SOUZA et al., 2016), aumentando, entretanto, os teores de clorofila em mangueira 'Banganpalli' na Índia (SUBBAIAH et al., 2018).

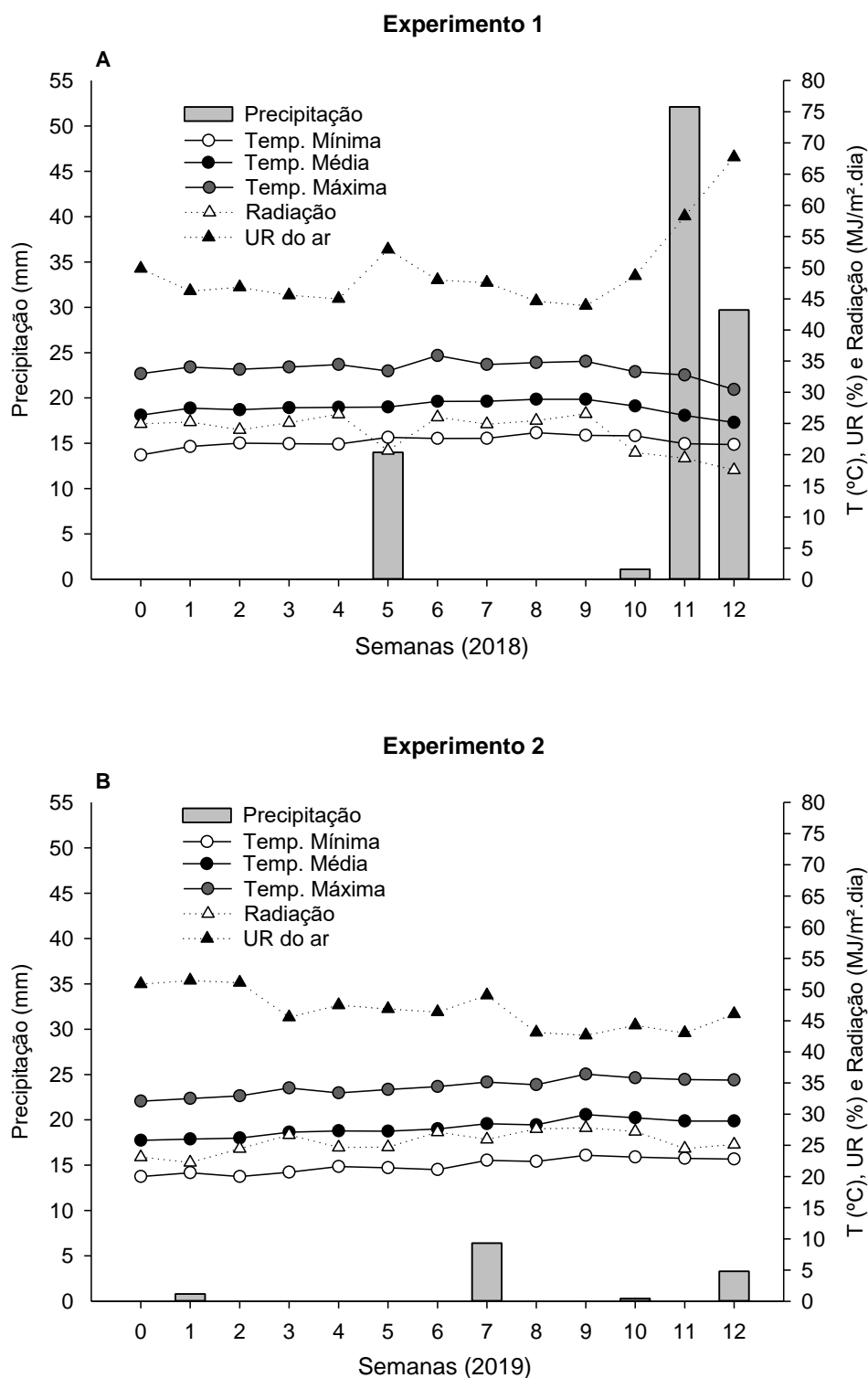
Embora o uso de inibidores da biossíntese de giberelinas no manejo de floração da mangueira em condição semiárida tropical seja consolidado, novas moléculas devem ser testadas visando disponibilizar novas alternativas para o produtor. Uma molécula com potencial para essa finalidade é o fenpropimorfe, uma morfolina que possui efeito regulador na síntese de esteróis e hormônios vegetais (VALITOVA et al., 2016), cuja eficiência para essa finalidade já foi comprovada em *Poa annua* L. (RAMOUTAR et al., 2010), contudo não se tem estudos sobre os efeitos dessa molécula na fisiologia da mangueira.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da aplicação de fenpropimorfe nas trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em pomares de mangueira 'Tommy Atkins' no primeiro ciclo produtivo, visando evitar resíduos de safras anteriores. O primeiro experimento foi realizado entre setembro e dezembro de 2018 em pomar localizado no povoado Pedrinhas, Petrolina – PE (9° 09' S, 40° 22' O e a uma altitude de 365,5 m acima do nível do mar), enquanto o segundo experimento foi realizado entre setembro e dezembro de 2019 na fazenda FRUTAVI/ARGO BRASIL localizada no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina – PE (9° 18' S, 40° 33' O, a uma altitude de 365,5 m acima do nível do mar). O clima da região é classificado como Bsh, com precipitação anual menor que 500 mm, caracterizando-a como uma região semiárida (ALVARES et al., 2013).

Durante a execução dos experimentos, os dados climáticos referentes à precipitação pluviométrica acumulada, temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global médios foram registrados em estação meteorológica automática (LABMET) (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica acumulada, temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global médios registrados no primeiro (A) e segundo experimento (B). Petrolina-PE.

Para caracterização inicial das áreas, foram coletadas amostras de solo antes da aplicação dos tratamentos para análise química (SILVA, 2009), textural

(DONAGEMMA et al., 2011) e matéria orgânica (MENDONÇA; MATOS, 2005) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização química, textural e de matéria orgânica do solo cultivado com mangueira ‘Tommy Atkins’ nos experimentos 1 e 2, respectivamente.

Experimento 1									
Profundidade	pH	CE	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB
Cm	(H <sub>2</sub> O)	dS m <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			
0-20	7,24	0,13	123,35	1,74	0,13	4,05	2,06	0,00	7,98
20-40	7,26	0,11	595,34	1,41	0,13	3,59	2,11	0,00	7,24
Profundidade	MO	AF	AH	HU	Areia	Silte	Argila	Textura	
Cm		g kg <sup>-1</sup>				dag kg <sup>-1</sup>			
0-20	14	2,41	1,44	10,01	68,65	14,25	17,1	Franco arenosa	
20-40	15,1	1,63	1,12	9,99	67,78	17,12	15,1	Franco arenosa	
Experimento 2									
Profundidade	pH	CE	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB
Cm	(H <sub>2</sub> O)	dS m <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			
0-20	7,30	0,37	616,90	2,59	0,70	4,27	3,02	0,00	10,58
20-40	7,56	0,22	298,07	1,56	0,56	3,70	2,17	0,00	7,99
Profundidade	MO	AF	AH	HU	Areia	Silte	Argila	Textura	
Cm		g kg <sup>-1</sup>				dag kg <sup>-1</sup>			
0-20	12,14	3,35	3,11	4,13	75,91	9,69	14,40	Franco arenosa	
20-40	10,26	3,32	2,69	4,44	77,72	8,78	13,50	Franco arenosa	

CE: Condutividade elétrica; SB: Soma de bases; MO: Matéria orgânica; AF: Ácido fúlvico; AH: Ácido húmico; HU: Humina;

As plantas utilizadas no primeiro experimento estavam distribuídas no espaçamento 4 m entre plantas e 6 m entre linhas, sendo irrigadas por sistema de microaspersão individual com vazão de 56 L h<sup>-1</sup>, enquanto as plantas utilizadas no segundo experimento estavam espaçadas 2 m entre plantas e 7 m entre linhas com irrigação por microaspersor individual de vazão 70 L h<sup>-1</sup>, sendo ambas submetidas às práticas culturais recomendadas para a cultura da mangueira nas condições regionais de cultivo, seguindo as normas técnicas da Produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al. (2003), quanto a podas, manejo nutricional via fertirrigação, controle de plantas invasoras, pragas e doenças.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo, 4 x 4 + 1, com quatro repetições, sendo cinco plantas por repetição (primeiro experimento) e três plantas por repetição (segundo experimento). As parcelas corresponderam às doses de fenpropimorfe: 0; 0,7; 1,0 e

1,3 g de fenpropimorfe por metro linear de diâmetro da copa, usando como fonte o produto comercial Versatilis® concentrado solúvel (75% i.a. de fenpropimorfe) mais o tratamento adicional paclobutrazol (1 g por metro linear de diâmetro da copa) utilizando como fonte o produto comercial Cultar® 250 SC (primeiro experimento) e Paclo BR® (segundo experimento), ambos com 25% i.a. de paclobutrazol; enquanto as subparcelas corresponderam às datas de avaliação (DA) (0, 30, 60 e 90 dias após a primeira aplicação dos tratamentos).

As doses de fenpropimorfe aplicadas foram calculadas por metro linear de diâmetro de copa tomando como parâmetro a recomendação para o PBZ especificamente para a cultura da mangueira (CULTAR® 250 SC, 2007). Foram realizadas medições nos dois sentidos da copa (entre plantas e entre linhas das plantas), sendo utilizado o maior valor de diâmetro para cálculo das doses aplicadas.

A aplicação dos tratamentos foi realizada quando as plantas apresentaram o segundo fluxo vegetativo desenvolvido após a poda (Figura 2) nos dois experimentos, fase sugerida para a aplicação de inibidores da biossíntese de giberelinas (CHARNVICHIT et al., 1991).



**Figura 2.** Segundo fluxo vegetativo de mangueira 'Tommy Atkins' desenvolvido após a poda de produção no semiárido. Petrolina-PE.

No primeiro experimento, a aplicação dos tratamentos foi realizada uma única vez em 11 de setembro de 2018, aos 99 dias após a poda de produção, sendo as doses dos tratamentos diluídas em dois litros de água com adição de 10 mL do

fertilizante organomineral Soil-Plex<sup>®</sup> Fert (N 2%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1,5%, K<sub>2</sub>O 3%, CO 7,89%) e aplicadas em uma faixa de 50 cm em torno do caule das plantas. No segundo experimento foram realizadas um total de quatro aplicações de fenpropimorfe em intervalos de 15 dias mantendo-se a dose da molécula utilizada no primeiro experimento em cada aplicação, sendo feita apenas uma aplicação de paclobutrazol semelhante ao primeiro experimento. A aplicação dos tratamentos foi iniciada em 02 de setembro de 2019, aos 90 dias após a poda de produção, sendo que em cada aplicação, as doses foram diluídas em dois litros de água com adição de 10 mL de fertilizante organomineral MOL Top<sup>®</sup> (COT 10%, N 11%, K 1%) e aplicadas em uma faixa de 50 cm em torno do caule das plantas.

A fase de maturação de ramos no experimento 1 foi iniciada aos 43 DA, constituindo de oito aplicações de sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (1%) + fertilizante foliar com efeito bioestimulante a 0,15% (K<sup>+</sup> solúvel em água 12%, carbono orgânico 9,87%, aminoácidos 20%, surfactante aniônico e extrato de leveduras) em intervalos semanais, enquanto no segundo experimento foi iniciada aos 38 DA, sendo realizadas oito aplicações de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2%) em intervalo semanal + quatro aplicações de fertilizante foliar com efeito bioestimulante a 0,15% (N 5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5%, K<sub>2</sub>O 45% + complexo de micronutrientes) em intervalos de 15 dias iniciando na segunda aplicação + 2 aplicações de extrato de algas *Ascophyllum nodosum* (0,3%) nas duas últimas pulverizações.

O manejo de estresse hídrico ocorreu concomitantemente à fase de maturação de ramos no experimento 1, com a lâmina de irrigação reduzida para 33,3% da ET<sub>c</sub> aos 43 DA, sendo que aos 62 DA a lâmina estava com redução para 66,6% da ET<sub>c</sub> prosseguindo até o momento do início da indução floral (aplicação dos nitratos). No experimento 2, a fase de redução de lâmina hídrica foi iniciada simultaneamente à primeira aplicação dos tratamentos, sendo a lâmina de irrigação reduzida para 66,6% da ET<sub>c</sub> diária.

Ao final da maturação de ramos e antes da primeira indução floral, foi realizado desponte manual de ponteiros para sincronização reprodutiva do dossel em ambos experimentos. A indução floral no primeiro experimento foi iniciada aos 105 dias após a primeira aplicação dos tratamentos e incluiu 3 aplicações de nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (2,5%) + ácido bórico H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,05%) e 8 aplicações de nitrato de cálcio (CaNO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ácido bórico H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (0,05%) em intervalos de seis dias,



enquanto no segundo experimento foi iniciada aos 93 dias após a primeira aplicação dos tratamentos incluindo 3 aplicações de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (2%) em intervalos de 20 dias.

Aos 0, 30, 79 e 90 DA, foram realizadas as seguintes avaliações: i) fotossíntese líquida ( $A$ ) ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); ii) condutância estomática ( $gs$ ) ( $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); iii) concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); iv) transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); v) eficiência do uso da água ( $EUA$ ) calculada como a razão entre fotossíntese líquida e transpiração, através de analisador de gás por radiação infravermelho IRGA (Mod. Li-COR® 6400 XT) (irradiação de  $1800 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ); enquanto aos 0, 30, 60 e 90 dias DA foram avaliadas: vi) clorofila  $a$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ); vii) clorofila  $b$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ); viii) clorofila total ( $\text{mg g}^{-1}$ ) e carotenoides ( $\text{mg g}^{-1}$ ) seguindo metodologia proposta por Lichtenthaler e Buschmann (2001).

Inicialmente, a terceira avaliação de trocas gasosas estava prevista para ser realizada aos 60 dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DA), contudo, devido ao manejo de redução de lâmina hídrica adotado no primeiro experimento, só foi possível obter os dados aos 79 DA na terceira avaliação, repetindo-se assim essa data de avaliação no segundo experimento.

A análise estatística foi realizada com o software R (R CORE TEAM, 2018). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo que havendo significância, foi aplicado teste de médias Tukey para comparação entre os tratamentos e análise de regressão para as doses de fenpropimorfe ( $p < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resultado da análise de variância (Tabela 2), observa-se que houve efeito significativo dos tratamentos (TRAT) apenas sobre transpiração ( $E$ ) e eficiência do uso da água ( $EUA$ ) no segundo experimento, enquanto as datas de avaliação (DA) influenciaram de forma significativa todas as variáveis estudadas em ambos experimentos, exceto concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) no segundo experimento, não havendo interação significativa entre os fatores sobre as referidas variáveis.

**Tabela 2.** Síntese da análise de variância (valor 'F') para as variáveis fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), transpiração (*E*) e eficiência do uso da água (*EUA*) em função de tratamentos e datas de avaliação.

