



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

Laiane Eugênia Delmondes Mudo

**ESTRATÉGIAS PARA FIXAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
DE FRUTOS EM MANGUEIRA CV. KEITT CULTIVADA
NO SEMIÁRIDO**

Petrolina

2020

LAIANE EUGÊNIA DELMONDES MUDO

**ESTRATÉGIAS PARA FIXAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
DE FRUTOS EM MANGUEIRA CV. KEITT CULTIVADA
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. Vespasiano
Borges de Paiva Neto
Coorientador: Prof. Dr. Ítalo
Herbert Lucena Cavalcante

Petrolina

2020

Dados Internacionais de Catalogação - CIP

M945e Mudo, Laiane Eugênia Delmondes
Estratégias para fixação e desenvolvimento de frutos em mangueira cv.
Keitt cultivada no semiárido / Laiane Eugênia Delmondes Mudo. – Petrolina,
2020.
48f.: il. ; 29 cm.

Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Agronomia e Produção
Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências
Agrárias, Petrolina, 2020.

Orientador: Prof.º Dr.º Vespasiano Borges de Paiva Neto.

Inclui referências.

1. Fisiologia vegetal. 2. Bioestimulante. 3. Mangueira - cultivo. 4.
Reguladores vegetais. I. Título. II. Paiva Neto, Vespasiano Borges de. III.
Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 581.1

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UNIVASF.
Bibliotecária: Louise Machado Freire Dias CRB – 4/2267.

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

FOLHA DE APROVAÇÃO

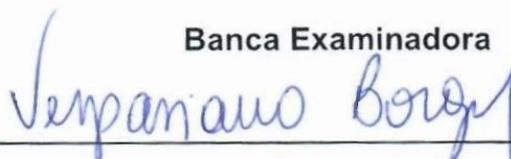
Laiane Eugênia Delmondes Mudo

**ESTRATÉGIAS PARA FIXAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS EM
MANGUEIRA CV. KEITT CULTIVADA 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.

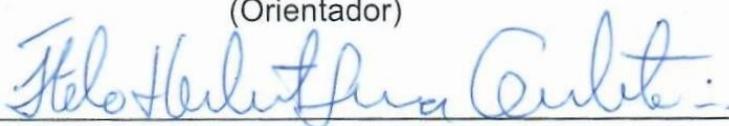
Aprovada em: 21 de Dezembro de 2020.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Vespasiano Borges de Paiva Neto (CPGA-PV/UNIVASF)

(Orientador)



Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante (CPGA-PV/UNIVASF)

(Coorientador)



Prof. Dr. Marlon Cristian Toledo Pereira (UNIMONTES)

(Membro externo)



Dr. Talita Cristina Mamedes (UNIFIL)

(Membro externo)

Aos meus avós, Ana Luiza da Conceição Delmondes e Miguel Apolinário Delmondes Sobrinho, por me amarem e estarem sempre tão presentes, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todo o amor puro e verdadeiro, pela companhia em todos os momentos, e sabedoria nos momentos difíceis.

Agradeço à Universidade Federal do Vale do São Francisco que foi a minha segunda casa durante esse período, e ao programa de Pós Graduação em Agronomia - Produção vegetal pela oportunidade de cursar o mestrado.

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

Ao meu orientador, Vespasiano Borges de Paiva Neto, e coorientador, Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, por todo o apoio e ensinamentos acadêmicos e de vida.

Agradeço a fazenda La Bordett por todo o apoio e disponibilidade durante o desenvolvimento do experimento.

Agradeço imensamente aos meus pais, Antônio Eugênio Mudo e Ana Meire Delmondes Mudo, por todo o amor durante a minha vida, os ensinamentos, e por me proporcionarem a melhor coisa que poderiam me dar, a educação.

Agradeço aos meus irmãos, Laislane Mirela Delmondes Mudo, Eugênio Antony Delmondes Mudo e Enio Victor Delmondes Mudo, pela presença, companhia e amor.

Agradeço ao meu grande parceiro, melhor amigo e companheiro, Alberto de Andrade Soares Filho, que se fez presente em todos os momentos me dando todo o apoio, compreensão e calma.

Agradeço aos amigos, irmãos e parceiros que o mestrado me deu, Jaynne de Oliveira Siqueira Lino e Jackson Teixeira Lobo, a lealdade, disponibilidade e confiança de vocês foi essencial.

Agradeço a incrível profissional que conheci nessa jornada, Monica Zuffo, uma pessoa de luz, solícita e paciente, você foi essencial na conclusão desse trabalho.

Agradeço aos meus amigos Thiago Ferreira Nóbrega e João Cláudio Vilvert por toda a disponibilidade, paciência, ajuda e amizade.

Agradeço ao grupo de pesquisa FRUTVASF por toda a ajuda, em especial, Adilson Monteiro Alcobia, Alana Juliete da Silva Santos, Alexandre Santos Oliveira, Daniel de Almeida Carreiro, Franciele Miranda de Moura, Jenilton

Gomes da Cunha, Jessica Vanessa Gois de Siqueira, Laura Paula Araújo dos Santos, Luciana Guimarães Sanches, Renan Nunes Pereira, Stefany Emanuella Rodrigues dos Santos e Walber Felix dos Santos.

Agradeço à amiga solícita e presente, Kátia Araújo da Silva, por toda a ajuda, disponibilidade e cuidado durante a escrita desse trabalho. Além dos momentos de aprendizados e diversão vividos juntas.

Agradeço também às minhas amigas de infância por fazerem parte de mais uma etapa na minha vida, Ana Myrela Fernandes, Bianca Alves de Souza, Iandra Carla Coelho Mororó, Izabela Miranda Gomes Nunes, Jhuly Morganne Amorim Pinheiro, Sabrynna Sarah Vieira Dias Gomes, Tamires de Moura.

RESUMO

O Vale do São Francisco, região semiárida, tem grande destaque no setor de produção de frutas. No entanto, as elevadas temperaturas desta região, e o estresse hídrico utilizado como parte do processo de indução da floração na mangueira, podem ter efeito negativo na fase reprodutiva desta cultura afetando processos como a fixação e desenvolvimento de frutos. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi definir a melhor estratégia para fixação de fruto, utilizando reguladores de crescimento vegetal e bioestimulante, e a melhor estratégia para o desenvolvimento de fruto, com o uso de potássio e giberelina, em mangueira cv. Keitt cultivada no Vale do São Francisco. Foram desenvolvidos dois experimentos consecutivos, na fazenda La Bordett localizada em Juazeiro-BA. No experimento 1 foi adotado delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos definidos como T1: controle, T2: AG₃+2,4-D, T3: AG₃+2,4-D+Benziladenina, T4: Bioestimulante+CoMo[®]. As variáveis avaliadas foram: número de frutos por panícula, produção de mercado externo e interno e potencial produtivo. No experimento 2 utilizou-se DBC, com tratamentos avaliados em esquema fatorial (2 x 3 +1), correspondente à duas formas de adubação potássica (recomendada e ajustada), três doses de Giberelina (0, 10 e 20 ppm) e tratamento adicional (controle - apenas adubação potássica recomendada e sem estratégia de fixação). Avaliou-se características produtivas e de qualidade de frutos como: volume estimado de fruto, número de frutos, produção, produtividade, massa do fruto, firmeza de polpa, massa seca de fruto, rendimento de casca, polpa e caroço, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e ratio. Os dados foram submetidos à ANOVA pelo teste F e ao teste de Tukey ($p < 0,05$) nos dois experimentos para comparação das médias dos tratamentos, e no experimento 2, ao teste de Dunnett ($p < 0,05$) para comparação das médias dos tratamentos com a testemunha. Foi aplicada também, análise multivariada de componentes principais (PCA). No experimento 1 foi observado que a aplicação de 10 ppm de AG₃ + 10 ppm 2,4-D + 10 ppm de Benziladenina em pleno florescimento, durante 3 semanas seguidas, promoveu o aumento da fixação e produção de frutos de manga cv. Keitt: A partir dos resultados obtidos no experimento 1, a estratégia que apresentou os melhores resultados foi utilizada como manejo padrão para fixação de frutos no experimento 2. No experimento 2 foi observado como estratégia de desenvolvimento de fruto que a aplicação de giberelina influencia no volume estimado de fruto, assim como no número de frutos, produção e produtividade de frutos destinados ao mercado externo. As características físicas dos frutos de volume estimado, massa de fruto, e rendimento de caroço tiveram influência da interação dos fatores (adubação x giberelina). Para as características químicas, somente acidez titulável teve significância do fator giberelina. Como resultado da PCA, obteve-se que as variáveis pós-colheita que mais identificaram a diferença entre os métodos de desenvolvimento de fruto foram: massa de fruto, firmeza, rendimento de polpa, matéria seca, rendimento de caroço, pH e sólidos solúveis.

Palavras-chave: Ácido giberélico. Bioestimulante. Fisiologia vegetal. *Mangifera indica* L. Potássio. Reguladores vegetais.

ABSTRACT

The São Francisco Valley, a semi-arid region, stands out in the fruit production sector. However, the high temperatures in this region, and the water stress, used as part of the flowering induction process in the mango tree, may have a negative effect in the reproductive phase of this crop, affecting processes such as fruit fixation and development of the fruit. This study aimed to define the best fruit fixation strategy, using plant growth regulators and biostimulants, and the best strategy for fruit development, with the use of potassium and gibberellin in mango cv. Keitt grown in São Francisco Valley. Two consecutive experiments were carried out on the La Bordett farm located in Juazeiro-BA. In experiment 1, a randomized block design (DBC) was adopted, with four treatments defined as T1: control, T2: GA₃ + 2,4-D, T3: GA₃ + 2,4-D + Benzyladenine, T4: Biostimulant + CoMo[®]. The evaluated variables were: The number of fruits by panicle, external and internal market production (kg per plant) and productive potential (kg per plant). In experiment 2, was used DBC, with treatments evaluated in a factorial scheme (2 x 3 +1), corresponding to two forms of potassium fertilization (recommended and adjusted), three doses of gibberellin (0, 10, and 20 ppm), and additional treatment (control - only recommended potassium fertilization and no fixation strategy). The variables evaluated were: estimated volume of the fruit (cm³), number of fruits, production (kg per plant), productivity (t ha⁻¹), and physical-chemical evaluations of the fruits: estimated volume of the fruit (cm³), the mass of the fruit (g), the consistency of the pulp (kgf cm⁻²), dry mass of the fruit (%), peel, pulp and pit performance, pH, soluble solids, (°Brix) titratable acidity (%) and ratio (SS/ATT). The data was submitted to ANOVA using the F's and Tukey's test (p <0.05) in both experiments for the treatment average comparison, and in experiment 2, to the Dunnett's test (p<0,05) for a treatment average comparison with the control treatment. It was also applied to a multivariate analysis of the principal components (PCA). In experiment 1 was observed that the application of 10 ppm of GA₃ + 10 ppm 2,4-D + 10 ppm of Benzyladenine in full bloom, for 3 consecutive weeks, promoted an increase in the fixation and production of mango cv. Keitt fruits: From the results obtained in experiment 1, the strategy that presented the best results was used as standard management for fruit fixation in experiment 2. In experiment 2 was observed as a fruit development strategy that the application of gibberellin influences the volume estimated of the fruits, as well as in the number of fruits, production, and productivity of fruits destined for the external market. The physical characteristics of the estimated volume fruits, the mass of the fruits, and pit performance were influenced by the interaction of the factors (fertilization x gibberellin). For chemical characteristics, only titratable acidity was significant for the gibberellin factor. As a result of the PCA, was obtained that the post-harvest variables that most identified the difference between the methods of fruit development were: the mass of the fruit, consistency, pulp performance, dry material, pit performance, pH, and soluble solids.

Key-words: Gibberellic acid. Biostimulants. Plant physiology. *Mangifera indica* L. Potassium. Plant regulators.