Variáveis					
	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>
FV	$\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\mu\text{mol de CO}_2/\text{mmol de H}_2\text{O}$
Experimento 1					
<b>BLOCO</b>	1,32 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	6,53 <sup>**</sup>
<b>TRAT</b>	0,69 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>
0	11,68	0,12	202,87	3,02	4,19
0,7	10,85	0,10	188,58	2,96	3,88
1,0	10,77	0,12	216,01	2,99	3,87
1,3	11,55	0,12	200,64	3,02	4,02
PBZ	11,29	0,11	195,84	2,96	4,06
<b>DA</b>	65,73 <sup>**</sup>	58,56 <sup>**</sup>	11,77 <sup>**</sup>	57,30 <sup>**</sup>	15,20 <sup>**</sup>
0	13,19ab	0,16a	229,89a	3,78a	3,52b
30	11,89b	0,14ab	221,86ab	3,85a	3,14b
79	5,58c	0,04c	162,57c	1,29c	4,55a
90	14,27a	0,13b	188,83bc	3,04b	4,79a
<b>TRAT X DA</b>	0,72 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	17,51	25,68	18,79	23,51	17,27
CV 2 (%)	19,12	25,02	20,17	23,56	22,76
Experimento 2					
<b>BLOCO</b>	0,58 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	2,76 <sup>ns</sup>	4,47 <sup>*</sup>
<b>TRAT</b>	0,53 <sup>ns</sup>	2,05 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	5,73 <sup>**</sup>	4,26 <sup>*</sup>
0	12,24	0,11	185,65	3,53b	3,56a
0.7	12,41	0,11	174,92	3,56b	3,52a
1	12,84	0,11	171,67	3,78b	3,47ab
1.3	13,71	0,14	196,37	4,76a	2,97b
PBZ	12,83	0,11	181,83	3,76b	3,46ab
<b>DA</b>	43,47 <sup>**</sup>	18,99 <sup>**</sup>	2,73 <sup>ns</sup>	22,78 <sup>**</sup>	26,24 <sup>**</sup>
0	14,85ab	0,14a	184,98	3,94b	3,90a
30	7,88c	0,07c	193,73	2,53c	3,20b
79	15,59a	0,15a	195,27	4,27ab	3,70a
90	12,89b	0,10b	154,39	4,78a	2,78c
<b>TRAT X DA</b>	0,53 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>

CV 1 (%)	24,63	27,98	32,54	21,82	13,79
CV 2 (%)	18,42	30,81	28,24	23,26	12,95

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>: significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); <sup>\*</sup>: significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV 1 (%): coeficiente de variação da parcela; CV 2 (%): coeficiente de variação da subparcela.

Em relação à influência das datas de avaliação na fotossíntese líquida (A), no primeiro experimento observa-se que o maior valor encontrado foi na última avaliação aos 90 DA, apresentando superioridade de 155,73% em relação ao menor valor encontrado (79 DA). No segundo experimento houve comportamento diferente, com o maior valor sendo obtido aos 79 DA, sendo 97,84% superior ao menor valor encontrado, aos 30 DA (Tabela 2).

De uma forma geral, observa-se que a fotossíntese foi afetada negativamente pela redução da lâmina hídrica nos dois experimentos. Comportamento semelhante foi constatado por Mudo et al. (2020) em estudo com a mesma variedade do presente trabalho em condição ambiental similar.

Contudo, nota-se que houve uma maior redução da fotossíntese em relação a data anterior no experimento 1 (53,07%) em relação ao experimento 2 (46,94%), salientando-se que no experimento 2 já tinha sido realizada duas aplicações de fenpropimorfe na data que foi obtido o menor valor de fotossíntese (30 DA). Observa-se que o solo do segundo experimento possuía uma superioridade significativa nos teores de ácidos fúlvicos (64,85%) e húmicos (126,56%) em comparação ao solo do primeiro experimento.

Nesse sentido, os ácidos fúlvicos e húmicos podem ter atenuado brevemente os efeitos deletérios do estresse hídrico, especialmente no experimento 2. Silva (2019) observou efeito positivo do ácido fúlvico no período de RLH na manutenção da fotossíntese em solo de textura semelhante ao do presente experimento, enquanto Olk et al. (2018) afirmam que o acúmulo de substâncias húmicas pode vir a ser um mecanismo de resposta primária em condições de seca.

Helaly et al. (2017) em estudo realizado com quatro cultivares de mangueira em região semiárida no Egito, observaram efeito negativo do déficit hídrico sobre o conteúdo de carboidratos foliares, enquanto Saxena et al. (2014) afirmam que plantas sob estresse hídrico gastam mais energia para manutenção do turgor celular e aumento da capacidade de absorção e transporte de água. Nesse sentido, devido

a alta demanda energética para o florescimento, a fotossíntese elevada na pré-indução floral pode indicar a necessidade de um maior acúmulo de carboidrato pela planta para a diferenciação do broto e consequente formação de panículas (PRASAD et al., 2014).

Avaliando-se a condutância estomática ( $g_s$ ) (Tabela 2), no primeiro experimento o maior valor obtido foi aos 0 DA, apresentando superioridade de 300% em relação aos 79 DA, enquanto no segundo experimento o maior valor encontrado foi aos 79 DA, apresentando o dobro de superioridade em comparação aos 30 DA. Observa-se uma tendência de estabilidade no comportamento, contudo, sendo também reduzida em função da RLH nos dois experimentos. Entretanto, tem-se uma amplitude menor dos valores no segundo experimento, seguindo dessa forma a fotossíntese.

Os valores obtidos no presente trabalho são semelhantes aos relatados por Urban et al. (2004) em mangueira 'Lirfa' na Islândia irrigada com 100% da ETc, entretanto diferem dos resultados de Mudo et al. (2020) em trabalho com a mesma variedade em clima semelhante com irrigação reduzida (50% da ETc), ambos na mesma fase fenológica. Nesse sentido, observa-se que em condições ambientais adequadas, a mangueira tende a apresentar uma alta condutância estomática na fase anterior ao florescimento.

Sendo assim, a restrição hídrica impõe a redução da abertura estomática como forma de reduzir a perda de água pela planta por meio do processo de transpiração (TAIZ et al., 2017). Entretanto, Lu et al. (2012) em estudo realizado sob condições tropicais na Austrália, observaram que a variedade 'Tommy Atkins' possui uma melhor capacidade de manutenção da condutância estomática correlacionando-se com a fotossíntese. Dessa forma, com um manejo de RLH bem realizado, pode-se ter níveis satisfatórios de condutância estomática, fotossíntese e consequente produção de fotoassimilados.

Para concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) (Tabela 2), houve diferença significativa entre as datas de avaliação apenas no primeiro experimento, verificando-se distribuição de dados semelhante à condutância estomática, sendo que 0 DA apresentou 29,28% de superioridade em comparação ao menor valor (79 DA). Contudo, nota-se que não houve relação positiva entre a concentração interna de  $CO_2$  e condutância estomática com a fotossíntese nesse experimento, visto que

aos 90 DA teve-se uma menor condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub> e maior fotossíntese quando comparado aos 0 DA que teve comportamento inverso, sendo que na primeira fase citada provavelmente houve melhor aproveitamento do carbono disponível, ou seja, maior eficiência de carboxilação pela enzima rubisco (SANTOS et al., 2015).

Em relação a transpiração, observa-se efeito significativo dos tratamentos no segundo experimento e das datas de avaliação nos dois experimentos (Tabela 2). Ao se verificar a influência dos tratamentos sobre a transpiração no segundo experimento, observa-se que a dose de 1,3 g por metro de diâmetro linear da copa de fenpropimorfe proporcionou maior valor para essa variável, sendo 26,60% superior ao valor promovido pelo uso do paclobutrazol, havendo uma tendência de acréscimo linear da transpiração com o aumento das doses de fenpropimorfe.

Souza et al. (2016) observaram redução da transpiração em mangueira 'Palmer' no semiárido em função do uso de paclobutrazol, sendo que os autores atribuíram esse resultado ao aumento da resistência estomática como consequência da redução do potencial hídrico no sistema radicular. Contudo, a maior dose de fenpropimorfe (1,3 g m<sup>-1</sup>) proporcionou maior transpiração foliar nos dois experimentos, entretanto com diferença significativa apenas no segundo.

Ressalta-se que as morfolinás, dentre as quais o fenpropimorfe, se movem via xilema para a parte aérea da planta de acordo com seu fluxo transpiratório (CHAMBERLAIN et al., 1998). Nesse sentido, a mudança na estratégia de aplicação e maior quantidade da molécula aplicada no segundo experimento pode ter induzido uma maior transpiração para absorção da molécula, salientando-se que a referida dose, apesar de não diferir significativamente, também promoveu maior fotossíntese, condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub> no geral.

Ao se avaliar a transpiração (*E*) em função das datas de avaliação nos dois experimentos (Tabela 2), observa-se que no primeiro experimento, a maior transpiração foi encontrada aos 30 DA sendo 198,45% superior ao valor obtido aos 79 DA, enquanto no segundo experimento, o maior valor obtido foi aos 90 DA, sendo 88,93% superior ao menor valor encontrado aos 30 DA.

Novamente se nota a influência do manejo da lâmina hídrica na redução dessa variável, em consonância com o comportamento principalmente da fotossíntese e condutância estomática. Contudo, ao se observar a redução dessa

variável em função da data anterior no primeiro (dos 30 aos 79 DA) e segundo experimento (dos 0 aos 30 DA), constata-se uma redução menor no segundo experimento (35,79%), comportamento semelhante ao da fotossíntese, o que pode ter sido efeito da composição orgânica do solo que promoveu atenuação do estresse causado pela RLH.

Em condições ambientais adequadas, as plantas tendem a apresentar uma alta atividade fisiológica, dentre a qual se inclui uma alta transpiração (SILVA et al., 2009). Mudo et al. (2020) observaram que uma alta transpiração e concentração interna de CO<sub>2</sub> se relacionaram positivamente com um maior número de brotos reprodutivos, o que conseqüentemente tende a favorecer uma maior porcentagem de florescimento e produtividade.

Para eficiência do uso da água (EUA), os tratamentos diferiram significativamente apenas no segundo experimento, enquanto houve diferença entre as datas de avaliação nos dois experimentos (Tabela 2). De forma geral, o comportamento dos tratamentos para essa variável foi inverso ao da transpiração, de forma que o tratamento com maior transpiração apresentou menor EUA (1,3 g m<sup>-1</sup> de fenpropimorfe).

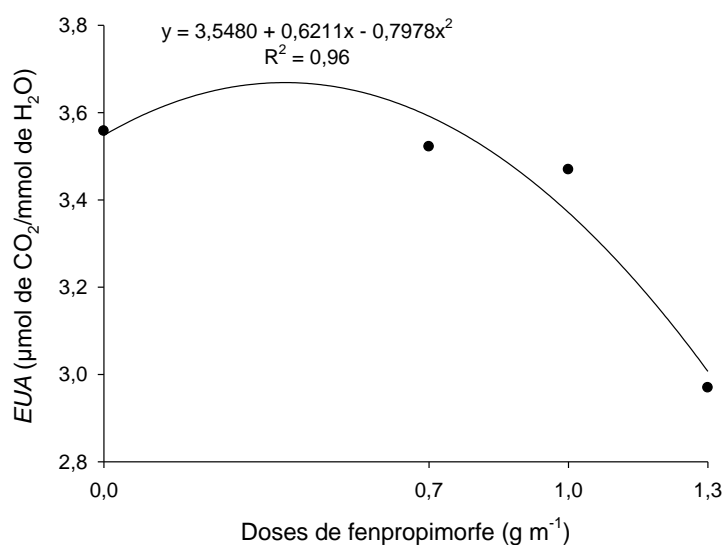
A EUA relaciona a quantidade de água perdida com a atividade fotossintética da planta. Nesse sentido, apesar do menor valor dessa variável, a dose de 1,3 g m<sup>-1</sup> de fenpropimorfe promoveu maior fotossíntese e transpiração. Mudo et al. (2020) observaram que esse comportamento favoreceu a iniciação floral de mangueira da mesma variedade em condições similares.

Com relação a eficiência do uso da água nas datas de avaliação (Tabela 2), obteve-se no primeiro experimento maiores valores nas duas últimas datas em comparação as demais, enquanto no segundo experimento os maiores valores obtidos foram aos 0 e 79 DA. Nota-se que de uma forma geral, a eficiência do uso da água não se relacionou positivamente com a transpiração, sendo que Silva et al. (2009) afirmam que plantas estressadas tendem a apresentar uma maior eficiência de uso da água, provavelmente como um mecanismo para minimizar a perda de água, corroborando basicamente com os resultados encontrados no presente trabalho.

No segundo experimento, observa-se que as maiores eficiências do uso da água tiveram relação positiva com as maiores taxas de fotossíntese líquida, contudo

no primeiro experimento essa tendência só foi observada para o maior valor, sendo que nesse sentido, parece haver relação entre essas variáveis em condições ideais de ambiente, principalmente suprimento hídrico.

Analisando-se o ajuste de regressão para eficiência do uso da água em função das doses de fenpropimorfe (Figura 3), tem-se resposta quadrática com a resposta máxima de 3,67  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2/\text{mmol}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  para a dose estimada de 0,4  $\text{g m}^{-1}$  de fenpropimorfe, sendo que a partir dessa dose há decréscimo dessa eficiência.



**Figura 3.** Eficiência do uso da água (EUA) em função das doses de fenpropimorfe em mangueira ‘Tommy Atkins’ no segundo experimento (2019). Petrolina-PE. ( $F_c = 4,31$ ).

Os valores obtidos corroboram com os achados de Mudo et al. (2020) na mesma variedade a depender da estratégia de maturação de ramos utilizada pelos autores. Bithell et al. (2013) avaliando estratégias de irrigação na pré-floração com e sem uso de PBZ em mangueira ‘Kensington Pride’ cultivada na Austrália, observaram aumento da eficiência do uso da água com o uso da molécula em função da disponibilidade de água nessa fase.

De acordo com os resultados das trocas gasosas, observa-se que no primeiro experimento, inicialmente (0 e 30 DA) e no final (90 DA), há uma maior atividade fisiológica por parte das plantas, sendo essa atividade severamente afetada pelo estresse hídrico adotado. Esse estresse pode ter afetado negativamente a produção e acúmulo de reservas (carboidratos) para o processo de indução floral, o que provavelmente levou as plantas a terem uma alta atividade fotossintética no período de pré-indução floral (90 DA), com a finalidade de compensar essas possíveis perdas.

No segundo experimento, no geral observa-se que a dose de 1,3 g m<sup>-1</sup> de fenpropimorfe proporcionou uma maior atividade fisiológica nas plantas, enquanto essa atividade tendeu a ser maior no período de pré indução floral (79 DA) e antes da aplicação dos tratamentos (0 DA), sendo que provavelmente a ação combinada do estresse hídrico com a aplicação dos tratamentos reduziram a atividade metabólica da planta e afetaram negativamente as trocas gasosas nas plantas, o que foi evidenciado pelos valores obtidos aos 30 DA.

Observando-se a análise de variância dos pigmentos fotossintéticos (Tabela 3), verifica-se que houve influência das datas de avaliação para todas as variáveis avaliadas no primeiro experimento, contudo sem efeito dos tratamentos e da interação entre os fatores para ambos experimentos e das datas de avaliação no segundo experimento.

**Tabela 3.** Síntese da análise de variância para as variáveis clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e carotenoides em função de tratamentos e datas de avaliação.

FV	Variáveis			
	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila total	Carotenoides
mg g <sup>-1</sup> MF				
Experimento 1				
<b>BLOCO</b>	0,75 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>
<b>TRAT</b>	0,93 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>
0	0,91	0,27	1,18	0,37
0,7	0,90	0,29	1,19	0,38
1,0	0,87	0,29	1,16	0,35
1,3	0,87	0,29	1,15	0,37
PBZ	1,00	0,33	1,33	0,41
<b>DA</b>	13,37 <sup>**</sup>	7,16 <sup>**</sup>	11,16 <sup>**</sup>	11,23 <sup>**</sup>
0	0,66b	0,24b	0,90b	0,30b
30	0,98a	0,37a	1,35a	0,42a
60	0,97a	0,28b	1,24a	0,39a
90	1,03a	0,28b	1,31a	0,40a
<b>TRAT X DA</b>	1,06 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	24,46	23,58	21,69	22,61
CV 2 (%)	22,37	32,12	22,74	19,01
Experimento 2				
<b>BLOCO</b>	1,19 <sup>ns</sup>	1,64 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>
<b>TRAT</b>	0,50 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>
0	0,73	0,25	0,98	0,32
0,7	0,76	0,22	0,98	0,32



1,0	0,84	0,19	1,03	0,33
1,3	0,81	0,23	1,04	0,34
PBZ	0,80	0,24	1,05	0,35
<b>DA</b>	1,59 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>
0	0,78	0,21	0,99	0,35
30	0,74	0,21	0,95	0,30
60	0,76	0,25	1,01	0,31
90	0,87	0,24	1,11	0,35
<b>TRAT X DA</b>	0,76 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	29,87	36,90	27,45	24,45
CV 2 (%)	25,04	55,55	26,13	21,17

CV: coeficiente de variação; ns: não significativo; \*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \*significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade; CV 1 (%): coeficiente de variação da parcela; CV 2 (%): coeficiente de variação da subparcela.

Na avaliação de clorofila *a* em função das datas de avaliação, foi constatado efeito significativo apenas no primeiro experimento, com o maior valor sendo obtido aos 90 DA diferindo significativamente apenas de 0 DA (antes da aplicação dos reguladores vegetais). Nesse sentido, esses resultados podem sugerir uma resposta da referida cultura durante o período de preparação para a indução floral, principalmente na síntese desse pigmento específico. Contudo, devido a inibição do crescimento vegetativo e avanço da maturação fisiológica do ramo durante essas fases, provavelmente esse pigmento pode aumentar naturalmente na cultura através da não emissão de novos fluxos vegetativos e conseqüente menor relação área foliar/quantidade de pigmentos.

Para clorofila *b*, de acordo com as datas de avaliação no primeiro experimento, teve-se maior valor aos 30 DA, diferindo das demais datas. Observa-se que o incremento das clorofilas *a* e *b* não seguiram padrões proporcionais, sendo que provavelmente na data que se teve maior valor de clorofila *b* (30 DA), pode se ter tido uma maior necessidade de auxílio na absorção de energia luminosa pela planta nesse período.

Com relação aos teores de clorofila total em função das datas de avaliação, observa-se comportamento semelhante ao observado para clorofila *a*, com os maiores valores nas três últimas datas de avaliação, o que confirma o provável acúmulo desses pigmentos em resposta a fase de maturação do ramo para a indução floral. Os valores encontrados para clorofila total nesse trabalho são

inferiores aos relatados por Subbaiah et al. (2018) em mangueira 'Banganpalli' na Índia, com maiores valores de clorofila *a* e valores semelhantes de clorofila *b*.

Cunha (2019) em estudo avaliando a influência da aplicação de prolina e extrato de algas *Ascophyllum nodosum* em mangueira 'Tommy Atkins' em condições semelhantes ao presente estudo, observou valores superiores para todas as clorofilas avaliadas, contudo o autor observou que o déficit hídrico ocasionado pela RLH afetou negativamente o teor de clorofilas totais, o que não foi observado no presente estudo. Nesse sentido, o uso de bioestimulantes na maturação de ramos nos dois experimentos pode ter reduzido o estresse e atuado de forma positiva na síntese e atenuação da degradação da clorofila pelo fornecimento de aminoácidos (MACHOLD; STEPHAN, 1969).

Ao se avaliar o teor de carotenoides em função das datas de avaliação no primeiro experimento, verifica-se novamente maiores teores nas três últimas datas de avaliação diferindo da primeira data de avaliação (0 DA) que apresentou resultado inferior, seguindo o padrão da clorofila *a* e total. Torna-se importante ressaltar que nesse sentido a RLH não afetou negativamente o conteúdo de pigmentos foliares, destacando-se que os carotenoides têm função de proteção contra danos causados pela radiação excessiva (TAIZ et al., 2017), sendo que assim pode ter protegido os demais pigmentos fotossintéticos.

#### **4. CONCLUSÕES**

A aplicação de fenpropimorfe na dose de 1,3 g m<sup>-1</sup> por metro linear de diâmetro da copa feita em quatro vezes em intervalos de quinze dias promove maior transpiração em mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido.

A aplicação de fenpropimorfe não interfere no acúmulo de pigmentos fotossintéticos em mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido.

A redução de lâmina hídrica (RLH) promoveu redução da atividade fisiológica e não interferiu no acúmulo de pigmentos fotossintéticos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido.

#### **5. REFERÊNCIAS**

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BITHELL, S. L.; HEARNDEN, M.; DICZBALIS, Y.; WICKS, C. Preflower irrigation and paclobutrazol dependent fruit number and water use efficiency responses in young mango trees. **Acta Horticulturae**, v. 992, n. 15, p. 129-138, 2013.

CHAMBERLAIN, K.; PATEL, S.; BROMILOW, H. Uptake by roots and translocation to shoots of two morpholine fungicides in barley. *Pesticide Science*, v. 54, n. 1, p. 1-7, 1998.

CHARNVICHIT, S.; TONGUMPAI, P.; SAGUANSUPYAKORN, C.; PHAVAPHUTANON, L.; SUBHARDRABANDHU, S. Effect of paclobutrazol on canopy size control and flowering of mango, cv. Nam Dok Mai Twai no. 4, after hard pruning. **Acta Horticulturae**, 291, n. 7, p. 60-66, 1991.

**CULTAR® 250 SC**. São Paulo: 2018. Bula de defensivo agrícola. Disponível em: <[https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/cultar\\_250\\_sc.pdf?token=1531853245](https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/cultar_250_sc.pdf?token=1531853245)>. Acesso em 19 de agosto de 2018.

CUNHA, J. G. **Fornecimento de prolina e extrato de algas como atenuante do estresse abiótico em mangueira ‘Tommy Atkins’ cultivada no semiárido**. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, Pernambuco, 2019.

DAVENPORT, T. L. Reproductive physiology of mango. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 363-376, 2007.

DAVENPORT, T. L.; YING, Z.; KULKARNI, V.; WHITE, T. L. Evidence for a translocatable florigenic promoter in mango. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 2, p. 150-159, 2006.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. M. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. 230p.

FARIA, L. N.; SOARES, A. A.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R.; CASTRO, L. G. The effects of irrigation management on floral induction of ‘Tommy Atkins’ mango in Bahia semiarid. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 387-398, 2016.

HELALY, M. N.; EL-HOSEINY, H.; EL-SHEERY, N. I.; RASTOGI, A.; KALAJI, H. M. Regulation and physiological role of silicon in alleviating drought stress of mango. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 31-44, 2017.

JAVADI, T. The effect of paclobutrazol on morphological, physiological and gas exchange characteristics of pear (*Pyrus communis* cv. Shah Mive) under different irrigation regimes. **Journal of Horticulture Science**, v. 30, n. 2, p. 336-347, 2016.

KUMAR, M.; PONNUSWAMI, V.; KUMAR, P. J.; SARASWATHY, S. Influence of season affecting flowering and physiological parameters in mango. **Scientific Research and Essays**, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2014.

LABMET. **Laboratório de Meteorologia**. 2020. <<http://labmet.univasf.edu.br>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2020.

LAXMAN, R. H.; ANNAPOORNAMMA, C. J.; BIRADAR, G. Mango. In: SRINIVASA RAO, N. K.; SHIVASHANKARA, K. S.; LAXMAN, R. H. (Eds.). **Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops**. Springer: New Delhi, 2016. p. 169-181.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy, **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, v.1, n. 1, p. 431-438, 2001.

LOPES, P. R. C.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, A. N.; MATTOS, M. A. A. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da Produção Integrada de Manga**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003. 72p.

LU, P.; CHACKO, E. K.; BUTHELL, S. L.; SCHAPER, H.; WIEBEL, J.; COLE, S.; MÜLLER, W. J. Photosynthesis and stomatal conductance of five mango cultivars in the seasonally wet-dry tropics of northern Australia. **Scientia Horticulturae**, v. 138, p. 108-119, 2012.

MACHOLD, O.; STEPHAN, U. W. The function of iron in porphyrin and chlorophyll biosynthesis. **Phytochemistry**, v. 8, n. 11, p. 2189-2192, 1969.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. 1 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 81p.

MUDO, L. E. D.; LOBO, J. T.; CARREIRO, D. A.; CAVACINI, J. A.; SILVA, L. S.; CAVALCANTE, Í. H. L. Leaf gas exchange and flowering of mango sprayed with biostimulant in semi-arid. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 332-340, 2020.

PRASAD, S. R. S.; REDDY, Y. T. N.; UPRETI, K. K.; RAJESHWARA, A. N. Studies on changes in carbohydrate metabolism in regular bearing and "off" season bearing cultivars of mango (*Mangifera indica* L.) during flowering. **International Journal of Fruit Science**, v. 14, n. 4, p. 437-459, 2014.

RADEMACHER, W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. In: HEDDEN, P.; THOMAS, S. G. (Eds.) **The gibberellins**. Chichester: Annual Plant Reviews, 2016. cap. 12, p. 359,403.

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 65-72, 2010.

RAMOUTAR, D.; COWLES, R. S.; REQUINTINA JR, E.; ALM, S. R. Synergism between deinetnylation inhibitor fungicides or gibberellin inhibitor plant growth regulators and bifenthrin in a pyrethroid-resistant population of *Listronotus*

*maculicollis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 5, p. 1810-1814, 2010.

R CORE TEAM. 2018. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.

RYMBAI, H.; LAXMAN, R. H.; DINESH, M. R.; SUNOJ, V. S. J.; RAVISHANKAR, K. V.; JHA, A. K. Diversity in leaf morphology and physiological characteristics among mango (*Mangifera indica*) cultivars popular in different agro-climatic regions of India. **Scientia Horticulturae**, v. 176, p. 189-193, 2014.

SANDIP, M.; MAKWANA, A. N.; BARAD, A. V.; NAWADE, B. D. Physiology of flowering – the case of mango. **International Journal of Applied Research**, v. 1, n. 11, p. 1008-1012, 2015.

SANTOS, M. R.; NEVES, B. R.; SILVA, B. L.; DONATO, S. L. R. Yield, water use efficiency and physiological characteristic of “Tommy Atkins” mango under partial rootzone drying irrigation system. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 7, n. 13, p. 1029-1037, 2015.

SAXENA, P.; SINGH, V. K.; PATHAK, N. Osmotic regulation in mango (*Mangifera indica* L.) cultivars at different phenological stages of flowering and fruiting. **International Journal of Agricultural Science and Research**, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2014.

SCHAFFER, B.; GAYE, G. O. Gas exchange, chlorophyll and nitrogen content of mango leaves as influenced by light environment. **HortScience**, v. 24, n. 3, p. 507-509, 1989.

SHIVASHANKARA, K. S.; MATHAI, C. K. Inhibition of photosynthesis by flowering in mango (*Mangifera indica* L.). A study by gas exchange methods. **Scientia Horticulturae**, v. 83, v. 3-4, p. 205-212, 2000.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Solos. 2009. 627p.

SILVA, L. S. **Ácidos fúlvicos e aminoácidos livres na potencialização de absorção e efeito de paclobutrazol em mangueira ‘Keitt’**. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Produção Vegetal). Universidade Federal do Piauí. Bom Jesus, Piauí, 2019.

SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. C. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 120, n. 4, p. 467-472, 2009.

SINGH, S. K.; PANDEY, A. K.; SINGH, P. Gaseous exchange, biochemical parameters and yield as affected by application techniques and doses of paclobutrazol in litchi tree. **Indian Journal of Horticulture**, v. 76, n. 2, p. 265-272, 2019.

SOUZA, M. A.; MÉSQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; FERREIRA, K. M.; ARAUJO, E. F. J. Physiological and biochemical characterization of mango tree with paclobutrazol application via irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 4, p. 442-449, 2016.

SUBBAIAH, K. V.; REDDY, N. N.; PADMAVATHAMMA, A. S.; REDDY, M. L. N.; RAO, A. V. D. D.; MANJULA, R.; REDDY, A. G. K. Effect of paclobutrazol on hermaphrodite flowers, leaf chlorophyll contents and soil micro organisms. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 4, p. 54-48, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. (6 ed.). Porto Alegre, Brazil: ArtMed, 2017.

TIWARI, D. K.; PATEL, V. B.; PANDEY, A. K. Floral induction in mango: physiological, biochemical and molecular basis. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 1, p. 252-259, 2018.

UPRETI, K. K.; PRASAD, S. R. S.; REDDY, Y. T. N.; RAJESHWARA, A. N. Paclobutrazol induced changes in carbohydrates and some associated enzymes during floral initiation in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Totapuri. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 317-323, 2014.

UPRETI, K. K.; REDDY, Y. T. N.; PRASAD, S. R. S.; BINDU, G. V.; JAYARAM, H. L.; RAJAN, S. Hormonal changes in response to paclobutrazol induced early flowering in mango cv. Totapuri. **Scientia Horticulturae**, v. 150, n. 4, p. 414-418, 2013.

URBAN, L.; LU, P.; THIBAUD, R. Inhibitory effect of flowering and early fruit growth on leaf photosynthesis in mango. **Tree Physiology**, v. 24, n. 4, p. 387-399, 2004.