Lista de figuras

Figura 1 – Temperatura máxima (T Máxima), mínima (T Mínima) e média (T Média) do ar, umidade relativa média do ar (UR Média) e precipitação registradas durante a condução dos experimentos, safras 2017-2018 (A) e 2018-2019 (B), Juazeiro-BA.....	22
Figura 2 – Contagem de fruto aos 47 dias após pleno (A) e frutos no ponto de colheita (B). Safra 2017-2018, Juazeiro-BA	24
Figura 3 – Cronograma das atividades realizadas no experimento 1. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA.....	25
Figura 4 – Fruto identificado para o acompanhamento do desenvolvimento (A), e medição do diâmetro ventral de fruto em campo (B). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA.....	28
Figura 5 – Cronograma das atividades realizadas no experimento 2. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA.....	29
Figura 6 – Número de frutos por panícula de mangueira cv. Keitt em função de diferentes estratégias para fixação de fruto. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA ...	30
Figura 7 – Produção de frutos de mangueira cv. Keitt destinados aos mercados externo e interno em função de diferentes estratégias para fixação de fruto. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA.....	31
Figura 8 – Curva de crescimento de frutos de mangueira cv. Keitt em função de diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	38
Figura 9 – Número médio de frutos por planta de mangueira cv. Keitt destinados ao mercado interno, obtido com uso de estratégias de desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	39
Figura 10. Volume estimado (cm ³) (A) e massa (g) (B) de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	44
Figura 11. Rendimento de caroço (%) de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	45

Lista de tabelas

Tabela 1 – Teores de macro e micronutrientes do solo da área experimental utilizada.....	23
Tabela 2 – Composição dos tratamentos utilizados como estratégias para fixação de fruto em mangueira cv. Keitt. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA	24
Tabela 3 – Manejo de fixação de fruto de mangueira cv. Keitt. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA.....	26
Tabela 4 – Composição dos tratamentos utilizados como estratégias para desenvolvimento de fruto em mangueira cv. Keitt. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	26
Tabela 5 – Teores de macro e micronutrientes foliares em mangueira cv. Keitt. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	27
Tabela 6 – Número relativo de frutos em plantas dos tratamentos com estratégia de fixação de fruto em relação à testemunha sem estratégia de fixação de fruto em mangueira cv. Keitt. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA.....	27
Tabela 7 – Potencial produtivo (kg por planta) de frutos de mangueira cv. Keitt em função de diferentes estratégias para fixação de fruto. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA.....	334
Tabela 8 – Resumo da análise de variância para volume estimado (cm ³) de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA.....	35
Tabela 9 – Volume estimado (cm ³) dos frutos cv. Keitt, submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm) comparado com a testemunha absoluta. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	37
Tabela 10 – Resumo da análise de variância para número de frutos (NF) de mangueira cv. Keitt para mercado interno e externo, em função de diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	38
Tabela 11. Número de frutos (NF) de mangueira cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em diferentes níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm), comparado com a testemunha absoluta. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	40
Tabela 12. Resumo da análise de variância para produção por planta e produtividade de mangueira cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto destinados aos mercados interno (MI) e externo (ME), baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	41
Tabela 13. Produção (kg por planta) e produtividade (t ha ⁻¹) médias de mangueira cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto destinados aos mercados interno (MI) e externo (ME), baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm) comparadas com a testemunha absoluta. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	42
Tabela 14. Resumo da análise de variância para volume estimado de fruto, massa, firmeza da polpa, massa seca, rendimento de casca, polpa e caroço de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto,	

baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	43
Tabela 15. Resumo da análise de variância para pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e ratio (SS/AT) de frutos de mangueira cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	45
Tabela 16. Comparativo de acidez titulável (AT) de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA	46
Tabela 17. Autovetores dos atributos físico-químicos de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto nos componentes principais. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA.....	47

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 Importância econômica da mangueira	14
2.2 Fixação de fruto: reguladores de crescimento vegetal e bioestimulante	14
2.3 Desenvolvimento de fruto.....	17
2.3.1 Adubação potássica no desenvolvimento de fruto	19
2.3.2 Giberelina no desenvolvimento de fruto	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO	47
6. REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o sétimo lugar dentre os maiores produtores de manga (*Mangifera indica* L.) do mundo, tendo produzido no ano de 2018 um total de 1.897.904 toneladas da fruta (FAO, 2018). Dentre as regiões produtoras de manga, o polo irrigado Juazeiro-BA/Petrolina-PE, localizado no Vale do São Francisco (semiárido localizado no Nordeste brasileiro), destaca-se como o maior polo de produção de frutas do país, respondendo por cerca de 85% das mangas exportadas pelo Brasil (CARVALHO; KIST; BELING, 2019). Isso ocorre devido às condições edafoclimáticas favoráveis que permitem produção durante todo o ano, alcançando as mais variadas janelas de mercado (ANDRADE; COSTA; LEITE, 2017).

No entanto, as elevadas temperaturas desta região, e o estresse hídrico utilizado como parte do processo de indução floral na mangueira, podem ter efeito negativo na fase reprodutiva desta cultura (MOUCO, 2015), afetando processos como a fixação e desenvolvimento de frutos. Uma vez que estes estresses são responsáveis pela redução da expectativa inicial de produção, espera-se que ao amenizá-los ou solucioná-los ocorra aumento produtivo e de rentabilidade da cultura.

A mangueira 'Keitt' é uma das cultivares que apresenta maior abscisão de frutos (DDAMULIRA et al., 2019). Nesse sentido, algumas pesquisas têm demonstrado que o uso de hormônios no período de floração (antese) possibilitam aumentos significativos na fixação dos frutos (GATTASS et al., 2018; NKANSAH; OFOSU-ANIM; MAWULI, 2012; OSAMA; AMRO; SABER, 2015), assim como o uso de bioestimulantes por estarem atrelados à mitigação de estresses (KHATTAB; SHABAN; HASSAN, 2016; LOBO et al., 2019; MOUCO; LIMA FILHO, 2004). Entretanto, esse aumento propicia maior número de drenos, fazendo-se necessária uma intervenção na etapa pós-fixação, no desenvolvimento de fruto, para permitir à planta condições de nutri-los com eficiência, produzindo frutos com calibre ideal e qualidade desejável.

Dentre as estratégias para o melhor desenvolvimento de fruto, a utilização de fertilizantes potássicos apresenta-se como uma prática importante (BAIEA; EL-SHARONY; EL-MONEIM, 2015). Isto ocorre em razão do envolvimento deste

elemento em inúmeros processos bioquímicos e fisiológicos vitais para o crescimento, rendimento e qualidade produtiva e redução do estresse nas plantas (BIBI et al., 2019; MARSCHNER, 2012; SHARMA; SHANKHDHAR; SHANKHDHAR, 2016).

Além disso, o potássio possui relação com a melhoria dos parâmetros de qualidade dos frutos, isto é, aumento de sólidos solúveis, açúcares totais, e intensidade de coloração. Esses ocorrem devido ao papel deste elemento no aumento da tolerância aos estresses através de regulação osmótica e na melhoria das taxas de formação e acúmulo de açúcares por meio da manutenção do gradiente de pressão hidráulica (DUTTA; AHMED; KUNDU, 2011). Neste contexto, tem sido indicada a adubação potássica visando a melhoria da produção final de frutos e maior rendimento financeiro (CARNEIRO et al., 2018).

Outra estratégia para o melhor desenvolvimento de frutos com qualidade é o uso de ácido giberélico (AG_3) aplicado via foliar (OSAMA; AMRO; SABER, 2015). Este regulador de crescimento vegetal está diretamente ligado com o estabelecimento e desenvolvimento de frutos, por atuar na expansão e divisão celular (KALRA; BHATLA, 2018). Além disso, aumenta a demanda dos órgãos dreno, causando efeito positivo no tamanho e massa de fruto, bem como nos sólidos solúveis, incrementando a qualidade pós-colheita de frutos (AHMED et al., 2012).

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi definir a melhor estratégia para fixação de fruto, utilizando reguladores de crescimento vegetal e bioestimulante, e para o desenvolvimento de fruto, com o uso de potássio e giberelina, em mangueira cv. Keitt cultivada no Vale do São Francisco.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Importância econômica da mangueira

O Brasil produziu em 2019, aproximadamente 43 milhões de toneladas de frutas, das quais 980,57 mil foram exportadas, principalmente, para os Estados Unidos e a União Europeia, gerando um faturamento de US\$ 858 milhões. Estes valores conferem ao país o 23º lugar no ranking dos principais países exportadores de frutas do mundo (CARVALHO; KIST; BELING, 2019).

No Brasil, a manga é a fruta mais exportada, em valor, contribuindo com 22% do total da exportação brasileira, sendo responsável por uma receita de US\$ 227 milhões, em 2019 (CARVALHO; KIST; BELING, 2019). O polo de irrigação Juazeiro-BA/Petrolina-PE, localizado no Vale do São Francisco, região semiárida do nordeste brasileiro, destaca-se como maior polo de produção de frutas do Brasil (CARVALHO; KIST; BELING, 2019), apresentando média de produtividade de 30 t ha⁻¹, superiores à média nacional de 20,09 t ha⁻¹ (IBGE, 2018).

Este polo compreende 49 mil hectares de área plantada com manga, correspondendo à 40,5% do total brasileiro, além de contribuir com 59% de toda a produção nacional (IBGE, 2018; CARVALHO; KIST; BELING, 2019). O potencial produtivo nesta região se deve, em parte, ao uso de irrigação e pelas condições favoráveis de clima e solo, além de disponibilidade de mão de obra e tecnificação por parte dos produtores (JULIÃO; BRANCO; LIMA, 2017; SILVA; FERREIRA; LIMA, 2017).

2.2 Fixação de fruto: reguladores de crescimento vegetal e bioestimulante

A fixação consiste na retenção do fruto na planta. Para que isto ocorra, deve haver a redução do processo de abscisão de frutos, o qual é comum em muitas cultivares de manga e em todos os estádios de desenvolvimento de fruto, sendo mais expressivo durante as semanas 3 e 4 após a polinização (SINGH; MALIK; DAVENPORT, 2005). A cultivar Keitt está dentre os genótipos que apresentam as maiores taxas de abscisão de frutos e, portanto, estratégias que visem diminuir essas taxas poderiam promover grande potencial no aumento do rendimento da cultura (DDAMULIRA et al., 2019), já que a redução na abscisão

acarretaria no aumento de frutos por planta e, conseqüentemente, aumento na produção da cultura.

O processo de fixação de fruto apresenta uma relação positiva com a capacidade dreno do fruto, que por sua vez, depende da capacidade da fruta de produzir hormônios promotores de crescimento, além disso, tem influência da alta precipitação e umidade, vento, pragas e doenças, baixos níveis de carboidratos, competição entre órgãos drenos, conteúdo hormonal e nutricional (BHAMARE; PATEL; SINGH, 2014; DRINNAN, 2016; WOLSTENHOLME; ROBERT, 1991).

Neste contexto, a utilização de reguladores de crescimento vegetal tem sido bastante estudada (GATTASS et al., 2018; GHOSH, 2016; NKANSAH; OFOSU-ANIM; MAWULI, 2012; OOSTHUYSE, 2015; OSAMA; AMRO; SABER, 2015; PARAUHA; PANDEY, 2019) por influenciarem o crescimento de plantas nos processos de divisão e expansão celular, além de atuarem no processo de retenção de frutos, reduzindo a atividade de enzimas como a celulase no pedúnculo, reduzindo a abscisão (AHMED et al., 2012; GUAN et al., 1995).

Em estudo com mangueira cv. Keitt, Nkansah, Ofosu-Anim e Mawuli (2012) verificaram que a aplicação de 25 ppm de giberelina e 25 ppm de auxina aumentou 12,5% a retenção de frutos quando comparado com a testemunha, além disso, os sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), ratio (SS/AT) e coloração de polpa foram também superiores quando comparados com a testemunha. Desenvolvendo um experimento no Egito, Osama, Amro e Saber (2015) verificaram que a utilização de auxina (ácido naftaleno acético - 50 ppm) aplicado em plena florada e dois depois da primeira aplicação, em manga cv. Keitt, aumentou em média 4,34% a retenção de frutos e conseqüente número de frutos por planta, e 12,39% da produção quando comparados com a testemunha.

Em estudo aplicando 40 ppm de auxina ou 40 ppm de giberelina + 10 ppm de citocinina, durante e após o florescimento de mangueiras cv. Tommy Atkins, Oosthuyse (2015) verificou aumento de 40% na retenção de frutos e de 22% na produção. A aplicação de auxina (ácido naftaleno acético - 50 ppm) em mangueira cv. Amrapali, foi benéfica para a retenção e número total de frutos, além do peso e qualidade pós colheita do fruto, conforme observado por Ghosh (2016).

Ao avaliar o efeito da aplicação de diferentes reguladores de crescimento vegetal (auxina, giberelina, citocinina, ácido salicílico) em mangueira cv. Keitt, Gattass et al. (2018) relataram que plantas que receberam tratamento com 40 ppm de auxina (NAA), 40 ppm de giberelina (AG₃) ou 10 ppm de citocinina (CPPU) aumentaram em 24%, 18% e 12%, respectivamente, a retenção de frutos, e 91,6%, 63% e 30,54%, respectivamente a produção.

Estudando o efeito de aplicação foliar de reguladores de crescimento vegetal (auxina e giberelina) associado à nutrientes (KNO₃, uréia, ZnSO₄ e FeSO₄) em mangueira cv. Amrapali, Parauha e Pandey (2019) notaram que a aplicação de 30 ppm de giberelina junto a 2% de KNO₃ aumentou em 15% o número de frutos na fase inicial, 20% a porcentagem de retenção de frutos na fase de colheita e em 53,8% a produção.

Como demonstram os estudos supracitados, os reguladores de crescimento vegetal mais utilizados visando o aumento na retenção de frutos são auxina, giberelina e citocinina. A auxina possui diversas funções na planta, dentre elas: crescimento e divisão celular, supressão do crescimento das gemas axilares, dominância apical, enraizamento, promoção ou retardamento da abscisão de frutos (PETRI et al., 2016). A fase em que ocorre queda de frutos corresponde a um período de baixas concentrações de auxina e elevados níveis de inibidores de crescimento, como o ácido abscísico e o etileno (RAM, 1983). Sendo assim, a aplicação exógena de auxina atua alterando o padrão de produção de etileno na zona de abscisão (JACKSON; OSBORNE, 1972) e possibilita a redução da queda de frutos (GHOSH, 2016).

Por outro lado, as giberelinas são responsáveis pelo alongamento e divisão celular, e a redução dos seus níveis em determinados períodos resulta no aumento da queda de frutos (RAM, 1992). Participam também da inibição da indução floral, partenocarpia e no retardo do processo de senescência (PETRI et al., 2016), além da biossíntese das auxinas, tendo, desta forma, efeito indireto no processo de fixação de frutos (TAIZ et al., 2017). A sua aplicação induz a produção de enzimas ligadas à retenção de frutos (SPONSEL, 1995) e reduz a magnitude da abscisão por estar relacionada ao aumento no crescimento inicial dos ovários (SRIVASTAVA; HANDA, 2005).