## CAPÍTULO 3

### ACÚMULO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS, BIOSÍNTESE DE ÁCIDO GIBÉRELICO E FLORESCIMENTO DE MANGUEIRA EM FUNÇÃO DO USO DE FENPROPIMORFE

#### RESUMO

Fenpropimorfe é uma morfolina que possui potencial para inibição da biossíntese de giberelinas, podendo se tornar uma alternativa ao uso do paclobutrazol (PBZ), que pode causar contaminação ambiental e compactação de panículas, entretanto não se tem estudos dessa molécula na cultura da mangueira. Objetivou-se avaliar os efeitos do fenpropimorfe no acúmulo de compostos orgânicos, biossíntese de ácido giberélico, crescimento e florescimento de mangueira cv. Tommy Atkins no semiárido. Foram realizados dois experimentos em pomares de mangueira 'Tommy Atkins' no primeiro ciclo produtivo entre setembro de 2018 e janeiro de 2019 (primeiro experimento) e entre setembro de 2019 e janeiro de 2020 (segundo experimento) em Petrolina-PE, Brasil. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo, 4 x 4 + 1, com quatro repetições. As parcelas corresponderam às concentrações de fenpropimorfe: 0,0; 0,7; 1,0 e 1,3 g por metro linear de diâmetro da copa mais o tratamento adicional paclobutrazol (1,0 g por metro linear de diâmetro da copa); e as subparcelas corresponderam às datas de avaliação (0, 30, 60 e 90 dias após a primeira aplicação dos tratamentos). Foram avaliados: amido no ramo; ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) nas gemas apicais; carboidratos solúveis totais (CST) na folha e no ramo; comprimento de ramo (CR); aminoácidos, proteínas foliares e porcentagem de florescimento. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F, sendo que havendo significância, foi aplicado teste de Tukey para comparação entre os tratamentos e análise de regressão para as doses de fenpropimorfe ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos influenciaram significativamente CR, aminoácidos foliares nos dois experimentos, amido, CST no ramo e proteínas foliares no segundo experimento, com as datas de avaliação influenciando significativamente todas as variáveis em ambos experimentos, exceto amido no ramo, CST foliares e no ramo no primeiro experimento, havendo interação entre os fatores para amido no ramo e GA<sub>3</sub> no primeiro experimento, CR e aminoácidos foliares nos dois experimentos, com ajuste de regressão para as doses de fenpropimorfe para GA<sub>3</sub>, CST foliares e no ramo no primeiro experimento e aminoácidos foliares no segundo experimento. Fenpropimorfe é eficiente na inibição da biossíntese de GA<sub>3</sub> promovendo acúmulo de reservas, não interferindo no crescimento e florescimento. Há tendência de acúmulo de reservas e decréscimo de proteínas foliares da mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L. Regulador de crescimento. Acúmulo de reservas. Indução floral.

## ACCUMULATION OF ORGANIC COMPOUNDS, BIOSYNTHESIS OF GIBBERELIC ACID AND MANGO FLOWERING DUE TO THE USE OF FENPROPIMORPH

### ABSTRACT

Fenpropimorph is a morpholine that has the potential to inhibit the biosynthesis of gibberellins and may become an alternative to the use of paclobutrazol (PBZ), which can cause environmental contamination and panicles compaction, however there are no studies of this molecule in the culture of the mango tree. The objective was to evaluate the effects of fenpropimorph on the accumulation of organic compounds, biosynthesis of gibberellic acid, growth and flowering of mango cv. Tommy Atkins in the semi-arid. Two experiments were carried out in 'Tommy Atkins' mango orchards in the first production cycle between September of 2018 and January of 2019 (first experiment) and between September 2019 and January 2020 (second experiment) in Petrolina-PE, Brazil. The experimental design adopted was randomized blocks in plots subdivided over time, 4 x 4 + 1, with four replications. The plots corresponded to the concentrations of fenpropimorph: 0.0; 0.7; 1.0 and 1.3 g per linear canopy diameter plus the additional paclobutrazol treatment (1.0 g per linear canopy diameter); and the subplots corresponded to the evaluation dates (0, 30, 60 and 90 days after the first application of treatments). The following were evaluated: starch in the shoot; gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) in apical buds; total soluble carbohydrates (TSC) in the leaf and shoot; shoot length (SL); amino acids, leaf proteins and percentage of flowering uniformity. The data obtained were subjected to analysis of variance by the F test, and if there was significance, Tukey's test was applied to compare treatments and regression analysis for fenpropimorph doses ( $p < 0.05$ ). The treatments significantly influenced SL, leaf amino acids in the two experiments, starch, TSC in the shoot and leaf proteins in the second experiment, with the evaluation dates significantly influencing all variables in both experiments, except starch in the shoot, leaf TSC and starch in the shoot in the first experiment, with interaction between the factors for starch in the shoot and GA<sub>3</sub> in the first experiment, SL and leaf amino acids in the two experiments, with regression adjustment for the fenpropimorph doses for GA<sub>3</sub>, leaf CST and in the shoot in the first experiment and leaf amino acids in the second experiment. Fenpropimorfe is efficient in inhibiting the biosynthesis of GA<sub>3</sub> promoting accumulation of reserves, without interfering with growth and flowering. There is a tendency of accumulation of reserves and decrease of leaf proteins of the 'Tommy Atkins' mango cultivated in the semi-arid.

**Keywords:** *Mangifera indica* L. Growth regulator. Accumulation of reserves. Flower induction.

### 1. INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma cultura amplamente difundida em clima subtropical e tropical, sendo que nos trópicos de baixa latitude essa espécie tende a apresentar elevada biossíntese de giberelinas, que estimulam o crescimento



vegetativo e conseqüentemente inibem a floração (SANDIP et al., 2015). Nessas condições, o manejo dessa cultura tem envolvido o uso de inibidores da biossíntese de giberelinas, com destaque para o grupo químico dos triazóis, especialmente o paclobutrazol (PBZ) e uniconazol (UCZ) (RADEMACHER, 2016).

A aplicação desses reguladores vegetais promove uma série de respostas em cadeia visando diminuir a influência do promotor vegetativo (PV) e aumentar a ação do promotor florigênico putativo (PF) para a diferenciação floral. Dentre essas respostas, pode-se citar alterações no balanço hormonal (UPRETI et al., 2013), acúmulo de reservas no botão floral (UPRETI et al., 2014) acréscimo de compostos fenólicos e restrição da expansão celular no ápice do ramo (OLIVEIRA et al., 2019).

Atualmente, o PBZ é a única molécula registrada para a inibição da biossíntese de giberelinas na cultura da mangueira no Brasil (AGROFIT, 2020). Contudo, apesar da sua eficiência para essa finalidade, o seu uso sequenciado pode causar malefícios a microbiota e conseqüente fertilidade do solo a longo prazo em função de sua alta persistência e altas doses podem promover a compactação das panículas (SRILATHA et al., 2014), favorecendo a ocorrência de problemas fitossanitários e conseqüente redução da produtividade. Nesse sentido, estudos visando a disponibilidade de novas alternativas tornam-se importantes e necessários.

O fenpropimorfe é uma molécula do grupo químico das morfolinas com ação fungicida, que atua sobre a rota de biossíntese das membranas celulares e possui a capacidade de inibição da biossíntese de esterol em fungos (CARLILE, 2006), podendo interferir na biossíntese de esterol e/ou giberelinas em algumas espécies vegetais como a grama (*Poa annua* L.) (RAMOUTAR et al., 2010), entretanto não se tem informações na literatura com o uso dessa molécula na cultura da mangueira.

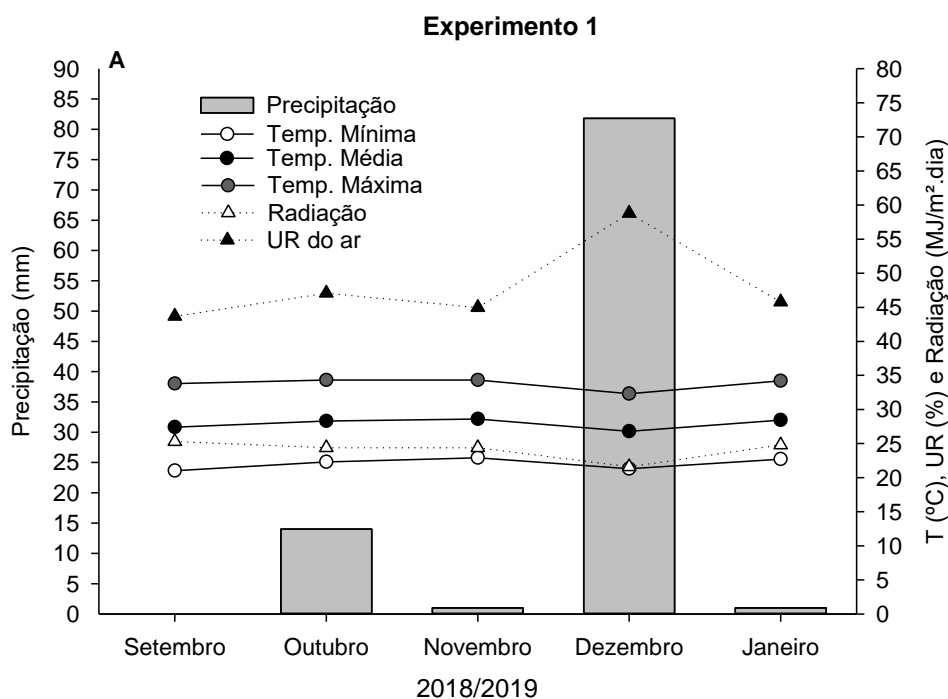
Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do fenpropimorfe no acúmulo de compostos orgânicos, biossíntese de ácido giberélico, crescimento e florescimento de mangueira cv. Tommy Atkins no semiárido.

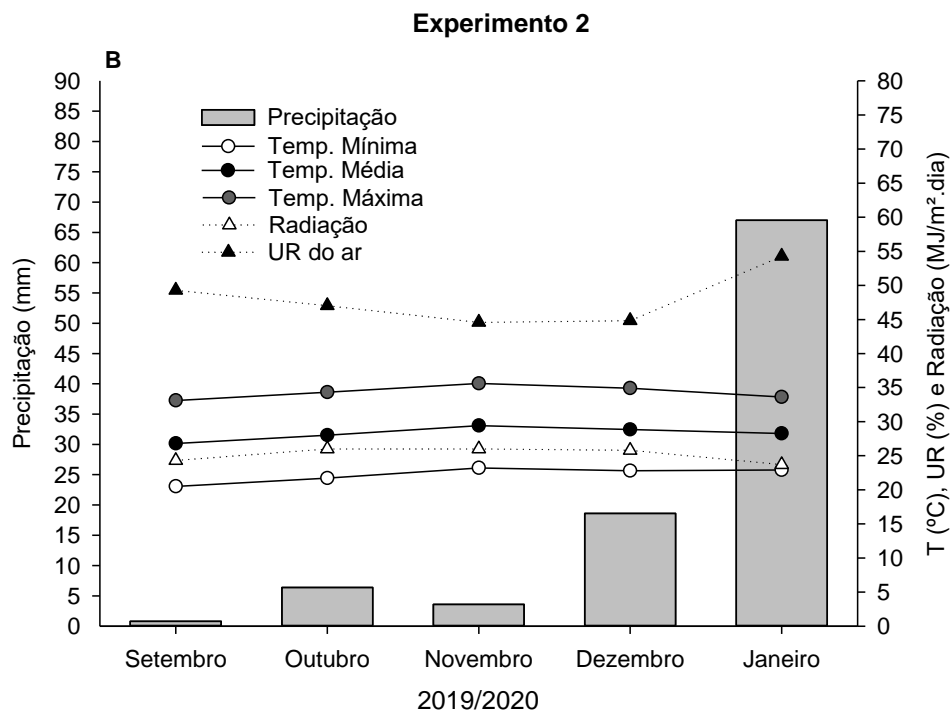
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram realizados dois experimentos em pomares de mangueira 'Tommy Atkins' no primeiro ciclo produtivo, visando evitar resíduos de experimentos

anteriores. O primeiro experimento foi realizado entre setembro de 2018 e janeiro de 2019 em pomar localizado no povoado Pedrinhas, Petrolina – PE (9° 09' S, 40° 22' O e a uma altitude de 365,5 m acima do nível do mar), enquanto o segundo experimento foi realizado entre setembro de 2019 e janeiro de 2020 na fazenda FRUTAVI/ARGO BRASIL localizada no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina – PE (9° 18' S, 40° 33' O, a uma altitude de 365,5 m acima do nível do mar). O clima da região é classificado como Bsh, com precipitação anual menor que 500 mm, caracterizando-a como uma região semiárida (ALVARES et al., 2013).

Durante a execução do experimento, os dados climáticos referentes a precipitação pluviométrica acumulada, temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global médios foram registrados em estação meteorológica automática (LABMET) (Figura 1).





**Figura 1.** Precipitação pluviométrica acumulada, temperatura mínima, máxima e média do ar, umidade relativa do ar e radiação solar global médios registrados no primeiro (A) e segundo experimento (B). Petrolina-PE.

Para caracterização inicial das áreas, foram coletadas amostras de solo antes da aplicação dos tratamentos para análise química (SILVA, 2009), textural (DONAGEMA et al., 2011) e matéria orgânica (MENDONÇA; MATOS, 2005) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização química, textural e de matéria orgânica do solo cultivado com mangueira 'Tommy Atkins' nos experimentos 1 e 2, respectivamente.

Experimento 1									
Profundidade	pH	CE	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB
Cm	(H <sub>2</sub> O)	dS m <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			
0-20	7,24	0,13	123,35	1,74	0,13	4,05	2,06	0,00	7,98
20-40	7,26	0,11	595,34	1,41	0,13	3,59	2,11	0,00	7,24
Profundidade	MO	AF	AH	HU	Areia	Silte	Argila	Textura	
Cm		g kg <sup>-1</sup>			dag kg <sup>-1</sup>				
0-20	14	2,41	1,44	10,01	68,65	14,25	17,1	Franco arenosa	
20-40	15,1	1,63	1,12	9,99	67,78	17,12	15,1	Franco arenosa	
Experimento 2									
Profundidade	pH	CE	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB
Cm	(H <sub>2</sub> O)	dS m <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmolc dm <sup>-3</sup>			
0-20	7,30	0,37	616,90	2,59	0,70	4,27	3,02	0,00	10,58
20-40	7,56	0,22	298,07	1,56	0,56	3,70	2,17	0,00	7,99
Profundidade	MO	AF	AH	HU	Areia	Silte	Argila	Textura	
Cm		g kg <sup>-1</sup>			dag kg <sup>-1</sup>				
0-20	12,14	3,35	3,11	4,13	75,91	9,69	14,4	Franco arenosa	
20-40	10,26	3,32	2,69	4,44	77,72	8,78	13,5	Franco arenosa	

CE: Condutividade elétrica; SB: Soma de bases; MO: Matéria orgânica; AF: Ácido fúlvico; AH: Ácido húmico; HU: Humina.