Quanto à citocinina, algumas das suas funções são promover a divisão celular, regular a resistência à patógenos e atrasar a senescência (LOPEZ-LAURI, 2016). Além disso, a citocinina promove o aumento da capacidade de transporte de fotoassimilados para a fruta, por promover a diferenciação do tecido vascular, o que pode possibilitar o aumentando da fixação de frutos (HAGEMANN et al., 2014).

No mesmo segmento, o uso de bioestimulantes na promoção da fixação de frutos de mangueira tornou-se bastante evidente na literatura (KHATTAB; SHABAN; HASSAN, 2016; LOBO et al., 2019; MOUCO; LIMA FILHO, 2004). O objetivo do uso do bioestimulantes é aumentar a eficiência nutricional, tolerância ao estresse abiótico e/ou qualidade da cultura (DU JARDIN, 2015), incrementando a capacidade produtiva.

O uso de composto de aminoácidos em três doses diferentes (0,02%, 0,04% e 0,06%) aplicado em mangueira 'Tommy Atkins' em Petrolina-PE, aumentou o número de frutos fixados por planta, aos 30 dias antes da colheita, em 16,17%, 45,32% e 37,38%, respectivamente, com relação à testemunha (MOUCO; LIMA FILHO, 2004).

A aplicação de bioestimulante contendo aminoácidos, cálcio e boro no início da floração, plena floração e duas semanas após o pegamento, aumentou a quantidade de frutos fixados e produção de mangueiras cv. Ewais e Fagri Kalan (KHATTAB; SHABAN; HASSAN, 2016). De forma semelhante, o uso de bioestimulante contendo nutrientes solúveis em água e L- α -aminoácidos e outro contendo nutrientes solúveis, aminoácidos livres e extrato de alga *Lithothamnium* aumentaram o número de frutos por panícula em mangueiras cv. Kent cultivadas no semiárido (LOBO et al., 2019).

2.3 Desenvolvimento de fruto

A primeira etapa de formação dos frutos é a polinização, que consiste na transferência de grãos de pólen da antera do estame para o estigma do pistilo. Após a polinização, o grão-de-pólen germina produzindo um tubo polínico, onde posteriormente ocorre, geralmente, a dupla-fecundação (TAIZ et al., 2017).

Havendo sucesso na polinização, inicia-se o processo de desenvolvimento de fruto, em que as atividades hormonais de auxina, citocinina e giberelina irão

induzir o crescimento dos frutos, havendo intensa divisão celular seguida de alongamento (VAN DER KNAAP; ØSTERGAARD, 2017).

Nesta fase ocorre incremento nas propriedades químicas e físicas dos frutos, regida pelo suprimento nutricional da planta mãe, bem como por um balanço hormonal adequado, em que ambos regem os processos metabólicos das plantas, como também dos frutos (WONGMETHA; KE; LIANG, 2015).

Os frutos em desenvolvimento são os mais fortes drenos das plantas, porém não são os únicos, e por isso a translocação de fotoassimilados deve ser eficiente (SINGH et al., 2017). Neste processo, o íon K^+ tem grande influência, participando da manutenção do gradiente de pressão hidráulica ao longo do floema, além da reenergização do carregamento do floema (ACHE et al., 2001; DEEKEN et al., 2002; ROGIERS et al., 2017).

Além disso, os açúcares a serem transportados são, também, dependentes da ação hormonal, uma vez que estes além de estimularem o transporte de nutrientes para as folhas, também aumentam a capacidade de descarga da sacarose no floema bem como a captação desta sacarose pelos frutos (BRENNER; CHEIKH, 1995).

Os frutos da mangueira crescem de acordo com uma típica curva sigmoide, podendo ser dividido em quatro estádios diferentes: juvenil, crescimento máximo, maturação e amadurecimento, e por último, o estádio de senescência (THARANATHAN; YASHODA; PRABHA, 2007). Após atingir o ápice do seu desenvolvimento, os frutos entram na fase de amadurecimento que, segundo Brady (1987), é um processo de transformação de órgãos, geneticamente programado e altamente coordenado, da fase verde para a madura, tornando-se um fruto comestível com uma ótima mistura de cor, sabor, aroma e textura.

Nessa etapa algumas reações bioquímicas ocorrem, como a conversão de amido em açúcares simples; degradação de clorofila e síntese de carotenóides. Além da evolução de voláteis aromáticos e modificações de textura através da redução na rigidez da parede celular; todos estes processos são catalisados pela ação enzimática (GIOVANNONI et al., 2017).

2.3.1 Adubação potássica no desenvolvimento de fruto

O potássio (K^+) é um dos principais nutrientes minerais necessários para o funcionamento do metabolismo vegetal, sendo o segundo nutriente presente em maior quantidade nas folhas, após o nitrogênio (N), e o cátion mais abundante nas células vegetais (SARDANS; PEÑUELAS, 2015).

Uma vez disponível no solo, o potássio movimenta-se principalmente por difusão até a zona de contato com as raízes das plantas sendo absorvido na forma iônica de K^+ (FOX; GUERINOT, 1998; PRADO, 2008). Após absorvido, este íon é transportado via xilema por fluxo de massa em direção à parte aérea e descarregado nos tecidos vasculares foliares dos quais são absorvidos pelas células mesofílicas, epidérmicas e células-guarda estando presentes nos vacúolos e citosol (MARSCHNER, 2012; NIEVES-CORDONES et al., 2016).

O potássio possui elevada taxa de redistribuição das folhas velhas para as mais novas, devido à maior parte deste elemento não estar associado a nenhum composto orgânico dentro da planta (encontra-se na forma solúvel: K^+). Geralmente essa redistribuição tem como destino tecidos meristemáticos ou fruto em crescimento (PRADO, 2008).

Dentro do corpo vegetal, o potássio participa de inúmeras funções, dentre as quais destacam-se a ativação enzimática, através da exposição de locais quimicamente ativos necessários para a reação, movimento estomático (regulação do turgor e ajuste osmótico), tolerância aos estresses bióticos e abióticos, relações hídricas (MARSCHNER, 2012; SHARMA; SHANKHDHAR; SHANKHDHAR, 2016), participação no processo fotossintético (BIBI et al., 2019), além da promoção da síntese e transferência de fotoassimilados para os frutos (DUTTA; AHMED; KUNDU, 2011; TAHA; HASSAN; SHAABAN, 2014).

Em relação ao transporte de fotoassimilados, a sacarose é o principal açúcar transportado via floema em direção aos drenos (TRÄNKNER; TAVAKOL; JÁKLI, 2018). Esse processo é possível porque o K^+ mantém um gradiente de pressão hidráulica ao longo do floema (ACHE et al., 2001; DEEKEN et al., 2002), funcionando como um estoque de energia descentralizado, uma vez que a sacarose, durante o percurso fonte-dreno (folha-fruto), vai sendo utilizada para nutrir outros tecidos (GAJDANOWICZ et al., 2011; TRÄNKNER; TAVAKOL; JÁKLI, 2018). Em adição, para que haja suprimento adequado de açúcares para

o fruto, o K⁺, através de canais específicos, auxilia as H⁺-ATPases da membrana plasmática a reenergizar o processo de carregamento do floema, garantido que a sacarose chegue ao fruto (ROGIERS et al., 2017).

Além disso, diversos estudos (BAIEA; EL-SHARONY; EL-MONEIM, 2015; BIBI et al., 2019; CARNEIRO et al., 2018; DUTTA; AHMED; KUNDU, 2011; PARAUHA; PANDEY, 2019; SARKER; RAHIM, 2013; TAHA; HASSAN; SHAABAN, 2014) têm demonstrado a eficácia de diferentes fontes de potássio em promover melhoria nas propriedades físico-químicas dos frutos da mangueira como o incremento no peso médio, volume, diâmetros, sólidos solúveis, açúcares totais, vitamina C e redução da acidez titulável. Isto se deve às diversas funções supracitadas deste elemento, as quais influenciam a produtividade das plantas e a qualidade dos frutos (GANESHAMURTHY; SATISHA; PATIL, 2011).

O uso de sulfato de potássio tem apresentado resultados superiores na produção de frutos quando comparados a outras fontes como o cloreto de potássio (CARNEIRO et al., 2018) e o nitrato de potássio (DUTTA; AHMED; KUNDU, 2011). Isto pode estar relacionado com as funções do enxofre na planta, como participação na composição de aminoácidos, síntese de clorofila e formação da ferredoxina, além do transporte de elétrons na fotossíntese, favorecendo o acúmulo de carboidratos e outros compostos nitrogenados (PRADO, 2008).

2.3.2 Giberelina no desenvolvimento de fruto

As giberelinas (GAs) foram identificadas pela primeira vez na década de 1920, quando pesquisadores japoneses observaram uma doença que causava um crescimento excessivo em plantas de arroz, devido a uma substância química que era excretada por um fungo (*Gibberella fujikuroi*) (KALRA; BHATLA, 2018).

Após anos de estudos, Yabuta e Sumiki (1938) desvendaram a estrutura química da giberelina e confirmaram sua eficácia biológica como estímulo ao alongamento de plântulas tanto de arroz quanto em outras culturas economicamente importantes. Na década de 1950, descobriu-se substâncias semelhantes à giberelina em plantas superiores, indicando que as GAs eram hormônios vegetais naturais (RADLEY, 1958).

As GAs são ácidos diterpenóides tetracíclicos, e compreendem um grupo de mais de 136 compostos estruturalmente relacionados que são constituintes naturais das plantas, entretanto, apenas AG₁, AG₃, AG₄ (KALRA; BHATLA, 2018) e AG₇ são bioativas (HEDDEN; THOMAS, 2016).

São consideradas o grupo hormonal do crescimento por atuarem na expansão e divisão celular, tendo os mecanismos moleculares subjacentes à promoção do alongamento celular já bem compreendidos pois, promovem a expressão de enzimas envolvidas no afrouxamento da parede celular e promovem o rearranjo de microtúbulos orientando a expansão celular direcional (DUCKETT; LLOYD, 1994; KALRA; BHATLA, 2018; OGAWA et al., 2003).

Considerando que a fase de desenvolvimento e maturação de fruto compreenda o período em que há o crescimento de tecidos através da divisão e expansão celular, além da diferenciação de novos tecidos (HEDDEN; THOMAS, 2016), fica evidente o importante papel desempenhado pela giberelina no processo de desenvolvimento de frutos (AHMED et al., 2012).

Além disso, a aplicação exógena de GAs aumenta a demanda dos órgãos drenos (frutos, por exemplo) por atuarem na expansão das células do mesocarpo, resultando em maior descarga do floema e assimilação de carbono no metabolismo do fruto (AHMED et al., 2012), exercendo, portanto, efeito positivo na qualidade e propriedades químicas dos frutos (NKANSAH; OFOSU-ANIM; MAWULI, 2012; OSAMA; AMRO; SABER, 2015; ZAENELDEEN, 2014).

De uma forma prática, Chacko, Singh e Kachru (1970) avaliando a influência das GAs em sementes e frutos de manga cv. Dashehari, observaram uma forte correlação entre o aumento da GA no endosperma das sementes com um desenvolvimento equivalente de fruto, sugerindo já naquela época que as GAs estão intimamente envolvidas na fase de crescimento celular do desenvolvimento de frutos de mangueira. Resultados semelhantes também foram encontrados por Ram (1983) estudando a mesma cultivar de mangueira.

A aplicação via foliar de 35 ppm de giberelina resultou no incremento do tamanho e peso de frutos de manga 'Dusehri', segundo Ahmed et al. (2012). Zaeneldeeen (2014) verificou que a aplicação foliar de 50 ppm de ácido giberélico e uréia a 2% em mangueira 'Succary Abiad' aumentou o peso, comprimento e diâmetro do fruto. Além disso, afetou positivamente o teor de sólidos solúveis,

açúcares totais e açúcares redutores e não redutores e diminuiu a porcentagem de acidez total.

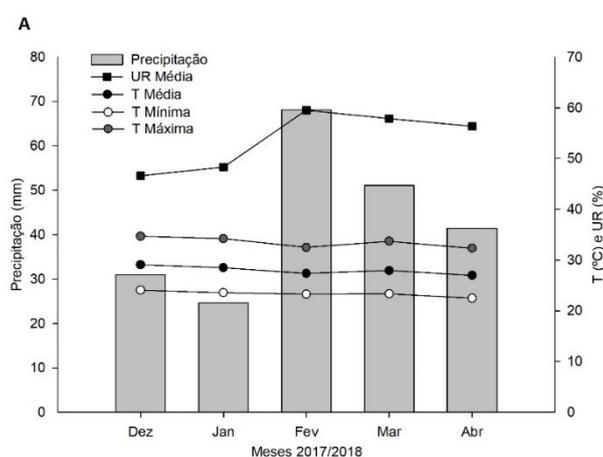
Ao avaliarem o efeito de 50 ppm de auxina em manga cv. Keitt, Osama, Amro e Saber (2015) constataram melhoria na qualidade do fruto, observando aumento no peso, porcentagem de polpa/fruto, teor de sólidos solúveis, total de açúcares, teor de ácido ascórbico e redução na porcentagem de acidez.

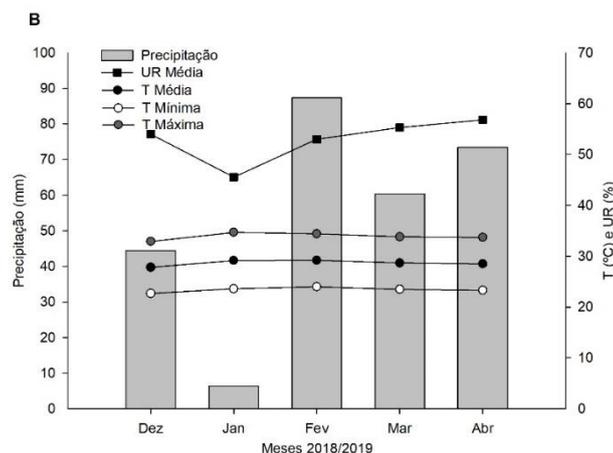
MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos consecutivos utilizando mangueiras cv. Keitt com seis e sete anos de idade, tamanho de copa e vigor uniforme, na fazenda La Bordett localizada no distrito de Irrigação de Maniçoba, Juazeiro-BA (9°20'52" S de latitude e 40°15'02" O de longitude, e altitude de 389 m acima do nível do mar). O primeiro experimento (Exp. 1) foi conduzido no período de dezembro de 2017 à abril de 2018 e o segundo experimento (Exp. 2) de dezembro de 2018 à abril de 2019, ambos no mesmo pomar. O clima da região é do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

Durante a execução dos experimentos, os dados climáticos referentes à precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar foram registrados em estação meteorológica automática (Figura 1).

Figura 1 – Temperatura máxima (T Máxima), mínima (T Mínima) e média (T Média) do ar, umidade relativa média do ar (UR Média) e precipitação registradas durante a condução dos experimentos, safras 2017-2018 (A) e 2018-2019 (B), Juazeiro-BA





As plantas utilizadas foram irrigadas por sistema localizado, com dois microaspersores por planta, e turno de rega diário ajustado de acordo com a evapotranspiração e a necessidade da cultura na fase de desenvolvimento correspondente. O espaçamento em que estavam dispostas foi 6 x 3 m. O pomar foi submetido às práticas culturais recomendadas por Lopes et al. (2003) e Silva et al. (2002) para a cultura da mangueira nas condições regionais de cultivo quanto à podas, manejo nutricional via fertirrigação, controle de plantas invasoras, combate à pragas e doenças e ponto de colheita ideal.

No início de cada experimento foi realizada análise nutricional do solo para caracterização da área de acordo com as recomendações de Silva (2009) (Tabela 1).

Tabela 1 – Teores de macro e micronutrientes do solo da área experimental utilizada

Experimento	Prof.	pH	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H + Al)	SB	V
	cm	H ₂ O	g 100g ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³							%
1	0 - 25	5,8	1,61	66,31	0,34	0,07	2,5	1,4	0	2,97	4,31	59
2	0 - 25	5,1	1,31	84,39	0,46	0,08	4,5	1,5	0	2,48	6,54	73

Prof.: profundidade; M.O.: matéria orgânica; Al³⁺: acidez trocável; H + Al: acidez potencial; SB: soma de bases; V: Saturação por bases.

Experimento 1: estratégias para fixação de fruto

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso (DBC), com quatro tratamentos, quatro repetições e três plantas úteis por parcela. Os tratamentos foram compostos por diferentes estratégias para fixação de frutos

incluindo reguladores de crescimento vegetal (RCVs), bioestimulante e nutrientes recomendados para a cultura da mangueira (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição dos tratamentos utilizados como estratégias para fixação de fruto em mangueira cv. Keitt. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA

Trat	Composição				
	AG ₃ (ppm)	2,4-D (ppm)*	BA (ppm)	Bioestim. (mL por planta)	CoMo (mL por planta)
T1	-	-	-	-	-
T2	10	10	-	-	-
T3	10	10	10	-	-
T4	-	-	-	1,83	1,83

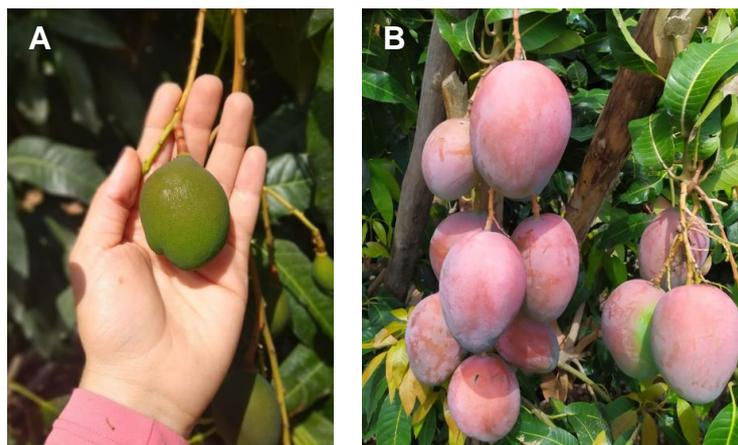
AG₃: Giberelina; 2,4-D: 2,4-Diclorofenoxiacético; BA: benziladenina; Bioestim.: Bioestimulante. *Na época em que o experimento foi desenvolvido ainda não havia restrição quanto ao uso do 2,4-D no Brasil.

As fontes utilizadas foram: ProGibb⁴⁰⁰ (AG₃), 2,4-Diclorofenoxiacético (reagente PA – Sigma-Aldrich), MaxCel[®] (Benziladenina), Folha Top[®] (Bioestimulante – Carbono orgânico total 9%, N 10%, K₂O 1%, Mn 1,5% e Zn 0,5%), CoMo[®] (composto nutricional – Co 1% e Mo 10%).

As aplicações dos produtos ocorreram durante o florescimento pleno (FP), ou seja, quando 50% das flores se encontravam em antese, e foram repetidas aos oito e 16 dias após o FP, sempre no período da manhã, via foliar direcionadas para panícula ou fruto, utilizando-se pulverizador costal e volume de calda padronizado de 1,5 L por planta para todos os tratamentos + adesivo (Adesil[®]) (50 mL 100 L⁻¹). A definição dos tratamentos considerou as demandas e alterações fisiológicas que ocorrem durante o processo de fixação de frutos da mangueira descritas por Genú e Pinto (2002) e Ramírez e Davenport (2010). As plantas correspondentes ao tratamento 1 (controle) receberam aplicação de água.

Aos 47 dias após pleno florescimento (Figura 2A), foi avaliado o número de frutos por panícula (fixação de fruto). Na colheita (Figura 2B), foram selecionados os frutos que apresentavam qualidade estabelecida para exportação e maturidade fisiológica conforme o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004).

Figura 2 – Contagem de fruto aos 47 dias após pleno (A) e frutos no ponto de colheita (B). Safra 2017-2018, Juazeiro-BA



Os frutos de cada planta foram pesados para obtenção da produção de mercado externo (kg por planta) e os frutos remanescentes pesados para a quantificação da produção de frutos destinados ao mercado interno (kg por planta). O potencial produtivo (kg por planta) foi definido como a produção (kg por planta), caso os frutos destinados ao mercado interno atingissem peso para mercado externo (450 g). As datas de realização das atividades do experimento estão resumidas na figura 3.

Figura 3 – Cronograma das atividades realizadas no experimento 1. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA



DAF - dias após pleno florescimento.

Os dados foram submetidos à análise de variância para avaliação dos efeitos significativos pelo teste “F” e os tratamentos comparados entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade, utilizando o software R (R Core Team, 2019).

Experimento 2: estratégias para desenvolvimento de fruto

A partir dos resultados obtidos no experimento 1, a estratégia que apresentou os melhores resultados foi utilizada como manejo padrão para fixação de frutos no experimento 2. A estratégia compreende a aplicação foliar de reguladores de crescimento vegetal (RCVs) em todos os tratamentos (exceto controle) (Tabela 3).

Tabela 3 – Manejo de fixação de fruto de mangueira cv. Keitt. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

RCVs	Fase reprodutiva		
	Pleno florescimento (PF)	8 DAF	16 DAF
Giberelina (ProGibb ⁴⁰⁰)	10 ppm	10 ppm	10 ppm
Auxina (2,4-Diclorofenoxiacético)	10 ppm	10 ppm	10 ppm
Citocinina (MaxCell)	10 ppm	10 ppm	10 ppm

RCVs: reguladores de crescimento vegetal; DAF: dias após pleno florescimento.

Após finalizada a estratégia para fixação dos frutos, iniciou-se a aplicação dos tratamentos compostos por doses de potássio e giberelina (produto comercial ProGibb⁴⁰⁰) + adesivo (Adesil[®]) (50 mL 100 L⁻¹), como estratégias para desenvolvimento de fruto, as aplicações foram direcionadas para os frutos.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com tratamentos dispostos em esquema fatorial (2 x 3 + 1), correspondentes à duas formas de adubação potássica (recomendada para a cultura de acordo com a produção esperada e ajustada de acordo com o número de frutos a mais fixados), três doses de giberelina e tratamento adicional (controle - apenas adubação potássica recomendada e sem estratégia de fixação), com quatro blocos e três plantas úteis por parcela totalizando 12 plantas, e os tratamentos definidos conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Composição dos tratamentos utilizados como estratégias para desenvolvimento de fruto em mangueira cv. Keitt. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Estratégias		Composição	
Fixação Frutos	Desenvolvimento de frutos	Adubação Potássica	Giberelina (ppm)
Sim	T1	Recomendada	0
Sim	T2	Recomendada	10
Sim	T3	Recomendada	20
Sim	T4	Ajustada	0
Sim	T5	Ajustada	10

Sim	T6	Ajustada	20
Não	Testemunha	Recomendada	0

O manejo nutricional para o cálculo da dose recomendada foi baseado nos resultados da análise do solo (Tabela 1) e foliar (Tabela 5), e a necessidade da cultura para a produção esperada, as coletas foram realizadas no período de plena florada (SILVA et al., 2002).

Tabela 5 – Teores de macro e micronutrientes foliares em mangueira cv. Keitt. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	B	Cu	Na
g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
16,84	1,64	4,67	5,97	2,06	106,8	54,52	32,79	8,84	1,71	121,26

N: Kjeldahl; P: espectrofotometria com azul de molibdênio; K e Na: fotometria de chama; Ca, Mg, Mn, Fe, Zn e Cu: espectrofotometria de absorção atômica; B: espectrofotometria com azometina-H.

Para a definição da adubação ajustada, o número médio de frutos fixados por planta em cada tratamento foi contabilizado 47 dias após pleno florescimento (Tabela 6). O controle como não recebeu tratamento para fixação de fruto foi utilizada como referência no cálculo da dose ajustada a ser aplicada. O teor ajustado de potássio nos tratamentos foi feito em função do aumento percentual do número de frutos em relação ao controle. Em seguida, iniciaram-se as aplicações das estratégias para desenvolvimento de fruto (49 DAF).

Tabela 6 – Número relativo de frutos em plantas dos tratamentos com estratégia de fixação de fruto em relação à testemunha sem estratégia de fixação de fruto em mangueira cv. Keitt. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fixação Frutos	Tratamentos	Frutos (%)*
Sim	T4	166,29%
Sim	T5	111,97%
Sim	T6	147,45%
Não	Testemunha	100%

* Baseado no número de frutos da testemunha.

Os tratamentos foram aplicados semanalmente a partir dos 49 DAF, de acordo com o desenvolvimento de fruto até tamanho constante (105 DAF), totalizando 9 aplicações. Os tratamentos com dose de potássio ajustada foram

compostos por 90% de Sulfato de Potássio aplicado à lanço e 10% aplicado via foliar, concomitante às aplicações de giberelina.

Visando acompanhar o desenvolvimento de fruto, 20 frutos por tratamento foram marcados (Figura 4A), distribuídos nas 10 plantas centrais, marcando-se um fruto por planta em cada lado e todos localizados na lateral e região mediana da copa. Foram medidos semanalmente os diâmetros longitudinal, lateral e ventral, com paquímetro de precisão para determinação do volume estimado de fruto (cm^3) seguindo metodologia de Moraes et al. (2004) (Figura 4B).

Figura 4 – Fruto identificado para o acompanhamento do desenvolvimento (A), e medição do diâmetro ventral de fruto em campo (B). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA



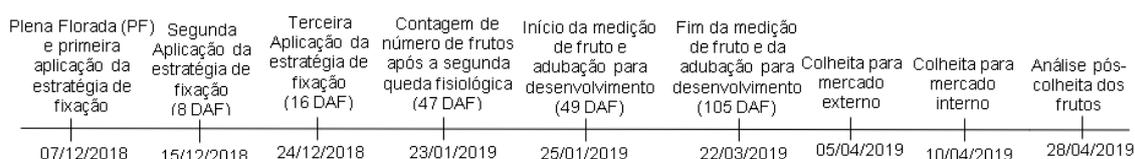
Os frutos colhidos por planta foram contados, e em seguida pesados para obtenção dos dados de produção (kg por planta) e estimativa da produtividade (t ha^{-1}), sendo considerado separadamente os frutos com qualidade para comercialização no mercado interno e externo, conforme estabelecido pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004).

Após a colheita, cinco frutos por parcela foram conduzidos ao laboratório de Agroindústria da UNIVASF/Petrolina-PE para avaliação quanto às características físico-químicas seguindo a metodologia descrita por Instituto Adolfo Lutz (2008). Os frutos permaneceram em BOD à temperatura de 12°C durante 20 dias, simulando o armazenamento realizado no transporte para o processo de exportação. Em seguida a temperatura foi alterada para 25°C , simulando câmara de maturação, onde permaneceu por três dias.