As plantas utilizadas no primeiro experimento estavam distribuídas no espaçamento 4 m entre plantas e 6 m entre linhas, sendo irrigadas por sistema de microaspersão individual com vazão de 56 L h<sup>-1</sup>, enquanto as plantas utilizadas no segundo experimento estavam espaçadas 2 m entre plantas e 7 m entre linhas com irrigação por microaspersor individual de vazão 70 L h<sup>-1</sup>, sendo ambas submetidas às práticas culturais recomendadas para a cultura da mangueira nas condições regionais de cultivo, seguindo as normas técnicas da Produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al. (2003), quanto a podas, manejo nutricional via fertirrigação, controle de plantas invasoras, pragas e doenças.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo, 4 x 4 + 1, com quatro repetições, sendo cinco plantas por repetição (primeiro experimento) e três plantas por repetição (segundo experimento). As parcelas corresponderam às doses de fenpropimorfe: 0; 0,7; 1,0 e 1,3 g de fenpropimorfe por metro linear de diâmetro da copa, usando como fonte o produto comercial Versatilis® concentrado solúvel (75% i.a. de fenpropimorfe) mais o tratamento adicional paclobutrazol (1 g por metro linear de diâmetro da copa)

utilizando como fonte o produto comercial Cultar® 250 SC (primeiro experimento) e Paclo BR® (segundo experimento), ambos com 25% i.a. de paclobutrazol; enquanto as subparcelas corresponderam às datas de avaliação (DA) (0, 30, 60 e 90 dias após a primeira aplicação dos tratamentos).

As doses de fenpropimorfe aplicadas foram calculadas por metro linear de diâmetro de copa tomando como parâmetro a recomendação para o PBZ especificamente para a cultura da mangueira (CULTAR® 250 SC, 2007). Foram realizadas medições nos dois sentidos da copa (entre plantas e entre linhas das plantas), sendo utilizado o maior valor de diâmetro para cálculo das doses aplicadas.

A aplicação dos tratamentos foi realizada quando as plantas apresentaram o segundo fluxo vegetativo desenvolvido após a poda (Figura 2) nos dois experimentos, fase sugerida para a aplicação de inibidores da biossíntese de giberelinas (CHARNVICHIT et al., 1991).



**Figura 2.** Segundo fluxo vegetativo de mangueira ‘Tommy Atkins’ desenvolvido após a poda de produção no semiárido. Petrolina-PE.

No primeiro experimento, a aplicação dos tratamentos foi realizada uma única vez em 11 de setembro de 2018, aos 99 dias após a poda de produção, sendo as doses dos tratamentos diluídas em dois litros de água com adição de 10 mL do fertilizante organomineral Soil-Plex® Fert (N 2%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1,5%, K<sub>2</sub>O 3%, CO 7,89%) e aplicadas em uma faixa de 50 cm em torno do caule das plantas. No segundo experimento, foram realizadas um total de quatro aplicações de fenpropimorfe em

intervalos de 15 dias mantendo-se a dose da molécula utilizada no primeiro experimento em cada aplicação, sendo feita apenas uma aplicação de paclobutrazol semelhante ao primeiro experimento. A aplicação dos tratamentos foi iniciada em 02 de setembro de 2019, aos 90 dias após a poda de produção, sendo que em cada aplicação, as doses foram diluídas em dois litros de água com adição de 10 mL de fertilizante organomineral MOL Top® (COT 10%, N 11%, K 1%) e aplicadas em uma faixa de 50 cm em torno do caule das plantas.

A fase de maturação de ramos no experimento 1 foi iniciada aos 43 DA, constituindo de oito aplicações de sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ) (1%) + fertilizante foliar com efeito bioestimulante a 0,15% ( $K^+$  solúvel em água 12%, carbono orgânico 9,87%, aminoácidos 20%, surfactante aniônico e extrato de leveduras) em intervalos semanais, enquanto no segundo experimento foi iniciada aos 38 DA, sendo realizadas oito aplicações de  $K_2SO_4$  (2%) em intervalo semanal + quatro aplicações de fertilizante foliar com efeito bioestimulante a 0,15% (N 5%,  $P_2O_5$  5%,  $K_2O$  45% + complexo de micronutrientes) em intervalos de 15 dias iniciando na segunda aplicação + 2 aplicações de extrato de algas *Ascophyllum nodosum* (0,3%) nas duas últimas pulverizações.

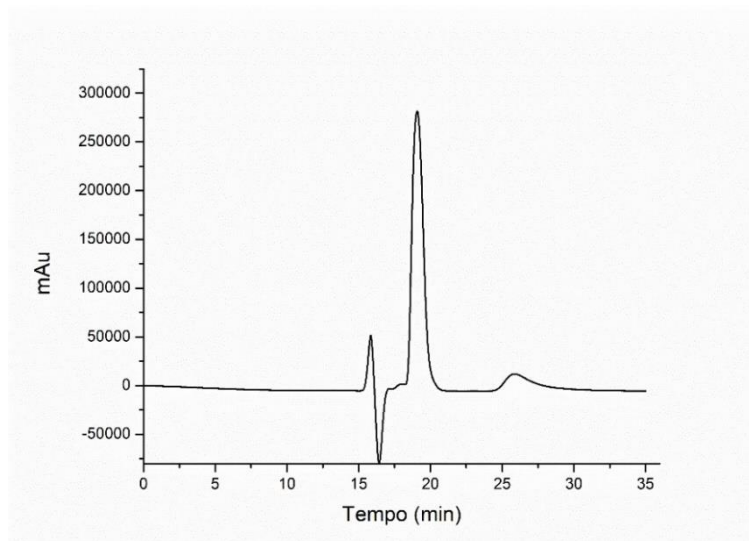
O manejo de estresse hídrico ocorreu concomitantemente à fase de maturação de ramos no experimento 1, com a lâmina de irrigação reduzida para 33,3% da ETc aos 43 DA, sendo que aos 62 DA a lâmina estava com redução para 66,6% da ETc prosseguindo até o momento da primeira indução floral (aplicação dos nitratos). No experimento 2, a fase de redução de lâmina hídrica foi iniciada simultaneamente à primeira aplicação dos tratamentos, sendo a lâmina de irrigação reduzida para 66,6% da ETc diária.

Ao final da maturação de ramos e antes da primeira indução floral, foi realizado desponte manual de ponteiros para sincronização reprodutiva do dossel em ambos experimentos. A indução floral no primeiro experimento foi iniciada aos 105 dias após a aplicação dos tratamentos e incluiu 3 aplicações de nitrato de potássio ( $KNO_3$ ) (2,5%) + ácido bórico  $H_3BO_3$  (0,05%) e 8 aplicações de nitrato de cálcio  $(CaNO_3)_2$  + ácido bórico  $H_3BO_3$  (0,05%) em intervalos de seis dias, enquanto no segundo experimento foi iniciada aos 93 dias de avaliação incluindo 3 aplicações de  $Ca(NO_3)_2$  (2%) em intervalos de 20 dias.

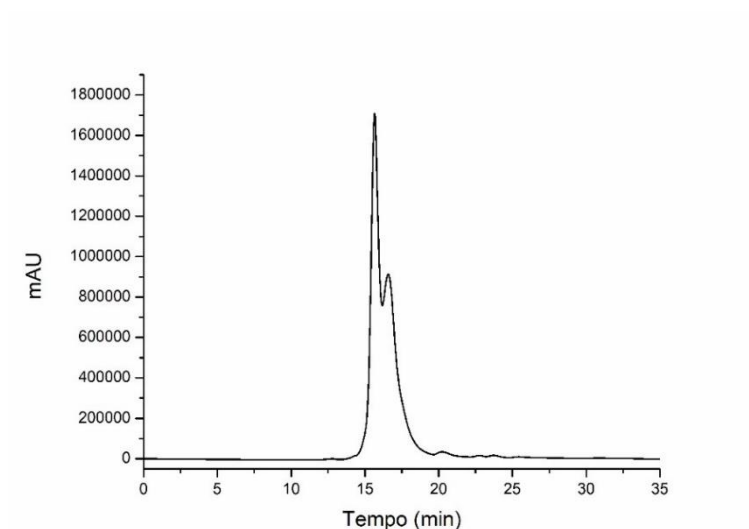
Amostras de folhas e ramos do último fluxo vegetativo das plantas foram coletadas aos 0, 30, 60 e 90 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em caixas térmicas com gelo, sendo conduzidas para o Laboratório de Fisiologia Vegetal da UNIVASF e armazenadas a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para as seguintes análises: i) amido no ramo (NEVES; MORAES, 2005); ii) carboidratos solúveis totais foliares e no ramo (DUBOIS et al., 1956);iii) aminoácidos totais foliares (YEMM; COCKING, 1955); e iv) proteínas solúveis totais foliares (BRADFORD, 1976).

Para quantificação de ácido giberélico ( $\text{GA}_3$ ) nas gemas, o material foi coletado e envolto em papel alumínio, sendo imediatamente congelado em nitrogênio líquido, e posteriormente armazenado sob refrigeração a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  até o momento da análise, sendo realizada conforme metodologia adaptada de Macías et al. (2014). Para esta quantificação foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência acoplada a arranjo de diodo (CLAE-DAD) Shimadzu<sup>®</sup> (Modelo LC-20) equipado com um sistema quaternário de bombas modelo LC - 20A DVP, degaseificador modelo DGU - 20A, detector PDA modelo SPD - 20AVP, forno modelo CTO - 20ASVP, injetor automático modelo SIL - 20ADVP e controlador modelo SCL - 20AVP controlado por software LC-Solution<sup>®</sup> versão 1.0 (Shimadzu<sup>®</sup>, Japão).

Em relação a variável ácido giberélico, a análise cromatográfica permite determinar o perfil cromatográfico das amostras, sendo possível identificar e quantificar o ácido giberélico presente nas amostras de mangueira. Essa quantificação foi feita a partir da comparação dos espectros de absorção na região do ultravioleta-visível obtido na análise com os espectros encontrados na literatura, tendo sido realizada em teor de giberelinas totais com base na equação da reta foi  $y = 5129,2x - 66727$ , em que x corresponde a concentração e o y a intensidade em área relativa do pico do cromatograma. O resultado do perfil cromatográfico do padrão ácido giberélico está representado na Figura 3 e o perfil cromatográfico das amostras está representado na Figura 4.



**Figura 3.** Cromatograma do padrão de ácido giberélico (Vetec Química) analisado no comprimento de onda de 206 nm.



**Figura 4.** Cromatograma das amostras contendo o ácido giberélico analisado no comprimento de onda de 206 nm.

O perfil cromatográfico da amostra demonstrou a presença de picos majoritários nos tempos de retenção de 15,0 min e 20,0 min e apresentou picos de absorção máxima ( $\lambda$  máx) em 206 nm. Assim, foi possível identificar a presença do ácido giberélico nas amostras. Os valores descritos na Tabela 2 demonstram o teor de ácido giberélico em mg por grama da amostra.

A análise das amostras foi realizada nas seguintes condições cromatográficas: coluna C18 com dimensões de 150 x 4,6 mm e tamanho de partícula de 2,7  $\mu$ m (Poroshell®, Agilent®); a fase móvel composta por um gradiente de solventes, sendo A: água ultrapurificada + ácido fórmico 0,1% e B: Metanol,



seguindo o gradiente descrito na Tabela 2, com fluxo de 0,1 mL/min e a temperatura da coluna foi mantida constante em 23°C durante toda a análise.

**Tabela 2.** Sistema gradiente utilizado nas análises por CLAE-DAD.

Tempo (min)	A – solução aquosa de ácido fórmico 0,1% (%)	B - Metanol (%)
0	61,3	38,7
18	60	40
20	61,3	38,7
35	61,3	38,7

As amostras foram injetadas com 10µL e monitoradas em 206 nm. Para determinação qualitativa de ácido giberélico foi analisada a substância química de referência na concentração de 200 µg/mL (SigmaAldrich®, pureza ≥ 98%), enquanto que a determinação quantitativa do ácido giberélico foi obtida por meio de uma curva de calibração com soluções da substância química de referência nas concentrações de: 250 a 1250 µg/mL solubilizadas em metanol, em triplicata, cuja equação da reta foi  $y = 5129,2x - 66727$  e  $R^2 = 0,98$ . A identificação foi realizada a partir da comparação dos tempos de retenção e do espectro de absorção no ultravioleta das amostras com a substância química de referência. Os dados foram obtidos pelo software Shimadzu® LC solution 1.0 (Japão) e analisados pelo OriginPro® 8.0 (EUA).

Para avaliação do crescimento dos ramos, foi marcado o último fluxo vegetativo de dez ramos por plantas, distribuídos em todos os quadrantes da copa, e estes foram medidos por meio de fita métrica. A porcentagem de florescimento foi avaliada por meio da contagem de todos os ramos da planta e das panículas, sendo resultado da razão entre número de panículas/número de ramos por planta.

A análise estatística foi realizada com o software R (R CORE TEAM, 2018). Os dados obtidos de cada experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo que havendo significância, foi aplicado teste de médias Tukey para comparação entre os tratamentos e análise de regressão para as doses de fenpropimorfe ( $p < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resultado da análise de variância (Tabela 3), no primeiro experimento (2018/2019) não houve efeito significativo dos tratamentos (TRAT) sobre as variáveis estudadas, tendo-se efeito significativo das datas de avaliação (DA) sobre os carboidratos solúveis totais (CST) na folha e da interação entre os fatores para o ácido giberélico. No segundo experimento (2019/2020) houve efeito dos tratamentos sobre CST no ramo, das datas de avaliação sobre todas as variáveis e interação entre os fatores sobre amido no ramo.

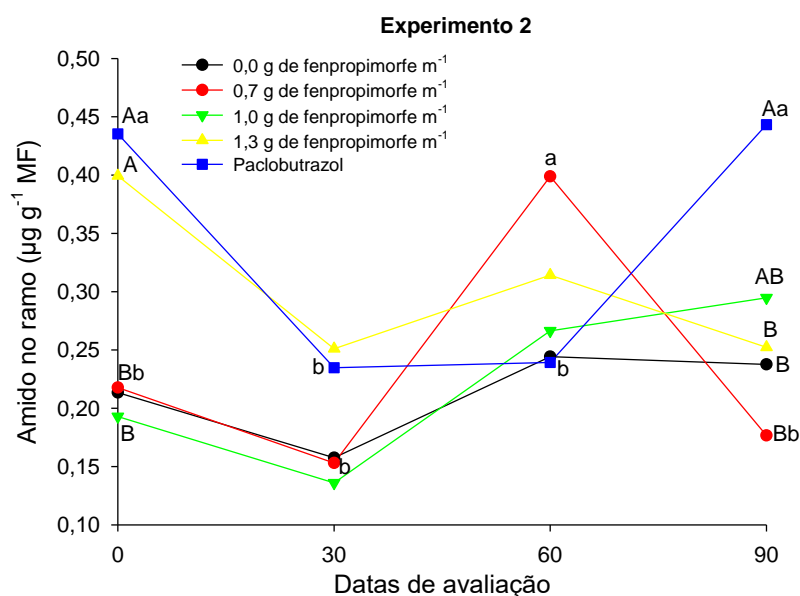
**Tabela 3.** Análise de variância (valor 'F') para amido no ramo, ácido giberélico, carboidratos solúveis totais (CST) no ramo e na folha de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos (TRAT) e datas de avaliação (DA).