Após esse período, foram avaliados: volume estimado de fruto, obtido pela multiplicação dos diâmetros ventral, longitudinal e transversal (determinados com paquímetro digital); massa do fruto, medida em balança digital semi-

analítica e expressa em g; firmeza de polpa, determinada utilizando-se penetrômetro manual com ponteira de 8 mm, sendo realizadas duas leituras em dois lados opostos na polpa de cada fruto, e o resultado expresso em kgf cm^{-2} ; massa seca de fruto, determinada através da secagem da polpa em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 70°C por 72h, e resultado expresso em %; rendimento de casca, polpa e caroço; pH, determinado em pHmetro; sólidos solúveis, determinado por leitura direta em refratômetro ABBE (SS, expresso em $^{\circ}\text{Brix}$); acidez titulável (AT), determinado por titulometria (expresso em g de ácido cítrico/100 g de amostra); ratio SS/AT, obtido por relação. As datas de realização das atividades do experimento estão resumidas na figura 5.

Figura 5 – Cronograma das atividades realizadas no experimento 2. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA



DAF - dias após pleno florescimento.

Os dados foram submetidos à análise de variância para avaliação dos efeitos significativos pelo teste “F”, as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade e com a testemunha pelo teste de Dunnett também à 5% de probabilidade, utilizando o software R (R Core Team, 2019).

Com a finalidade de discriminar as interações entre as adubações e doses de giberelina, em função das variáveis analisadas, a análise de componentes principais (PCA) foi aplicada à matriz de correlação das variáveis originais padronizadas para reduzi-las em dois componentes principais, através do software Minitab (Minitab Inc.).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

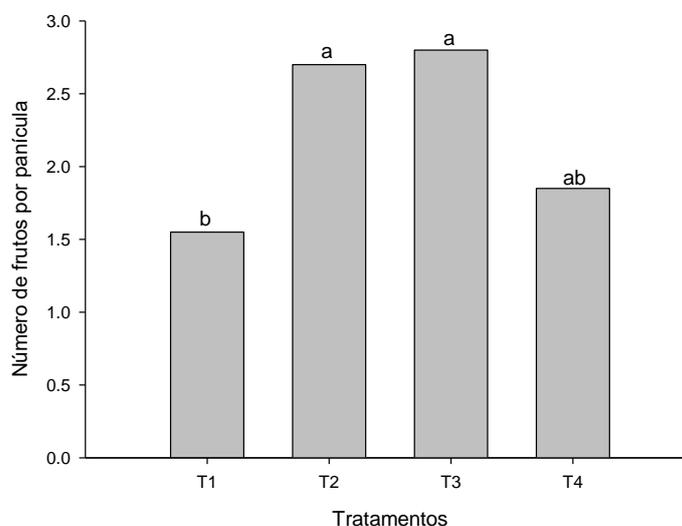
Experimento 1: estratégias para fixação de fruto

O número de frutos por panícula (Figura 6) apresentou significância a 5% de probabilidade entre os tratamentos, com efeito positivo para as plantas que receberam tratamentos com estratégia hormonal na sua composição (T2 e T3), as quais apresentaram incremento de 74 e 80%, respectivamente, em relação à testemunha (T1).

A mangueira é uma cultura que naturalmente possui baixa fixação de frutos em relação à quantidade de flores formadas e ao seu potencial. A abscisão de frutos ocorre principalmente durante as semanas 3 e 4 após a polinização, e acredita-se que a sinalização do processo de abscisão de frutos seja de natureza hormonal (SINGH; MALIK; DAVENPORT, 2005). Desta forma, a intervenção hormonal ocasionou a redução da abscisão dos frutos.

Os resultados podem ser justificados pela função de cada hormônio e a interação destes no processo de fixação de frutos. A interação entre a auxina e o etileno afeta a formação da zona de abscisão por meio da regulação positiva de genes que expressam celulasas e pectinases. Níveis mais altos de auxina oferecem maior proteção contra a abscisão induzida por etileno. Desta forma, a aplicação exógena de auxina em uma fase que naturalmente ocorre a queda de frutos pode desfavorecer a formação da zona de abscisão (BROWN, 1997; SINGH; MALIK; DAVENPORT, 2005).

Figura 6 – Número de frutos por panícula de mangueira cv. Keitt em função de diferentes estratégias para fixação de fruto. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA



Barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. T1: apenas água; T2: 3 aplicações de 10 ppm de AG₃ + 10 ppm 2,4-D; T3: 3

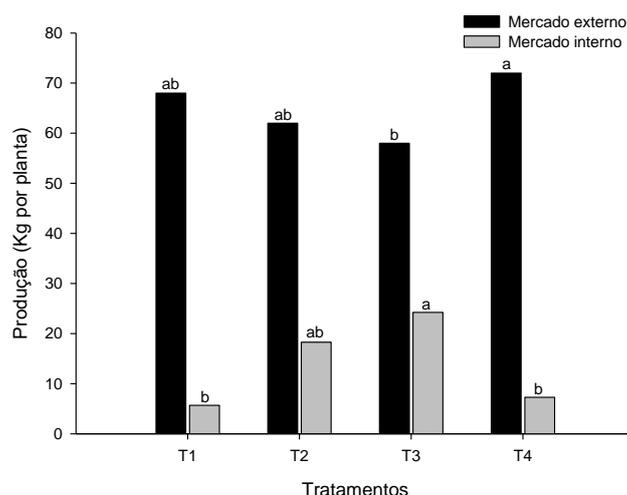
aplicações de 10 ppm de AG₃ + 10 ppm 2,4-D + 10 ppm de Benziladenina; T4: 3 aplicações de 22 mL Bioestimulante + 22 mL CoMo®.

As giberelinas são responsáveis pelo alongamento e divisão celular. A redução dos níveis de giberelina em determinados períodos resulta no aumento da queda de frutos (RAM, 1992). A sua aplicação induz a produção de enzimas ligadas à retenção de frutos (SPONSEL, 1995) e reduz a magnitude da abscisão por estar relacionada ao aumento no crescimento inicial dos ovários (SRIVASTAVA; HANDA, 2005). De forma semelhante, a citocinina está envolvida na divisão celular (LOPEZ-LAURI, 2016) e na promoção da diferenciação do tecido vascular, o que pode possibilitar o fortalecimento dos frutos, aumentando a fixação (HAGEMANN et al., 2014).

Os resultados obtidos para a fixação de fruto estão alinhados com alguns relatados na literatura. Em trabalho realizado na África do Sul em mangueiras cv. Tommy Atkins, Oosthuysen (2015) verificou que a aplicação de 40 ppm de auxina ou 40 ppm de giberelina + 10 ppm de citocinina, durante e após o florescimento, aumentou em 40% retenção de frutos e 22% a produção. Gattass et al. (2018) avaliando o efeito da aplicação de diferentes reguladores de crescimento vegetal (auxina, giberelina, citocinina, ácido salicílico) em mangueira cv. Keitt cultivadas no Egito, relataram que as plantas que receberam tratamento com 40 ppm de auxina (NAA), 40 ppm de giberelina (AG₃) ou 10 ppm de citocinina (CPPU) aumentaram em 24%, 18% e 12%, respectivamente, a retenção de frutos, e 91,6%, 63% e 30,54%, respectivamente a produção.

Quanto à produção (kg por planta) de frutos destinados ao mercado externo (Figura 7), as plantas tratadas com bioestimulante (T4) foram 24% superiores quando comparadas com as plantas tratadas com regulador de crescimento vegetal (T3). O bioestimulante e o composto nutricional (CoMo®), utilizados no T4, possuem uma mistura de macronutrientes (N e K) e micronutrientes (Mn, Zn, Co e Mo), os quais desempenham importantes funções no vegetal.

Figura 7 – Produção de frutos de mangueira cv. Keitt destinados aos mercados externo e interno em função de diferentes estratégias para fixação de fruto. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA



Barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. T1: apenas água; T2: 3 aplicações de 10 ppm de AG3 + 10 ppm 2,4-D; T3: 3 aplicações de 10 ppm de AG3 + 10 ppm 2,4-D + 10 ppm de Benziladenina; T4: 3 aplicações de 22mL Bioestimulante + 22mL CoMo®.

O nitrogênio é constituinte da estrutura do ácido 3-indolacético (auxina) e da cinetina e zeatina (citocininas) (TAIZ et al., 2017), afetando portanto o processo de fixação de frutos. De forma semelhante, o potássio está envolvido em inúmeros processos bioquímicos e fisiológicos como participação no processo fotossintético, e formação de compostos orgânicos envolvidos na síntese hormonal (BIBI et al., 2019; MARSCHNER, 2012; SHARMA; SHANKHDHAR; SHANKHDHAR, 2016).

Dentre os micronutrientes presentes, o manganês (Mn) tem particular interferência na ativação de enzimas envolvidas no ciclo do ácido cítrico (ciclo de Krebs), como as descarboxilases e as desidrogenases, e em reações fotossintéticas (TAIZ et al., 2017). O zinco (Zn) está envolvido na atividade de enzimas, transferência de elétrons em algumas reações bioquímicas, além de ser necessário para a síntese de triptofano, aminoácido precursor de auxina (MENGEL; KIRKBY, 1987; VALIO 1979; TAIZ et al., 2017). O cobalto (Co) funciona como um inibidor da síntese de etileno, hormônio responsável pela abscisão de frutos (MOUCO, 2004), e o molibdênio (Mo) é componente da enzima nitrato redutase envolvida no metabolismo do nitrogênio.

O uso de macro e micronutrientes em concentrações e fases adequadas favorece um equilíbrio nutricional ocasionando melhoria da qualidade dos frutos e alcance de produções máximas (AULAR; NATALE, 2013).

Para a produção de frutos com padrão de mercado interno (Figura 7), as plantas do T3 foram 76,6% e 69,92% superiores às plantas dos tratamentos 1 e 4, respectivamente. Há um interesse maior pela produção de frutos destinados ao mercado externo, já que este gera maior valor agregado, sendo assim, o tratamento com bioestimulante (T4) seria o indicado para aumento de fixação de frutos (Figura 7). Entretanto, os valores de potencial produtivo (Tabela 7) definido como a produção (kg por planta) caso os frutos destinados ao mercado interno atingissem peso para mercado externo (em torno de 450 g), demonstram que o tratamento que combina os três reguladores de crescimento vegetal (T3) é o mais promissor no aumento da produção, sendo portanto, o mais indicado como estratégia de fixação de frutos.

Apesar das plantas que receberam o T3 apresentarem o maior número de frutos por panícula (Figura 6), estas não apresentaram a maior produção de frutos destinados ao mercado externo (Figura 7), entretanto apresentaram o maior potencial produtivo (Tabela 7). Sendo assim, observa-se a necessidade de intervenção na etapa de desenvolvimento de fruto, de modo que todos os frutos que foram fixados recebam estímulos hormonais e nutricionais suficientes para atingirem peso (450 g) para mercado externo.

Tabela 7 – Potencial produtivo (kg por planta) de frutos de mangueira cv. Keitt em função de diferentes estratégias para fixação de fruto. Safra 2017-2018, Juazeiro-BA

Tratamentos	Potencial produtivo (kg por planta)
T1	28,35 b
T2	91,35 ab
T3	110,7 a
T4	36,45 b

T1: apenas água; T2: 3 aplicações de 10 ppm de AG₃ + 10 ppm 2,4-D; T3: 3 aplicações de 10 ppm de AG₃ + 10 ppm 2,4-D + 10 ppm de Benziladenina; T4: 3 aplicações de 22mL Bioestimulante + 22mL CoMo®.

Experimento 2: estratégias para desenvolvimento de fruto

A análise estatística dos dados obtidos para estimativa do ganho de volume dos frutos de mangueira 'Keitt' não mostraram haver interação significativa entre os fatores avaliados (adubação x giberelina) em nenhuma das datas analisadas

(Tabela 8). Entretanto, a aplicação doses de giberelina influenciou nesta variável em todas as datas avaliadas. Quando comparados os tratamentos com a testemunha, foi observada significância nas seis primeiras datas (Tabela 8).

A significância do fator giberelina em todas as datas avaliadas demonstra um padrão na resposta dos dados, sendo que em todas as datas avaliadas, o volume estimado dos frutos que receberam dose de 20 ppm de giberelina mostrou-se superior ao volume daqueles que não receberam o estímulo hormonal (T1 - 0 ppm). Já os frutos estimulados com 10 ppm de giberelina, tornaram-se superiores em volume àqueles sem estímulo apenas nas cinco últimas datas avaliadas, e foram iguais aos frutos tratados com 20 ppm de giberelina em todas as datas (Tabela 8), mostrando que o uso de giberelina tem influência direta no estímulo ao crescimento dos frutos.