FV	Variáveis			
	Amido no ramo	Ácido giberélico	CST no ramo	CST na folha
	$\mu\text{g g}^{-1}$ MF	$\text{mg mg}^{-1}$ MF	$\mu\text{mol g}^{-1}$ MF	$\mu\text{mol g}^{-1}$ MF
<b>Experimento 1</b>				
<b>BLOCO</b>	2,44 <sup>ns</sup>	2,07 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>
<b>TRAT</b>	1,37 <sup>ns</sup>	2,98 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>
0,0	0,23	0,361	69,95	184,54
0,7	0,23	0,329	73,32	203,73
1,0	0,25	0,331	73,15	193,65
1,3	0,21	0,249	59,71	196,89
PBZ	0,25	0,247	74,60	214,20
<b>DA</b>	1,38 <sup>ns</sup>	2,31 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	6,93 <sup>**</sup>
0	0,23	0,275	68,17	190,95ab
30	0,21	0,323	75,35	211,03a
60	0,23	0,369	66,88	224,53a
90	0,26	0,246	70,18	168,37b
<b>TRAT X DA</b>	0,44 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>*</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>
CV 1 (%)	22,58	39,77	30,55	25,23
CV 2 (%)	33,64	52,41	32,16	20,93
<b>Experimento 2</b>				
<b>BLOCO</b>	1,50 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	3,24 <sup>ns</sup>	2,80 <sup>ns</sup>
<b>TRAT</b>	7,26 <sup>**</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	11,02 <sup>**</sup>	1,32 <sup>ns</sup>
0,0	0,21	0,203	62,91b	143,71
0,7	0,24	0,185	67,68ab	137,92
1,0	0,22	0,197	55,52b	140,75
1,3	0,30	0,200	82,23a	151,41
PBZ	0,34	0,204	83,52a	160,81
<b>DA</b>	7,21 <sup>**</sup>	19,79 <sup>**</sup>	61,76 <sup>**</sup>	28,01 <sup>**</sup>
0	0,29	0,180b	118,96a	200,34a
30	0,19	0,160b	46,71c	146,18b

60	0,29	0,193b	75,46b	136,76b
90	0,28	0,258a	41,17c	104,40c
<b>TRAT X DA</b>	<b>3,37**</b>	<b>0,90<sup>ns</sup></b>	<b>0,83<sup>ns</sup></b>	<b>0,67<sup>ns</sup></b>
CV 1 (%)	31,14	20,03	21,28	21,90
CV 2 (%)	32,49	21,62	28,69	22,92

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>: significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); <sup>\*</sup>: significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV 1 (%): coeficiente de variação da parcela; CV 2 (%): coeficiente de variação da subparcela.

Ao analisar a interação entre os fatores para os teores de amido no ramo (Figura 5), observa-se que o tratamento com paclobutrazol apresentou superioridade em relação aos outros tratamentos aos 90 DA (pré-indução floral), sendo 50,37% ao tratamento com 1 g m<sup>-1</sup> de fenpropimorfe que não diferiu dos demais.



**Figura 5.** Teor de amido no ramo em mangueira ‘Tommy Atkins’ em função dos tratamentos e datas de avaliação no segundo experimento. Petrolina-PE.

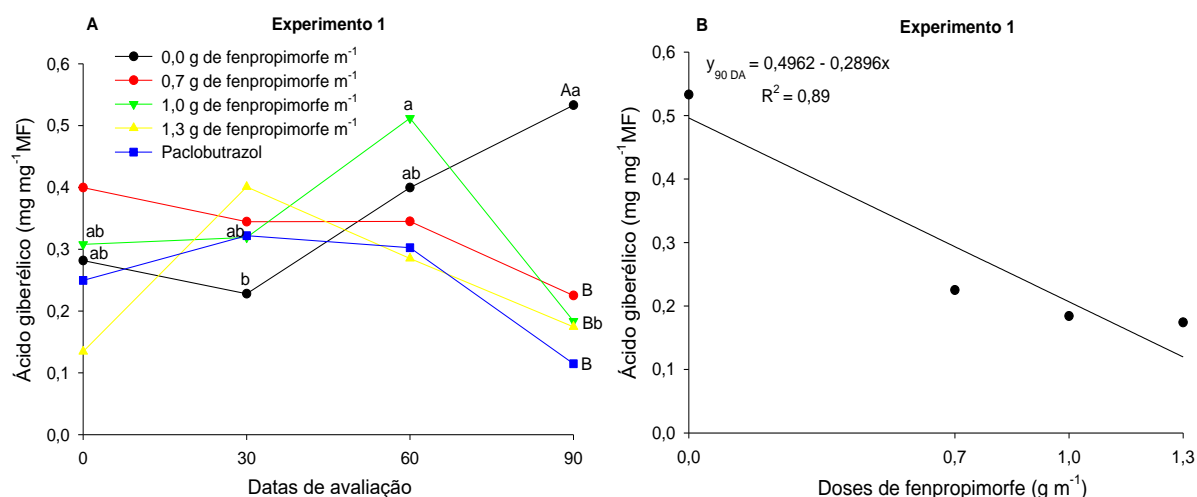
Letras maiúsculas comparam os tratamentos dentro de cada data de avaliação, letras minúsculas comparam datas de avaliação dentro de cada tratamento.

O acúmulo de amido parece ser necessário para a fase de florescimento na cultura da mangueira, estando envolvido na sinalização do estímulo floral (PRASAD et al., 2014), sendo assim, o tratamento com paclobutrazol foi eficiente para essa finalidade no segundo experimento quando comparado aos demais. Tendência semelhante foi observada por Upreti et al. (2014) em mangueira ‘Totapuri’ na Índia, havendo consumo posterior dessa reserva.

No segundo experimento, observa-se um decréscimo de 34,48% aos 30 DA no teor de amido em comparação a data inicial (Tabela 3). Nesse momento, a redução da lâmina hídrica já tinha sido iniciada e provavelmente as plantas estavam

em processo de adaptação a esse estresse consumindo reservas produzidas pelo processo fotossintético (ALMEIDA et al., 2015). Momentaneamente, essas reservas podem estar envolvidas principalmente na síntese de enzimas antioxidantes para a proteção das células vegetais (TAIZ et al., 2017).

Avaliando-se a interação dos fatores sobre o teor de ácido giberélico no primeiro experimento (Figura 6A), constata-se diferença significativa entre os tratamentos apenas aos 90 DA, com a testemunha (0,0 g de fenpropimorfe  $m^{-1}$ ) apresentando maior teor de ácido giberélico que os demais tratamentos que não diferiram estatisticamente entre si, sendo que o tratamento com paclobutrazol apresentou o menor valor, 78,47% inferior à testemunha.



**Figura 6.** Teor de ácido giberélico em gemas de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos e datas de avaliação (A) e aos 90 DA em função das doses de fenpropimorfe ( $F_c = 2,37$ ) (B) no primeiro experimento (2018/2019). Petrolina-PE.

Letras maiúsculas comparam os tratamentos dentro de cada data de avaliação, letras minúsculas comparam datas de avaliação dentro de cada tratamento.

Comumente, em condições tropicais é necessário a diminuição dos teores de giberelinas em brotos maduros para que possa ocorrer a diferenciação floral e consequente emissão de panículas (DAVENPORT, 2007), sendo que uma relação intermediária entre níveis de promotor vegetativo (giberelina) / promotor florígeno irá originar panículas mistas, enquanto altos níveis de giberelina favorecerão a emissão de novos fluxos vegetativos (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010).

Atualmente já foram identificadas mais de 130 giberelinas, contudo apenas  $GA_1$ ,  $GA_3$ ,  $GA_4$  e  $GA_7$  possuem função hormonal ativa nas plantas (BINEMBAUM et al., 2018), sendo que na mangueira, Upreti et al. (2013) observaram declínio dessas GAs nos botões apicais em função do uso de paclobutrazol, ocorrendo maior

diminuição de GA<sub>1</sub> no broto aos 15 dias antes de sua explosão, enquanto houve maior redução das outras GAs no momento de explosão do botão floral, enquanto Cavalcante et al. (2020) em estudo realizado com metconazol observaram de forma geral decréscimo de GA<sub>1</sub> + GA<sub>3</sub> e aumento de GA<sub>4</sub> no momento próximo a indução floral, contudo ambas giberelinas com teores muito parecidos.

Nesse sentido, há indícios da eficiência do fenpropimorfe na inibição da biossíntese de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) aos 90 DA, visto que os tratamentos com a molécula não diferiram estatisticamente do paclobutrazol no primeiro experimento (Figura 5A), enquanto analisando-se o ajuste de regressão com as doses de fenpropimorfe aos 90 DA (Figura 6B), observa-se significância na referida data com tendência de decréscimo linear de ácido giberélico com o aumento das doses, com resposta de 0,1197 mg mg<sup>-1</sup> para a maior dose da molécula, apresentando 75,88% de inferioridade em relação a testemunha, sendo que nessa data normalmente inicia-se o processo de indução floral.

Essa eficiência do fenpropimorfe na inibição da biossíntese de ácido giberélico pode ser atribuída a inibição das monoxigenases P450 interferindo especificamente no estágio antes do GA<sub>12</sub>-aldeído na biossíntese da giberelina (JOHANSEN et al., 2007). A GA<sub>12</sub> é a precursora de todas as giberelinas, e é formada a partir da oxidação do GA<sub>12</sub>-aldeído, sendo as monoxigenases as enzimas envolvidas e que empregam o citocromo P450 em suas reações (TAIZ et al, 2017), enquanto o paclobutrazol atua na inibição da conversão do *ent*-caureno para ácido *ent*-caurenóico que seria convertido para GA<sub>12</sub>-aldeído (RADEMACHER, 2016).

Analisando-se a influência das datas de avaliação (DA) dentro de cada tratamento (Figura 5A), constata-se diferença apenas nas doses de 0 e 1 g de fenpropimorfe m<sup>-1</sup>, com a testemunha apresentando um pico de acúmulo de ácido giberélico aos 90 DA, enquanto a dose de 1 g m<sup>-1</sup> apresentou maior valor aos 60 DA, com drástica redução aos 90 DA. Em condição semiárida tropical, as elevadas temperaturas favorecem a biossíntese de giberelina diminuindo os níveis do estímulo floral necessários para que a iniciação floral ocorra (DAVENPORT, 2007), corroborando assim com os resultados encontrados no presente trabalho em relação ao tratamento testemunha que não sofreu aplicação de inibidores da biossíntese de giberelina.

No segundo experimento (Tabela 3) houve um aumento de 33,68% do teor de ácido giberélico dos 60 para os 90 DA, comportamento inverso ao obtido no primeiro experimento, contudo apresentando similaridade numérica aos 90 DA entre os experimentos. Dessa forma, a mudança na estratégia de aplicação do fenpropimorfe pode ter mantido teores baixos de ácido giberélico durante o período de maturação de ramos pelo tempo de eficiência da molécula.

Para carboidratos solúveis totais no ramo (Tabela 3), observa-se que a maior dose de fenpropimorfe apresentou desempenho semelhante ao paclobutrazol no segundo experimento, sendo 30,71% superior a testemunha, enquanto para as datas de avaliação tem-se um decréscimo no geral, apenas com um aumento aos 60 DA. Esses dados corroboram a eficiência do fenpropimorfe no acúmulo de reservas, alterando-se a estratégia de aplicação, visto a significância apenas para o segundo experimento.

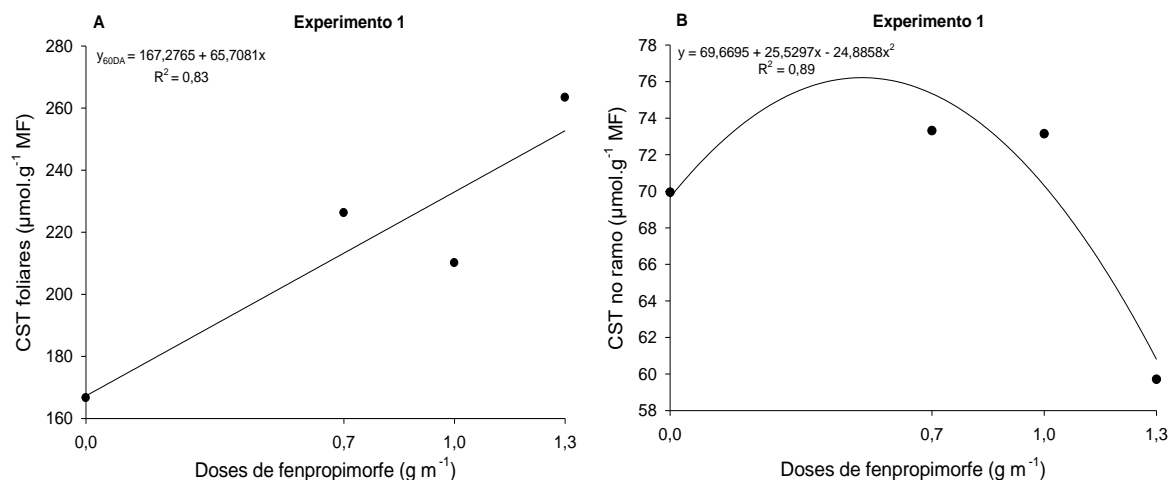
Para carboidratos solúveis totais (CST) foliares (Tabela 3), houve influência das datas de avaliação (DA) nos dois experimentos, sendo que no primeiro experimento registraram-se maiores valores aos 30 e 60 DA que não diferiram estatisticamente de 0 DA, com 90 DA apresentando resultado inferior. Já no segundo experimento, observa-se comportamento diferente, com tendência de decréscimo no decorrer do tempo, sendo que na pré-indução floral (90 DA) se tinha 47,89% de inferioridade em relação à data inicial.

Em relação aos resultados obtidos no primeiro experimento, comportamento semelhante foi verificado por Cavalcante et al. (2018) em folhas e ramos de mangueira 'Palmer' cultivada no semiárido, com tendência de acúmulo durante o período de maturação de ramos com posterior estabilização e declínio próximo ao início da indução floral. Kumar et al. (2014) relatam a necessidade de acúmulo de reservas para a sinalização do estímulo floral e florescimento com provável influência também no número de flores hermafroditas.

Contudo, no segundo experimento o comportamento basicamente foi inverso, sendo que ao se comparar os teores de carboidratos foliares aos 90 DA nos dois experimentos, tem-se 37,99% de inferioridade do segundo experimento. Analisando-se o segundo experimento separadamente, os resultados corroboram com as conclusões de Mudo et al. (2020) na mesma variedade do presente trabalho em condições similares, sendo que antes da maturação de ramos (aplicação de

paclobutrazol), os autores encontraram níveis mais altos de carboidratos foliares. Os autores atribuem esse comportamento ao manejo de estresse hídrico adotado (redução de 50% da ETc), o que corrobora com as condições encontradas no segundo experimento, sendo a lâmina reduzida desde o início (redução de 33,33% da ETc). Outrossim, a continuação do crescimento vegetativo nas plantas (Figura 7B) pode ter direcionado a partição de fotoassimilados para o crescimento desses novos órgãos interferindo negativamente no acúmulo de carboidratos (PHADUNG et al., 2011).