As giberelinas estão diretamente ligadas com a expressão de enzimas envolvidas no afrouxamento da parede celular e na promoção da expansão celular (DUCKETT; LLOYD, 1994; KALRA; BHATLA, 2018). O afrouxamento e expansão celular cria um déficit de pressão de difusão da água resultando no aumento da captação de água e portanto na demanda dos órgãos drenos como os frutos (SINGH et al., 2017), resultando no incremento de descarga do floema (AHMED et al., 2012; KUMAR; KUMAWAT; SUMAN, 2020), e portanto, interferindo de forma positiva no processo de desenvolvimento de fruto.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ahmed et al. (2012) com incremento de 17,6% do peso do fruto de mangueira cv. Dusehri tratadas com 35 ppm de giberelina (AG₃) em relação à testemunha, desenvolvidas na região de Faisalabad no Paquistão.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância para volume estimado (cm³) de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fonte de variação	49 DAF	56 DAF	63 DAF	70 DAF	77 DAF	84 DAF	91 DAF	98 DAF	105 DAF
Adubação (A)	0,99 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Recomendada	242,05	367,06	451,80	502,47	566,05	614,91	649,14	685,04	715,71
Ajustada	249,04	372,39	446,00	482,99	576,93	607,93	630,20	665,14	690,68
Giberelina (G)	4,53*	4,70*	5,101**	4,47*	6,66**	4,70*	5,02**	4,05*	4,91**
0 ppm	232,56 b	335,93 b	396,26 b	434,80 b	489,02 b	538,02 b	562,28 b	598,35 b	621,12 b
10 ppm	245,71 ab	378,51 ab	459,97 ab	509,31 ab	613,83 a	640,29 a	669,38 a	712,47 a	735,72 a
20 ppm	258,37 a	394,75 a	490,47 a	534,08 a	611,63 a	655,96 a	687,35 a	714,45 a	752,75 a
A x G	0,67 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,641 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,85 ^{ns}
Testemunha x Fatorial	11,16**	8,97**	7,15**	6,37*	5,65*	5,53*	3,69 ^{ns}	2,00 ^{ns}	3,26 ^{ns}
CV (%)	16,46	24,47	29,77	31,21	31,01	30,46	29,71	30,47	29,39

DAF - dias após pleno florescimento; ns= não significativo; "*" significância= 0,05; "**" significância= 0,01 pelo teste de Tukey; "****" A testemunha não recebeu estratégia de fixação, e como estratégia de desenvolvimento recebeu adubação recomendada.

Quanto à comparação das médias do volume estimado de frutos (cm^3), utilizando o teste Dunnett (tratamentos comparados com a testemunha), observa-se que em todas as datas avaliadas as plantas dos tratamentos 0 ppm de giberelina (independente da adubação) foram significativamente inferiores em relação às plantas da testemunha (Tabela 9).

Tabela 9 – Volume estimado (cm^3) dos frutos cv. Keitt, submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm) comparado com a testemunha absoluta. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fonte de variação	Volume estimado de fruto (cm^3)					
	49 DAF	56 DAF	63 DAF	70 DAF	77 DAF	84 DAF
Recomendada+G0	229,66*	323,91*	391,69*	429,05*	469,62*	514,64*
Recomendada+G10	246,86	391,48	477,26	537,23	617,17	661,37
Recomendada+G20	249,63	385,80	486,44	541,15	611,37	668,73
Ajustada+G0	235,45*	347,94*	400,82*	440,56*	508,42*	561,41*
Ajustada+G10	244,57*	365,54	442,68	481,39	610,50	619,20
Ajustada+G20	267,12	403,70	494,50	527,02	611,89	643,19
Testemunha**	276,50	433,81	535,84	586,91	671,99	717,53
DMS	31,60	73,00	110,93	127,31	144,23	153,91

Médias seguidas por “*” diferem da testemunha pelo teste de Dunnett à 5%. “***” A testemunha não recebeu estratégia de fixação, e como estratégia de desenvolvimento recebeu adubação recomendada.

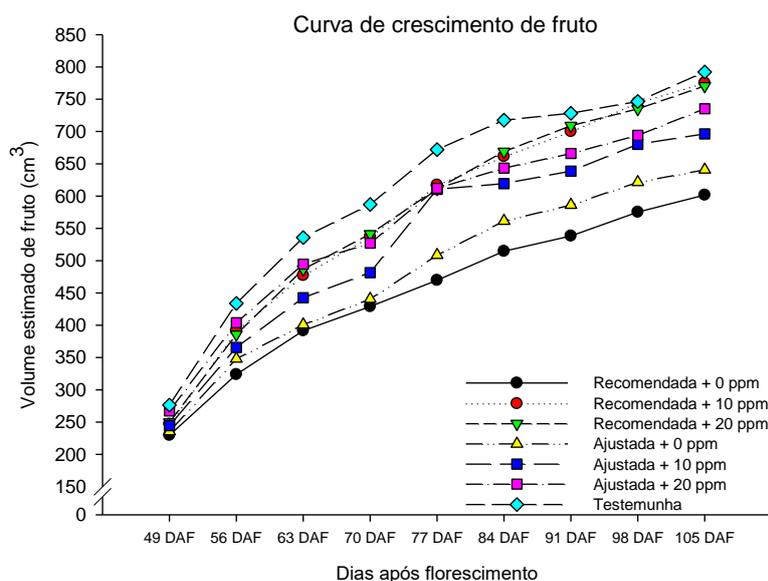
Observa-se maior quantidade de frutos em todos os tratamentos em relação à testemunha (Tabela 6), o que demonstra eficiência do manejo hormonal utilizado para a fixação de frutos. A relação fonte-dreno na planta influencia diretamente no desenvolvimento dos órgãos drenos, como fruto, por exemplo. À medida que aumenta o número de frutos na planta, a relação fonte-dreno diminui, resultando em menor oferta de fotoassimilados por fruto e conseqüente menor desenvolvimento de fruto (FISCHER; ALMANZAMERCHÁN; RAMÍREZ, 2012; SINGH et al., 2017).

As plantas tratadas com giberelinas, nas doses de 10 ou 20 ppm, apesar da menor relação fonte/dreno (maior quantidade de fruto), conseguiram igualar estatisticamente o crescimento em volume com os frutos das plantas do tratamento testemunha, mesmo estes tendo maior relação fonte/dreno, ratificando a eficiência da estratégia de desenvolvimento de fruto utilizando estímulo com giberelina.

A curva de crescimento dos frutos (Figura 8) demonstra bem os resultados supracitados, em que os frutos das plantas do tratamento testemunha

apresentaram o maior volume estimado durante o desenvolvimento, por outro lado, os frutos das plantas com tratamentos com a dose 0 ppm de giberelina (Adubação recomendada + 0 ppm de giberelina e Adubação ajustada + 0 ppm de giberelina) apresentaram o menor volume estimado.

Figura 8 – Curva de crescimento de frutos de mangueira cv. Keitt em função de diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA



Quanto ao número de frutos (NF) destinados ao mercado interno, nota-se interação significativa dos fatores, assim como entre a testemunha e os fatores avaliados (Tabela 10). O número de frutos destinados ao mercado externo foi positiva e significativamente influenciado pela aplicação de giberelina, sendo que a maior dose (20 ppm) resultou em maior número de frutos. Há, ainda, significância para a testemunha comparada com os fatores (Tabela 10).

A maior dose de giberelina utilizada influenciou diretamente no número de frutos destinados ao mercado externo (Tabela 10). Como demonstrado para volume estimado de fruto (Tabela 8), plantas que receberam a maior dose de giberelina apresentaram os maiores volumes estimados de fruto, acarretando no maior número de frutos com qualidade para o mercado externo.

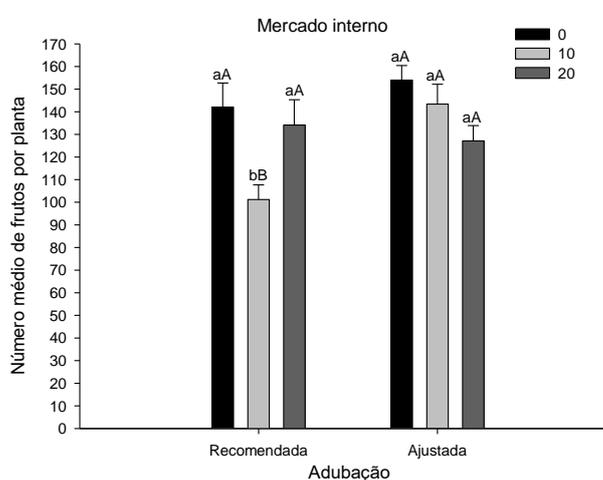
Tabela 10 – Resumo da análise de variância para número de frutos (NF) de mangueira cv. Keitt para mercado interno e externo, em função de diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fonte de variação	NF Mercado interno	NF Mercado externo
Adubação (A)	5,39*	2,24 ^{ns}
Recomendada	125,80 b	102,13
Ajustada	141,51 a	94,98
Giberelina (G)	4,99**	3,96*
0 ppm	148,03 a	95,07 ab
10 ppm	122,30 b	92,63 b
20 ppm	130,63 ab	107,97 a
A x G	4,48*	1,19 ^{ns}
Testemunha x fatorial	146**	12,98**
CV (%)	43,19	24,54

ns= não significativo; "*" significância= 0,05; "**" significância= 0,01 pelo teste de Tukey.

O gráfico de interações demonstra que para o número de frutos destinados ao mercado interno (Figura 9), ao avaliar a adubação dentro de cada dose de giberelina, para a dose de 10 ppm a adubação ajustada foi superior à recomendada, demonstrando o efeito da adubação potássica no desenvolvimento de fruto. Ao comparar as doses de giberelina dentro de cada adubação, para a adubação recomendada, a dose de 10 ppm apresentou os menores valores.

Figura 9 – Número médio de frutos por planta de mangueira cv. Keitt destinados ao mercado interno, obtido com uso de estratégias de desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA



Letras minúsculas comparam a adubação dentro de cada dose de giberelina (ppm), e letras maiúsculas comparam as doses de giberelina dentro de cada adubação, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

O potássio está diretamente ligado ao desenvolvimento de fruto por atuar em diversos processos fisiológicos, dentre os quais se destacam ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e fixação do nitrogênio, movimento estomático, regulação do potencial osmótico das células e promoção da síntese e transferência de fotoassimilados para os frutos (BIBI et al., 2019; DUTTA; AHMED; KUNDU, 2011; MARSCHNER, 2012; SHARMA; SHANKHDHAR; SHANKHDHAR, 2016; SILVA et al., 2011; TAHA; HASSAN; SHAABAN, 2014).

A comparação das médias pelo teste de Dunnett (Tabela 11), mostrou a superioridade do número de frutos destinados ao mercado interno para as plantas de todos os tratamentos quando comparados com a testemunha. Para o número de frutos destinados ao mercado externo, observou-se inferioridade significativa para as plantas do tratamento de adubação recomendada+10 ppm, e para a adubação ajustada+0 ppm e ajustada+10 ppm de giberelina.

Tabela 11. Número de frutos (NF) de mangueira cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em diferentes níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm), comparado com a testemunha absoluta. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fonte de variação	NF	
	Mercado interno	Mercado externo
Recomendada+G0	236,00*	103,80
Recomendada+ G10	149,33*	94,27*
Recomendada+G20	216,27*	108,33
Ajustada+G0	233,27*	86,33*
Ajustada+G10	124,20*	91,00*
Ajustada+G20	175,80*	107,60
Testemunha**	70,87	121,33
DMS	30,71	21,57

Médias seguidas por “*” diferem da testemunha pelo teste de Dunnett à 5%. “***” A testemunha não recebeu estratégia de fixação, e como estratégia de desenvolvimento recebeu adubação recomendada.

A pequena quantidade de frutos destinados ao mercado interno e o elevado número de frutos que alcançaram o padrão exportação para a testemunha é resultado do menor número total de frutos nesse tratamento (Tabela 6), reduzindo desta forma, a quantidade de órgãos dreno na planta, permitindo um maior desenvolvimento de fruto como consequência da menor competição por

nutriente minerais e fotoassimilados (FISCHER; ALMANZA-MERCHÁN; RAMÍREZ, 2012; SINGH et al., 2017).

Entretanto, observa-se também que além das plantas que receberam adubação recomendada sem aplicação de giberelina, todas aquelas que receberam 20 ppm de giberelina não diferiram das plantas testemunhas (sem estratégia de desenvolvimento) quanto ao número de frutos com padrão para o mercado externo (Tabela 11). Desta forma, apesar da maior quantidade de frutos total na planta desses tratamentos (Tabela 6), a estratégia para desenvolvimento de fruto utilizando giberelina foi promissora para que uma maior quantidade de frutos atingissem tamanho para o mercado externo.

A produção por planta e produtividade de frutos destinados ao mercado interno apresentou significância para o fator giberelina; já a produção por planta e produtividade de frutos destinados ao mercado interno e externo apresentaram interação significativa da testemunha com os fatores avaliados (Tabela 12).

Tabela 12. Resumo da análise de variância para produção por planta e produtividade de mangueira cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto destinados aos mercados interno (MI) e externo (ME), baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fonte de variação	Produção MI (kg por planta)	Produtividade MI (t ha ⁻¹)	Produção ME (kg por planta)	Produtividade ME (t ha ⁻¹)
Adubação (A)	0,32 ^{ns}	0,32 ^{ns}	2,47 ^{ns}	2,47 ^{ns}
Recomendada	27,32	15,18	51,81	28,78
Ajustada	26,30	14,61	47,26	26,26
Giberelina (G)	10,70 ^{**}	10,70 ^{**}	1,72 ^{ns}	1,72 ^{ns}
0 ppm	32,55 a	18,08 a	50,40	28,00
10 ppm	22,86 b	12,70 b	45,91	25,50
20 ppm	25,04 b	13,91 b	52,31	29,06
A x G	1,98 ^{ns}	1,98 ^{ns}	1,72 ^{ns}	1,72 ^{ns}
Testemunha x fatorial	60,83 ^{**}	60,83 ^{**}	11,06 ^{**}	11,06 ^{**}
CV (%)	43,55	43,55	28,03	28,03

ns= não significativo; “**” significância= 0,05; “***” significância= 0,01 pelo teste de Tukey.