Analisando-se o ajuste de regressão dos CST foliares aos 60 DA em função das doses de fenpropimorfe (Figura 7A), tem-se uma resposta linear com valor máximo de 254  $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF na dose de 1,3  $\text{g m}^{-1}$ , enquanto avaliando-se a resposta dos CST no ramo (Figura 7B) em função das doses de fenpropimorfe tem-se resposta máxima de 76,22  $\mu\text{mol.g}^{-1}$  MF na dose estimada de 0,51  $\text{g m}^{-1}$  de fenpropimorfe.



**Figura 7.** Carboidratos solúveis totais (CST) foliares em função de doses de fenpropimorfe aos 60 DA ( $F_c = 2,70$ ) (A) e CST no ramo em função das doses de fenpropimorfe ( $F_c = 4,87$ ) (B) no primeiro experimento (2018/2019). Petrolina-PE.

Vários autores relatam o acúmulo de carboidratos como uma resposta a aplicação de inibidores da biossíntese de giberelina (ABDEL RAHIM et al., 2011; SAXENA et al., 2014; UPRETI et al., 2014). Os carboidratos acumulados serão convertidos em carboidratos estruturais para a formação de novos órgãos na planta (PHADUNG et al., 2011). Nesse sentido, o fenpropimorfe apresenta eficiência para

essa finalidade, principalmente aos 60 DA, período que corresponde à fase intermediária da maturação de ramos e que comumente tem a função de acúmulo de reservas para o florescimento (CAVALCANTE et al., 2018).

De acordo com a análise de variância (Tabela 4), houve efeito significativo dos tratamentos (TRAT) e datas de avaliação (DA) sobre todas as variáveis analisadas em ambos experimentos, exceto dos tratamentos sobre as proteínas totais no primeiro experimento, havendo interação significativa dos fatores para comprimento de ramo (CR) e aminoácidos totais nos dois experimentos.

**Tabela 4.** Análise de variância (valor 'F') para comprimento de ramo (CR), aminoácidos totais, proteínas totais e florescimento de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos (TRAT) e datas de avaliação (DA).

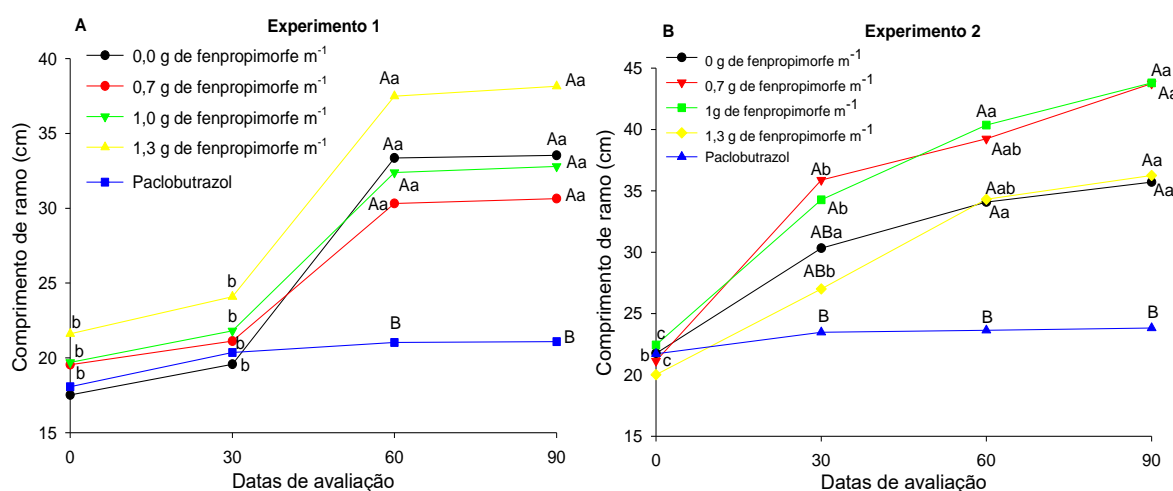
FV	Variáveis			
	CR	Aminoácidos totais	Proteínas totais	Florescimento***
	cm	$\mu\text{mol g}^{-1}$ MF	$\mu\text{mol g}^{-1}$ MF	(%)
<b>Experimento 1</b>				
<b>BLOCO</b>	1,07 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>
<b>TRAT</b>	5,93 <sup>**</sup>	7,07 <sup>**</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	58,42 <sup>**</sup>
0	26,00	3,51	0,82	0,08b
0,7	25,41	2,74	0,83	0,93b
1	26,67	1,87	0,81	0,45b
1,3	30,33	2,73	0,85	0,11b
PBZ	20,14	2,47	0,86	17,84a
<b>DA</b>	80,92 <sup>**</sup>	6,01 <sup>**</sup>	36,46 <sup>**</sup>	
0	19,29	2,04	0,93a	
30	21,39	2,32	0,93a	
60	30,92	3,41	0,84a	
90	31,24	2,88	0,62b	
<b>TRAT X DA</b>	4,00 <sup>**</sup>	2,10 <sup>*</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	
CV 1 (%)	23,37	33,40	14,68	
CV 2 (%)	12,11	41,63	12,94	
<b>Experimento 2</b>				
<b>BLOCO</b>	0,62 <sup>ns</sup>	3,51 <sup>*</sup>	5,45 <sup>*</sup>	1,00 <sup>ns</sup>
<b>TRAT</b>	5,76 <sup>**</sup>	15,83 <sup>**</sup>	4,37 <sup>*</sup>	5,77 <sup>**</sup>
0	30,47	1,55	0,89ab	5,59ab
0,7	35	1,62	0,82b	0b
1	35,22	1,16	0,87ab	1,21b
1,3	29,40	1,30	0,91a	0,43b
PBZ	23,16	2,46	0,93a	25,65a
<b>DA</b>	101,37 <sup>**</sup>	3,43 <sup>*</sup>	9,48 <sup>**</sup>	***
0	21,41	1,95	1,00a	



30	30,19	1,56	0,89ab	
60	34,33	1,36	0,90 <sup>a</sup>	
90	36,66	1,59	0,79b	
<b>TRAT X DA</b>	<b>5,99<sup>**</sup></b>	<b>2,41<sup>*</sup></b>	<b>1,92<sup>ns</sup></b>	
CV 1 (%)	26,84	31,49	8,80	137,96
CV 2 (%)	9,73	36,74	14,15	

<sup>ns</sup>: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>\*\*</sup>: significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); <sup>\*</sup>: significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; <sup>\*\*\*\*</sup>: Análise realizada em uma única data, durante o florescimento pleno, não havendo comparação entre DA; CV 1 (%): coeficiente de variação da parcela; CV 2 (%): coeficiente de variação da subparcela.

Analisando-se a interação dos fatores sobre o comprimento de ramo (Figura 8A e 8B), observa-se que em ambos experimentos se teve diferença significativa dos tratamentos aos 60 e 90 DA, enquanto no segundo experimento também houve diferença significativa aos 30 DA.



**Figura 8.** Comprimento de ramo (cm) de mangueira ‘Tommy Atkins’ em função dos tratamentos e datas de avaliação no primeiro (A) e segundo experimento (B). Petrolina-PE. Letras maiúsculas comparam os tratamentos dentro de cada data de avaliação, letras minúsculas comparam datas de avaliação dentro de cada tratamento.

Todos os tratamentos apresentaram maior crescimento de ramo em comparação ao tratamento com paclobutrazol aos 60 e 90 DA nos dois experimentos, indicando assim um modo de ação diferente do fenpropimorfe no controle do crescimento vegetativo da mangueira. Aos 30 DA no segundo experimento, observa-se que a testemunha (0 g m<sup>-1</sup>) e a maior dose de fenpropimorfe (1,3 g m<sup>-1</sup>) não diferiram estatisticamente do paclobutrazol, contudo a partir dessa data, o crescimento do ramo das plantas tratadas com paclobutrazol estabilizou, enquanto os demais continuam a incrementar-se.

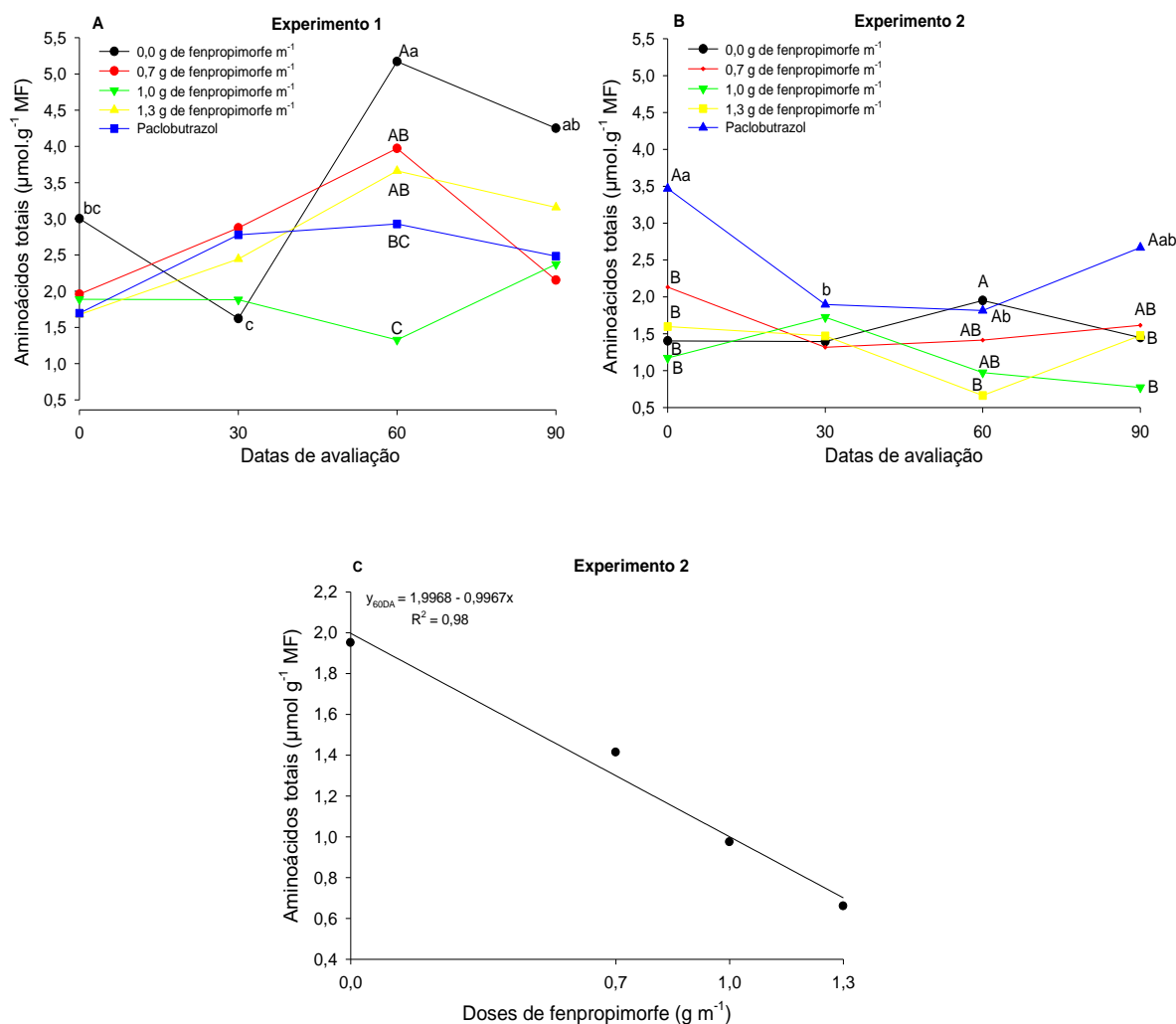
Comportamento semelhante ao do presente trabalho foi observado por Mouco et al. (2011) em estudo avaliando a eficiência de prohexadione-Ca, etil-trinexapac e cloreto de chlormequat aplicados via foliar em comparação ao paclobutrazol via solo, sendo que os referidos tratamentos apresentaram maior comprimento do primeiro fluxo vegetativo em comparação ao paclobutrazol. Outrossim, Cavalcante et al. (2020) avaliando o uso de metconazol em mangueira 'Palmer' no semiárido, também observaram que o paclobutrazol foi mais eficiente no controle do crescimento vegetativo da planta (cerca de 25%) em comparação a molécula estudada, apresentando diferença significativa a partir dos 30 dias após aplicação dos tratamentos, sendo que se comparando o desempenho do metconazol com o fenpropimorfe no controle do crescimento vegetativo da mangueira, observa-se maior eficiência do fenpropimorfe no primeiro experimento e desempenho semelhante no segundo experimento

Os resultados obtidos corroboram a influência diferenciada do fenpropimorfe na divisão, expansão celular e conseqüente crescimento vegetativo da mangueira. Silva (2019) observou que o paclobutrazol foi efetivo na redução do crescimento de ramos de mangueira 'Kent' no semiárido aos 15 dias após sua aplicação, enquanto Cavalcante et al. (2020) constaram efeito para a mesma finalidade somente após 45 dias da aplicação de paclobutrazol ou metconazol em mangueira 'Palmer' no semiárido.

Oliveira et al. (2019) afirmam que o paclobutrazol induz o acúmulo de células não expandidas no ápice do ramo por meio de alterações hormonais e que isso pode contribuir positivamente para a diferenciação floral através de sinalização celular. Ao que parece, essas alterações hormonais estão relacionadas ao aumento do conteúdo de citocinina e ácido abscísico e redução dos níveis de giberelina (UPRETI et al., 2014).

Com relação à interação dos fatores estudados nos teores de aminoácidos totais, observa-se comportamento distinto entre os experimentos (Figura 9A e 9B). Dentro de cada avaliação no primeiro experimento (Figura 9A), constata-se diferença significativa aos 60 DA, com o tratamento testemunha apresentando resultado superior, porém não diferindo estatisticamente das doses de 0,7 e 1,3 g m<sup>-1</sup> que não diferiram do tratamento com paclobutrazol, que por sua vez foi semelhante à dose intermediária de fenpropimorfe (1 g m<sup>-1</sup>). No segundo experimento (Figura

8B), obteve-se diferença aos 0, 60 e 90 DA, sendo que em geral o paclobutrazol apresentou desempenho superior em relação aos demais tratamentos, enquanto observa-se que aos 60 DA houve decréscimo linear dos teores de aminoácidos em função das doses de fenpropimorfe (Figura 9C).



**Figura 9.** Aminoácidos totais de mangueira 'Tommy Atkins' em função dos tratamentos e datas de avaliação no primeiro experimento (A), segundo experimento (B) ( $F_c=4,24$ ) e em função das doses aos 60 DA no segundo experimento. Petrolina-PE. Letras maiúsculas comparam os tratamentos dentro de cada data de avaliação, letras minúsculas comparam datas de avaliação dentro de cada tratamento.

No primeiro experimento, aos 60 DA observa-se que a testemunha apresentou 30,19% de superioridade em relação a menor dose de fenpropimorfe, que foi a mais eficiente no acúmulo de aminoácidos nessa experimento, sendo que nessa data, com exceção da dose intermediária de fenpropimorfe, houve acúmulo de aminoácidos, explicando-se pela fase de redução da lâmina hídrica na qual as

plantas estavam submetidas, com o acúmulo de aminoácidos como prolina, um dos principais mecanismos que a planta utiliza para manutenção de sua homeostase celular (SAXENA et al., 2014).