A produção e produtividade de frutos destinados ao mercado interno demonstrou que o uso de giberelina em diferentes doses (10 ou 20 ppm) foram estatisticamente inferiores à testemunha, o que demonstra que o uso deste regulador de crescimento vegetal tem potencial na promoção do desenvolvimento dos frutos.

Quando comparado a produção (kg por planta) e produtividade (t ha⁻¹) de plantas que receberam os tratamentos com a testemunha (Tabela 13), observa-se comportamento semelhante ao número de frutos, em que, a produção e produtividade de frutos destinados ao mercado interno apresenta superioridade de todos os tratamentos em relação à testemunha. Para o mercado externo, as plantas tratadas com a maior dose de giberelina (20 ppm) não diferiram da testemunha (Tabela 13), apesar desta ter maior quantidade de fruto inicial (Tabela 6).

Tabela 13. Produção (kg por planta) e produtividade (t ha⁻¹) médias de mangueira cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto destinados aos mercados interno (MI) e externo (ME), baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm) comparadas com a testemunha absoluta. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fonte de variação	Produção (kg por planta)	Produtividade (t ha ⁻¹)	Produção (kg por planta)	Produtividade (t ha ⁻¹)
	Mercado interno	Mercado interno	Mercado externo	Mercado externo
Recomendada+G0	33,81*	18,78*	56,395	31,33
Recomendada+G10	20,91*	11,62*	45,681*	25,38*
Recomendada+G20	27,26*	15,14*	53,365	29,65
Ajustada+G0	31,29*	17,38*	44,400*	24,67*
Ajustada+G10	24,82*	13,79*	46,139*	25,63*
Ajustada+G20	22,82*	12,68*	51,253	28,47
Testemunha**	8,31	4,62	62,265	34,59
DMS	8,186	4,54	13,127	7,29

Médias seguidas por "*" diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5%. "***" A testemunha não recebeu estratégia de fixação, e como estratégia de desenvolvimento recebeu adubação recomendada.

A produtividade média de mangueira do Vale do São Francisco está em torno de 30,8 t ha⁻¹. Os valores encontrados demonstram proximidade à média regional, e são semelhantes aos relatados por Simões et al. (2018), em trabalho realizado com a cv. Keitt desenvolvido nesta região.

Para as avaliações de qualidade física dos frutos, não houve significância dos fatores isolados, entretanto, houve interação dos fatores para volume estimado, massa de fruto, e rendimento de caroço (Tabela 14).

Tabela 14. Resumo da análise de variância para volume estimado de fruto, massa, firmeza da polpa, massa seca, rendimento de casca, polpa e caroço de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

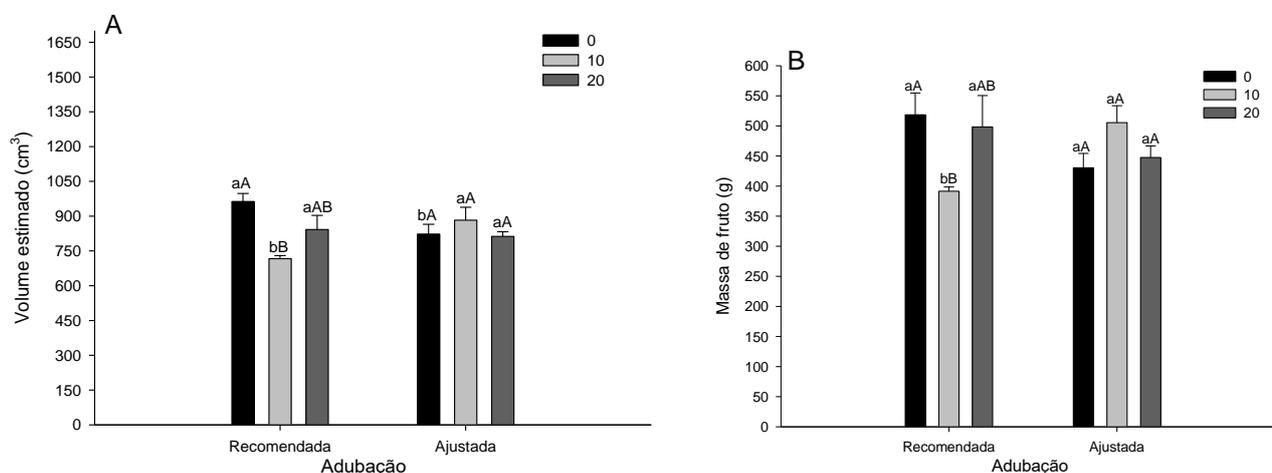
Fonte de variação	Volume estimado (cm ³)	Massa do fruto (g)	Firmeza da polpa (kgf cm ⁻²)	Massa seca (%)	Rendimento (%)		
					Casca	Polpa	Caroço
Adubação (A)	0,001 ^{ns}	0,11 ^{ns}	4,30 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,28 ^{ns}	2,40 ^{ns}
Recomendada	1104,65	469,40	3,27	13,88	10,36	77,04	10,57
Ajustada	754,84	461,09	2,01	14,57	10,69	77,59	9,87
Giberelina (G)	2,49 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,98 ^{ns}
0 ppm	893,03	474,45	2,63	13,58	10,30	76,72	10,12
10 ppm	799,69	448,41	2,95	14,26	11,21	77,71	9,73
20 ppm	827,49	472,87	2,34	14,82	10,06	77,52	10,81
A x G	6,53 ^{**}	6,09 [*]	3,10 ^{ns}	2,10 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,15 ^{ns}	5,11 [*]
Testemunha x fatorial	0,001 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,03 ^{ns}	3,55 ^{ns}	2,25 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,13 ^{ns}
CV (%)	13,73	13,12	59,23	13,77	15,14	2,75	12,11

ns= não significativo; “*” significância= 0,05; “***” significância= 0,01 pelo teste de Tukey. Rend.: rendimento.

O volume estimado e a massa de fruto apresentaram comportamento semelhante quanto à interação dos fatores (Figura 10). Ao avaliar a adubação dentro de cada dose de giberelina, observa-se que para a dose 0 ppm de giberelina, a adubação recomendada foi superior à ajustada para volume estimado de fruto, e sem diferença para massa de fruto. Para a dose de 10 ppm, a adubação ajustada apresentou maior volume estimado e massa de fruto que a adubação recomendada. Para a dose de 20 ppm, não houve diferença do volume estimado ou massa do fruto entre as adubações utilizadas.

Para as doses de giberelina dentro de cada adubação, somente quando se utilizou adubação recomendada, as doses de giberelina apresentaram significância para volume estimado e massa de fruto (Figura 10). A dose de 0 ppm de giberelina foi superior à de 10 ppm, e a de 20 ppm semelhante a ambas, para as duas variáveis.

Figura 10. Volume estimado (cm³) (A) e massa (g) (B) de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA



Letras minúsculas comparam a adubação dentro de cada dose de giberelina (ppm), e letras maiúsculas comparam as doses de giberelina dentro de cada adubação, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

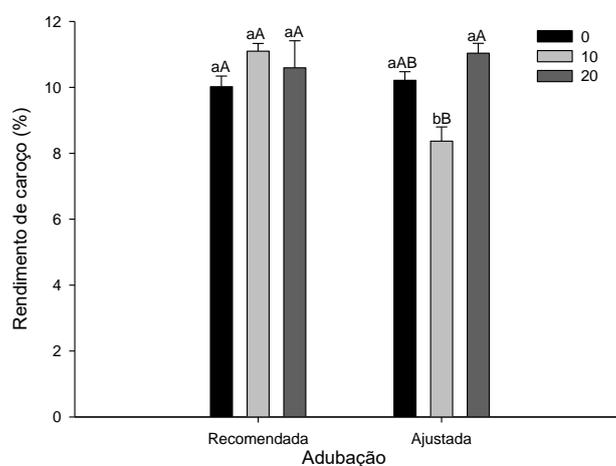
O desenvolvimento de fruto depende em grande parte dos fotossintatos fornecidos pelas folhas, além do aumento da capacidade dreno dos frutos, desta forma, o volume e massa de fruto estão diretamente ligados com esse processo. O uso de giberelina e potássio influenciaram, de modo geral, positivamente o aumento dessas variáveis. A giberelina intensifica a capacidade dreno dos frutos, aumentando a velocidade de mobilização dos metabólitos armazenados ou fotossintatos, além de estar envolvida no processo de divisão e alongamento celular (GATTASS et al., 2018; NKANSAH; OFOSU-ANIM; MAWULI, 2012) e o potássio envolvido em processos como ativação enzimática, reações bioquímicas, transferência de fotoassimilados para os frutos, regulação osmótica (DUTTA; AHMED; KUNDU, 2011).

O rendimento de caroço (%) (Figura 11) demonstrou que a dose de 10 ppm de giberelina na adubação recomendada foi superior à ajustada. Além disso, somente a adubação ajustada apresentou diferença entre as doses de giberelina, com inferioridade para a dose de 10 ppm.

O comportamento do gráfico que representa o rendimento de caroço (Figura 11) apresenta tendência contrária aos gráficos que representam volume estimado e massa de fruto (Figura 10). Desta forma, tratamentos que apresentem o menor rendimento de caroço e maior volume estimado e massa

de fruto, são os mais desejados. O menor rendimento de caroço se apresenta de forma positiva, já que quanto menor esse rendimento, menor será a contribuição do caroço no peso total do fruto, aumentando, portanto, a contribuição de polpa.

Figura 11. Rendimento de caroço (%) de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA



Letras minúsculas comparam a adubação dentro de cada dose de giberelina (ppm), e letras maiúsculas comparam as doses de giberelina dentro de cada adubação, ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Para as variáveis de qualidade química dos frutos, houve significância somente para acidez titulável (AT) sob aplicação de diferentes doses de giberelina (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo da análise de variância para pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e ratio (SS/AT) de frutos de manga cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fonte de variação	pH	SS (°Brix)	AT (g 100 g ⁻¹)	Ratio (SS/AT)
Adubação (A)	0,02 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,97 ^{ns}	1,72 ^{ns}
Recomendada	3,64	15,89	0,78	21,13
Ajustada	3,65	16,15	0,70	24,44
Giberelina (G)	1,01 ^{ns}	0,51 ^{ns}	5,70*	2,35 ^{ns}
0 ppm	3,73	16,03	0,62 b	26,22
10 ppm	3,58	16,38	0,87 a	19,52
20 ppm	3,62	15,67	0,73 ab	22,61

A x G	1,24 ^{ns}	2,42 ^{ns}	1,73 ^{ns}	1,82 ^{ns}
Testemunha x fatorial	3e ^{-04ns}	0,14 ^{ns}	5,12*	3,06 ^{ns}
CV (%)	4,76	7,71	23,64	25,89

ns= não significativo; “*” significância= 0,05; “***” significância= 0,01 pelo teste de Tukey. SS: Sólidos solúveis; AT: Acidez titulável.

Plantas que receberam a dose de 10 ppm de giberelina apresentaram maior acidez titulável em relação àquelas que receberam 0 ppm (Tabela 15). Ao mesmo passo que quando comparado os frutos das plantas de todos os tratamentos com os da testemunha (Tabela 16), todas as plantas que receberam dosagem de giberelina tiveram acidez titulável superior aos frutos da testemunha.

A acidez titulável mede a concentração total de ácido em um alimento. Desta forma, é um parâmetro utilizado para definição da maturação do fruto de manga, o qual reduz à medida que o fruto amadurece (TYL; SADLER, 2017). Acredita-se que a aplicação de giberelina (AG₃) seja responsável por um atraso na maturação dos frutos, mantendo, portanto, níveis mais altos de acidez titulável (JU; DUAN; JU, 1999).

Tabela 16. Comparativo de acidez titulável (AT) de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto, baseada em níveis de adubação potássica (recomendada e ajustada) e doses de giberelina (0, 10 e 20 ppm). Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Fonte de variação	AT
Recomendada+G0	0,636
Recomendada+G10	0,864*
Recomendada+G20	0,853*
Ajustada+G0	0,607
Ajustada+G10	0,881*
Ajustada+G20	0,709*
Testemunha**	0,560
DMS	0,132

Médias seguidas por “*” diferem da testemunha pelo teste de Dunnett a 5%. “***” A testemunha não recebeu estratégia de fixação, e como estratégia de desenvolvimento recebeu adubação recomendada.

Através da análise dos componentes principais (CP), observou-se que os dois primeiros CP explicam juntos 71,2% das variações geradas pela adubação e doses de giberelina (Tabela 17). Para uma maior confiabilidade nos resultados, recomenda-se utilizar um número de CP que explique no mínimo 70% da variância total existente (OLIVEIRA et al., 2015).

Tabela 17. Autovetores dos atributos físico-químicos de frutos cv. Keitt submetida à diferentes estratégias para desenvolvimento de fruto nos componentes principais. Safra 2018-2019, Juazeiro-BA

Componentes Principais	CP 1	CP 2
Autovalor	4,95	2,88
Variância explicada (%)	45,0	26,2
Variância acumulada (%)	45,0	71,2
Variáveis	Auto vetor	
Volume estimado de fruto	0,232	-0,395
Firmeza	0,319	-0,034
Massa de fruto	0,352	-0,269
Rendimento caroço	-0,315	0,084
Rendimento casca	-0,181	0,343
Rendimento polpa	0,395	0,147
Matéria seca	0,290	-0,246
pH	-0,377	-0,266
Sólidos solúveis	-0,323	0,072
Acidez titulável	0,217	0,503
Ratio	-0,233	-0,485

CP1: componente principal 1; CP2: componente principal 2.