Os aminoácidos exercem importante função no metabolismo vegetal, especialmente na regulação osmótica celular em condições de estresses bióticos e abióticos (CUNHA, 2019), contudo, essas moléculas também parecem atuar no processo de iniciação floral da mangueira. Suryanarayana (1978) observou tendência de decréscimo de aminoácidos durante o processo de formação do botão floral, enquanto Bajpai et al. (2014) relatam a necessidade da presença de aminoácidos hidrofílicos para que possa ocorrer a transdução de sinal de genes envolvidos no florescimento da mangueira.

Nesse sentido, espera-se que ocorra um acúmulo desses compostos para a indução floral, comportamento observado por Cunha (2019) na mesma variedade na fase final de redução da lâmina hídrica. No segundo experimento, essa tendência foi observada para quase todos os tratamentos, exceto a testemunha ( $0 \text{ g m}^{-1}$ ) e dose intermediária de fenpropimorfe ( $1 \text{ g de fenpropimorfe m}^{-1}$ ), com o tratamento com paclobutrazol apresentando superioridade de 62,71% em relação a menor dose de fenpropimorfe, que foi a mais eficiente no acúmulo de aminoácidos aos 90 DA.

Ao se observar os teores de proteínas em função dos tratamentos no segundo experimento (Tabela 4), observa-se superioridade do tratamento com paclobutrazol e com as duas maiores doses de fenpropimorfe não diferindo estatisticamente da testemunha. Nesse sentido, pode-se afirmar que o fenpropimorfe demonstrou a mesma eficiência para o acúmulo dessas moléculas, alterando-se a estratégia de aplicação, visto que no primeiro ciclo não houve diferença estatística.

Assim como os aminoácidos, as proteínas parecem exercer função primordial para o florescimento da mangueira, visto que atuam na transmissão do sinal genético celular para que ocorra a diferenciação floral (NAKAGAWA et al., 2012), sendo assim, espera-se um comportamento parecido com os teores de aminoácidos. Silva (2019) observaram um incremento de proteínas totais em resposta a aplicação de paclobutrazol juntamente com ácidos fúlvicos ou aminoácidos livres em mangueira 'Keitt' no semiárido.

Contudo, ao avaliar a influência das datas de avaliação nos teores de proteínas totais nos dois experimentos, basicamente observa-se uma tendência de decréscimo com o decorrer da fase de maturação de ramos, com os menores valores sendo observados aos 90 DA em ambos experimentos, o que indica um consumo desses compostos pelas plantas para a iniciação floral. Singh e Sharma (2008) relataram o acúmulo de proteínas como uma das principais respostas da mangueira 'Amparali' em função da aplicação de paclobutrazol, sendo que os autores observaram os maiores teores desses compostos na fase de entumescimento do botão floral com tendência de acúmulo durante o processo de diferenciação do broto.

Em relação ao florescimento (Tabela 4), constata-se diferença significativa entre os tratamentos avaliados, com o paclobutrazol apresentando resultado superior em ambos experimentos, mas não diferindo estatisticamente da testemunha no segundo experimento, sendo que de forma geral observa-se baixo florescimento em todos os tratamentos. Observa-se que houve elevada precipitação e altas temperaturas durante a indução floral nos dois experimentos (Figura 1A e 1B), sendo que normalmente essas condições estimulam o crescimento vegetativo e dificultam a diferenciação floral da mangueira (DAVENPORT, 2007).

Cunha (2019) obtiveram resultados superiores na mesma variedade independente do manejo de maturação de ramos utilizado, com o valor máximo de 48,53% com a utilização de extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*). Silva et al. (2014) em estudo com uniconazol em mangueira 'Palmer' no semiárido, constataram que apenas a dose de 6 g L<sup>-1</sup> foi efetiva para indução do florescimento apresentando efeito positivo também no controle do crescimento vegetativo das plantas, entretanto Cavalcante et al. (2020) observaram que o metconazol permitiu um maior crescimento vegetativo com diferença estatística em comparação ao paclobutrazol, contudo sendo eficiente para o florescimento.

No presente trabalho, observa-se que apesar de basicamente não haver diferença entre o fenpropimorfe e paclobutrazol na biossíntese de ácido giberélico e acúmulo de reservas, o desempenho do paclobutrazol foi superior no processo de floração. Nesse sentido, outras giberelinas podem ter atuado reduzindo a influência do promotor florigênico no tratamento testemunha e com fenpropimorfe, principalmente GA<sub>4</sub> e GA<sub>7</sub> (UPRETI et al., 2014). Ademais, o elevado crescimento

vegetativo dos demais tratamentos em comparação ao paclobutrazol, pode ter dificultado a transcrição gênica pela sinalização celular através de um balanço hormonal inadequado (OLIVEIRA et al., 2019).

#### 4. CONCLUSÕES

Fenpropimorfe é eficiente na inibição da biossíntese de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) e promove acúmulo de reservas orgânicas de forma semelhante ao paclobutrazol em mangueira 'Tommy Atkins' no semiárido.

A aplicação de fenpropimorfe não influencia o crescimento vegetativo e florescimento de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido.

Há tendência de acúmulo de amido no ramo e carboidratos foliares, com decréscimo de proteínas foliares na fase de maturação de ramos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido.

#### 5. REFERÊNCIAS

ABDEL RAHIM, A. O. S.; ELAMIN, O. M.; BANGERTH, F. K. Effects of paclobutrazol (PBZ) on floral induction and associated hormonal and metabolic changes of biennially bearing mango (*Mangifera indica* L.) cultivars during off year. **Journal of Agricultural and biological Science**, v. 6, n. 2, p. 55-67, 2011.

AGROFIT. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em 10 de Janeiro de 2020.

ALMEIDA, E. I. B.; CELIN, E. F.; FREIRE, A. G.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; MESQUITA, R. O. Ecofisiologia de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a diferentes regimes hídricos e disponibilidade de luz, **Revista Agro@ambiente Online**, v. 9, n. 3, p. 251-260, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BAJPAI, A.; MUTHUKUMAR, M.; SINGH, V. K.; RAJAN, S. Molecular insights into flowering pathway genes in mango. In: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (Eds.) **Physiology of flowering in perennial fruit crops**. Lucknow: Central Institute for Subtropical Horticulture, 2014. p. 143-154.

BINENBAUM, J.; WEINSTAIN, R.; SHANI, E. Gibberellin localization and transport in plants. **Trends in Plant Science**, v. 23, n. 5, p. 410-421, 2018.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.

CARLILE, W. R. **Pesticides selectivity, health and the environment**. Cambridge: Cambridge University Press. 2006. 326p.

CAVALCANTE, Í. H. L.; SANTOS, G. N. F.; SILVA, M. A.; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.; AMARIZ, R. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281-286, 2018.

CAVALCANTE, Í. H. L.; SILVA, G. J. N. E.; CAVACINI, J. A.; AMARIZ, R. A.; FREITAS, S. T.; SOUSA, K. A. O.; SILVA, M. A.; CUNHA, J. G. Metconazole on inhibition of gibberellin biosynthesis and flowering management in mango. **Erwerbs-Obstbau**, v. 62, n. 1, p. 89-95, 2020.

CHARNVICHIT, S.; TONGUMPAI, P.; SAGUANSUPYAKORN, C.; PHAVAPHUTANON, L.; SUBHARDRABANDHU, S. Effect of paclobutrazol on canopy size control and flowering of mango, cv. Nam Dok Mai Twai no. 4, after hard pruning. **Acta Horticulturae**, 291, n. 7, p. 60-66, 1991.

**CULTAR® 250 SC**. São Paulo: 2018. Bula de defensivo agrícola. Disponível em: <[https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/cultar\\_250\\_sc.pdf?token=1531853245](https://www.syngenta.com.br/sites/g/files/zhg256/f/cultar_250_sc.pdf?token=1531853245)>. Acesso em 19 de agosto de 2018.

CUNHA, J. G. **Fornecimento de prolina e extrato de algas como atenuante do estresse abiótico em mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido**. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, Pernambuco, 2019.

DAVENPORT, T. L. Reproductive physiology of mango. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 363-376, 2007.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. M. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. 230p.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

JOHANSEN, N. S.; MOEN, L. H.; EGAAS, E. Sterol demethylation inhibitor fungicides as disruptors of insect development and inducers of glutathione S-transferase activities in *Mamestra brassicae*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 145, n. 3, p. 473-483, 2007.

KUMAR, M.; PONNUSWAMI, V.; KUMAR, P. J.; SARASWATHY, S. Influence of season affecting flowering and physiological parameters in mango. **Scientific Research and Essays**, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2014.

LABMET. **Laboratório de Meteorologia**. 2020. <<http://labmet.univasf.edu.br>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2020.

LOPES, P. R. C.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, A. N.; MATTOS, M. A. A. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da Produção Integrada de Manga**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003. 72p.

MACÍAS, J. M.; POURNAVAB, R. F.; REYES-VALDÉS, M. H.; BENAVIDES-MENDOZA, A. B. Development of a rapid and efficient liquid chromatography method for determination of gibberellin A4 in plant tissue, with solid phase extraction for purification and quantification. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 5, p. 573-583, 2014.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. 1 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2005. 81p.

MOUCO, M. A. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1043-1047, 2011.

MUDO, L. E. D.; LOBO, J. T.; CARREIRO, D. A.; CAVACINI, J. A.; SILVA, L. S.; CAVALCANTE, Í. H. L. Leaf gas exchange and flowering of mango sprayed with biostimulant in semi-arid. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 332-340, 2020.

NAKAGAWA, M.; HONSHO, C.; KANZAKI, S.; SHIMIZU, K.; UTSUNOMIYA, N. Isolation and expression analysis of *FLOWERING LOCUS T*-like and gibberellin metabolism genes in biennial-bearing mango trees. **Scientia Horticulturae**, v. 139, n. 108-117, 2012.

NEVES, L. A. S.; MORAES, D. M. Análise do vigor e da atividade da a-amilase em sementes de cultivares de arroz submetidas a diferentes tratamentos com ácido acético. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 35-43, 2005.

OLIVEIRA, M. B.; FIGUEIREDO, M. G. F.; PEREIRA, M. C. T.; MOUCO, M. A. C.; RIBEIRO, L. M.; SIMÕES, M. O. M. Structural and cytological aspects of mango floral induction using paclobutrazol. **Scientia Horticulturae**, v. 262, p. 109057, 2019.

PHADUNG, T.; KRISANAPOOK, K.; PHAVAPHUTANON, L. Paclobutrazol, water stress and nitrogen induced flowering in 'Khao Nam Phueng' Pummelo. **Kasetstart Journal – Natural Science**, v. 45, n. 2, p. 189-200, 2011.

PRASAD, S. R. S.; REDDY, Y. T. N.; UPRETI, K. K.; RAJESHWARA, A. N. Studies on changes in carbohydrate metabolism in regular bearing and "off" season bearing cultivars of mango (*Mangifera indica* L.) during flowering. **International Journal of Fruit Science**, v. 14, n. 4, p. 437-459, 2014.



- RADEMACHER, W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. In: HEDDEN, P.; THOMAS, S. G. (Eds.) **The gibberellins**. Chichester: Annual Plant Reviews, 2016. cap. 12, p. 359,403.
- RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 65-72, 2010.
- RAMOUTAR, D.; COWLES, R. S.; REQUINTINA JR, E.; ALM, S. R. Synergism between deinethylation inhibitor fungicides or gibberellin inhibitor plant growth regulators and bifenthrin in a pyrethroid-resistant population of *Listronotus maculicollis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 5, p. 1810-1814, 2010.
- R CORE TEAM. 2018. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2020.
- SANDIP, M.; MAKWANA, A. N.; BARAD, A. V.; NAWADE, B. D. Physiology of flowering – the case of mango. **International Journal of Applied Research**, v. 1, n. 11, p. 1008-1012, 2015.
- SAXENA, P.; SINGH, V. K.; PATHAK, N. Antioxidative enzymes and biochemical changes in paclobutrazol induced flowering in mango (*M. indica*) cultivars. **Journal of Environmental Biology**, v. 35, n. 6, p. 1061-1066, 2014.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: Embrapa Solos. 2009. 627p.
- SILVA, K.K.A.; ONO, E.O.; MOUCO, M.A. C.; SILVA, G.J. N.; SOUZA, R.J.M.; SILVA, N.C.; SILVA, R.C.B. Uniconazole no florescimento e produção da mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 507-517, 2014.
- SILVA, L. S. **Ácidos fúlvicos e aminoácidos livres na potencialização de absorção e efeito de paclobutrazol em mangueira 'Keitt'**. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Produção Vegetal). Universidade Federal do Piauí. Bom Jesus, Piauí, 2019.
- SILVA, M. M. L. **Conteúdo de carboidratos na maturação da parte aérea e produtividade em mangueira Palmer submetidos a fertilização potássica e bioestimulante**. 2018. 29p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Produção Vegetal). Universidade Federal de São João Del Rei. Sete Lagoas, Minas Gerais, 2018.
- SINGH, V. K.; SHARMA, K. Physiological and biochemical changes during flowering of mango (*Mangifera indica* L.). **International Journal of Plant Developmental Biology**, v. 2, n. 2, p. 100-105, 2008.
- SRILATHA, V.; REDDY, Y. T. N.; SHIVU PRASAD, S. R. Mango flowering physiology in response to paclobutrazol application. In: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.;

MISRA, A. K.; MISHRA, M. (Eds.) **Physiology of flowering in perennial fruit crops**. Lucknow: Central Institute for Subtropical Horticulture, 2014. p. 241-249.

SURYANARAYANA, V. Amino acid changes in mango shoots in relation to flowering. **Plant Biochemical Journal**, v. 5, n. 1, p. 50-57, 1978.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. (6 ed.). Porto Alegre, Brazil: ArtMed, 2017.

UPRETI, K. K.; PRASAD, S. R. S.; REDDY, Y. T. N.; RAJESHWARA, A. N. Paclobutrazol induced changes in carbohydrates and some associated enzymes during floral initiation in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Totapuri. **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 317-323, 2014.

UPRETI, K. K.; REDDY, Y. T. N.; PRASAD, S. R. S.; BINDU, G. V.; JAYARAM, H. L.; RAJAN, S. Hormonal changes in response to paclobutrazol induced early flowering in mango cv. Totapuri. **Scientia Horticulturae**, v. 150, n. 4, p. 414-418, 2013.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. Determination of amino acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209-213, 1955.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fenpropimorfe foi eficiente na inibição de biossíntese de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), aumentando a transpiração e promovendo acúmulo de reservas, não interferindo no acúmulo de pigmentos fotossintéticos, crescimento vegetativo e florescimento da mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no semiárido, sendo necessário a realização de mais estudos com a finalidade de ajustes de doses mais estratégia de aplicação em conjunto com um manejo de maturação de ramos adequado para a condição semiárida tropical.