No CP 1 as variáveis que mais identificaram a diferença entre os métodos de desenvolvimento de fruto foram: massa de fruto (0,352), rendimento de polpa (0,395), e pH (-0,377) (Tabela 17). O CP 2 se correlacionou positivamente com a acidez titulável (0,503), e negativamente com ratio (-0,485) e volume estimado de fruto (-0,395) (Tabela 17).

4. CONCLUSÃO

A aplicação de 10 ppm de AG₃ + 10 ppm 2,4-D + 10 ppm de Benziladenina em pleno florescimento, durante 3 semanas, promove aumento da fixação e produção de frutos de manga cv. Keitt cultivada no Vale do São Francisco.

Aplicações sequenciais de 10 ou 20 ppm de giberelina, durante a fase de crescimento do fruto, é efetiva como estratégia de desenvolvimento de fruto de manga cv. Keitt cultivada no Vale do São Francisco.

O ajuste da adubação potássica não interfere no desenvolvimento de fruto de mangueira cv. Keitt.

A adubação potássica ajustada e o uso de giberelina na dosagem de 10 ppm aumenta a massa e volume dos frutos de mangueira cv. Keitt.

É recomendado a realização de mais pesquisas voltadas para as estratégias de desenvolvimento de frutos de mangueira cv. Keitt.

5. REFERÊNCIAS

- ACHE, P.; BECKER, D.; DEEKEN, R.; DREYER, I.; WEBER, H.; FROMM, J.; HEDRICH, R. VFK1, a Vicia faba K⁺ channel involved in phloem unloading. **The Plant Journal**, v. 27, n. 6, p. 571-580, 2001.
- AHMED, W.; TAHIR, F. M.; RAJWANA, I. A.; RAZA, S. A.; ASAD, H. U. Comparative evaluation of plant growth regulators for preventing premature fruit drop and improving fruit quality parameters in 'Dusehri' mango. **International Journal of Fruit Science**, v. 12, n. 4, p. 372-389, 2012.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, J. E. E. S.; COSTA, P. G.; LEITE, Â. A. M. Análise da estratégia de operações na produção de manga para exportação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, p. 115-136, 2017.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.
- BAIEA, M. H. M.; EL-SHARONY, T. F.; EL-MONEIM, E. A. A. Effect of different forms of potassium on growth, yield and fruit quality of mango cv. Hindi. **International Journal of ChemTech Research**, v. 8, n. 4, p. 1582-1587, 2015.
- BHAMARE, S. P.; PATEL, H. C.; SINGH, B. Effect of PGRs on reduction of fruit drop in mango cv. MALLIKA. **Asian Journal of Horticulture**, v. 9, n. 2, p. 510-511, 2014.
- BIBI, F.; AHMAD, I.; BAKHSH, A.; KIRAN, S.; DANISH, S.; ULLAH, H.; REHMAN, A. U. Effect of foliar application of boron with calcium and potassium on quality and yield of mango cv. Summer Bahisht (SB) Chaunsa. **Open Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 98-106, 2019.
- BRADY, C. J. Fruit ripening. **Annual review of plant physiology**, v. 38, n. 1, p. 155-178, 1987.
- BRENNER, M. L.; CHEIKH, N. The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling. *In: Plant hormones*. Dordrecht: Springer, 1995. p. 649-670.
- BROWN, K. M. Ethylene and abscission. **Physiologia Plantarum**, v. 100, n. 3, p. 567-576, 1997.
- CARNEIRO, M. A.; LIMA, A. M. N.; CAVALCANTE, Í. H. L.; SOUSA, K. S. M.; OLDONI, F. C. A.; BARBOSA, K. S. Production and quality of mango fruits cv. Tommy atkins fertigated with potassium in semi-arid region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, 2018.
- CARVALHO, C.; KIST, B. B.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de horti&fruti 2020**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019. 96p.

CHACKO, E.; SINGH, R. N.; KACHRU, R. Gibberellin-like substances in developing fruits of the mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Horticultural Science**, v. 45, n. 4, p. 371-378, 1970.

DDAMULIRA, G.; RAMATHANI, I.; SEBIKEJJE, T.; NALUYIMBA, R.; OTIM, A.; PARIYO, A.; MAPHOSA, M. Mango yield performance in lake victoria crescent region of Uganda. **American Journal of Plant Sciences**, v. 10, n. 7, p. 1141, 2019.

DEEKEN, R.; GEIGER, D.; FROMM, J.; KOROLEVA, O.; ACHE, P.; LANGENFELD-HEYSER, R.; HEDRICH, R. Loss of the AKT2/3 potassium channel affects sugar loading into the phloem of Arabidopsis. **Planta**, v. 216, n. 2, p. 334-344, 2002.

DRINNAN, J. **Reducing fruit drop in fruit trees with the synthetic auxin TPA**. Department of Agriculture and Fisheries. Queensland: Horticulture and Forest Science, 2016. 10p.

DU JARDIN P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 30, p. 3-14, 2015.

DUCKETT, C. M.; LLOYD, C. W. Gibberellic acid-induced microtubule reorientation in dwarf peas is accompanied by rapid modification of an α -tubulin isotype. **The plant journal**, v. 5, n. 3, p. 363-372, 1994.

DUTTA, P.; AHMED, B.; KUNDU, S. Effect of different sources of potassium on yield, quality, and leaf mineral content of mango in west Bengal. **Better Crops – South Asia**, p. 16-18, 2011.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso: 03 Jul. 2020.

FISCHER, G.; ALMANZA-MERCHÁN, P.; RAMÍREZ, F.. Source-sink relationships in fruit species: A review. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 6, n. 2, p. 238-253, 2012.

FOX, T. C.; GUERINOT, M. L. Molecular biology of cation transport in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 49, p. 669-696, 1998.

GAJDANOWICZ, P.; MICHARD, E.; SANDMANN, M.; ROCHA, M.; CORRÊA, L. G. G.; RAMÍREZ-AGUILAR, S. J.; DREYER, I. Potassium (K^+) gradients serve as a mobile energy source in plant vascular tissues. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 2, p. 864-869, 2011.

GANESHAMURTHY, A. N.; SATISHA, G. C.; PATIL, P. Potassium nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 24, n. 1, p. 29-38, 2011.

GATTASS, H. R.; ESSA, A. A.; MARZOUK, H. A.; EL-NAWAM, S. M. Effect of application of some growth regulators and $CaCl_2$ on fruit drop, yield and fruit

quality of Keitt mango trees. **Assiut Journal of Agricultural Sciences**, v. 49, n. 1, p. 79-95, 2018.

GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452 p.

GHOSH, S. N. Effect of plant growth regulators on fruit retention and physico-chemical properties of mango cv. Amrapali gown in laterite soil at close spacing. **Journal of Crop and Weed**, v. 12, n. 3, p. 83-85, 2016.

GIOVANNONI, J.; NGUYEN, C.; AMPOFO, B.; ZHONG, S.; FEI, Z. The epigenome and transcriptional dynamics of fruit ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, p. 61-84, 2017.

GUAN, Y.L.; HU, A.S.; JIANG, B.F.; MO, L.H.; Hormonal control on the abscission of citrus fruit. **Acta Horticulture Zhejiangensis**, v. 7. p. 297–300, 1995.

HAGEMANN, M. H.; ROEMER, M. G.; KOFLER, J.; HEGELE, M.; WÜNSCHE, J. N. A new approach for analyzing and interpreting data on fruit drop in mango. **HortScience**, v. 49, n. 12, p. 1498-1505, 2014.

HEDDEN, P.; THOMAS, S. G. **Annual plant reviews, the gibberellins**. Chichester: John Wiley & Sons, 2016. 429p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 18 Jun. 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

JACKSON, M. B.; OSBORNE, D. J. Abscisic acid, auxin, and ethylene in explant abscission. **Journal of Experimental Botany**, v. 23, n. 3, p. 849–862, 1972.

JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z. Combinations of GA₃ and AVG delay fruit maturation, increase fruit size and improve storage life of Feicheng peaches. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 74, n. 5, p. 579-583, 1999.

JULIÃO, C. C. B.; BRANCO, D. K. S.; LIMA, J. E. Exportação de uva no Vale do São Francisco: uma análise a partir de vetores autorregressivos. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 48, n. 2, p. 75-83, 2017.

KALRA, G.; BHATLA, S. C. Gibberellins. *In*: BHATLA, S. C.; LAL, M. **A Plant Physiology, Development and Metabolism**. Singapore: Springer, 2018. p. 617-628.

KHATTAB, M. M.; SHABAN, A. E. A.; HASSAN, A. E. Impact of foliar application of calcium, boron and amino acids on fruit set and yield of Ewais and Fagry Kelan mango cultivars. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, v. 8, n. 2, p. 119-124, 2016.

KUMAR, S.; KUMAWAT, P.; SUMAN, M. A-review on role of micro-nutrients on banana, mango and pomegranate. **Indian Journal of Pure e Applied Biosciences**, v. 8, n. 1, p. 190-198, 2020.

LOBO, J. T.; CAVALCANTE, Í. H. L.; LIMA, A. M. N.; VIEIRA, Y. A. C.; MODESTO, P. I. R.; CUNHA, J. G. Biostimulants on nutritional status and fruit production of mango 'Kent' in the Brazilian semiarid region. **HortScience**, v. 54, n. 9, p. 1501-1508, 2019.

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.

LOPEZ-LAURI, F. Plant Growth Regulators. *In*: SIDDIQUI, M. W.; AYALA ZAVALA, J. F.; HWANG, C.-A. (Eds.). **Postharvest management approaches for maintaining quality of fresh produce**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. p. 125-139.

MARSCHNER, H. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 2012. 651p.

MENGEL, K.; KIRKBY, A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MORAIS, P. L. D. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N. D.; ALVES, R. E. Correlação entre variáveis de crescimento do fruto da mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 4, p. 743-747, 2004.

MOUCO, M. A. C.; LIMA FILHO, J. M. P. Efeito da aplicação de aminoácidos na mangueira (*Mangifera indica* L.) na região semi-árida brasileira. *In*: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. **Resumos...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Valexport, 2004.

MOUCO, M. A. C. Cobalto na fixação de frutos em mangueira Haden. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO E FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF; EPAGRI, 2004.

MOUCO, M. A. C. **Cultivo da Mangueira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. 103p.

NIEVES-CORDONES, M.; MARTÍNEZ, V.; BENITO, B.; RUBIO, F. Comparison between Arabidopsis and rice for main pathways of K⁺ and Na⁺ uptake by roots. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 992, 2016.

NKANSAH, G. O.; OFOSU-ANIM, J.; MAWULI, A. Gibberellic acid and naphthalene acetic acid affect fruit retention, yield and quality of Keitt mangoes in the coastal savanna ecological zone of Ghana. **American Journal of Plant Physiology**, v. 7, n. 6, p. 243-251, 2012.

OGAWA, M.; HANADA, A.; YAMAUCHI, Y.; KUWAHARA, A.; KAMIYA, Y.; YAMAGUCHI, S. Gibberellin biosynthesis and response during Arabidopsis seed germination. **The Plant Cell**, v. 15, n. 7, p. 1591-1604, 2003.

- OLIVEIRA, M. P.; DALPOSSO, G. H.; ESPIRES, C. R.; FARIA, J. F. Mapas temáticos de componentes principais para caracterização de propriedades químicas do solo. **Engenharia na agricultura**, v. 25, n. 6, p. 529-540, 2015.
- OOSTHUYSE, S. A. Spray application of KNO₃, low biuret urea and growth regulators and hormones during and after flowering on fruit retention, fruit size and yield of mango. **Acta Horticulturae**, p. 135–142, 2015.
- OSAMA, H. M.; AMRO, S. M.; SABER, M. M. Effect of growth regulator, antioxidant and application date on fruiting and fruit quality of mango trees cv. Keitt. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science**, v. 8, p. 87-95, 2015.
- PARAUHA, S.; PANDEY, S. K. Influence of plant growth regulators and nutrients on fruit retention, yield and quality attributes of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Amrapali. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 2, p. 550-555, 2019.
- PETRI, J. L.; HAVERROTH, F. J.; LEITE, G. B.; SEZERINO, A. A.; COUTO, M. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2016. 141p.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407p.
- R CORE TEAM. R: A **Language and Environment for Statistical Computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2019.
- RADLEY, M. The distribution of substances similar to gibberellic acid in higher plants. **Annals of Botany**, v. 22, n. 3, p. 297-307, 1958.
- RAM, S. Hormonal control of fruit growth and fruit drop in mango cv Dashehari. **Acta Horticulturae**, v. 134, p. 169–178, 1983.
- RAM, S. Naturally occurring hormones of mango and their role in growth and drop of fruit. **Acta Horticulturae**, v. 321, p. 400–411, 1992.
- RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 65-72, 2010.
- ROGIERS, S. Y.; COETZEE, Z. A.; WALKER, R. R.; DELOIRE, A.; TYERMAN, S. D. Potassium in the grape (*Vitis vinifera* L.) berry: transport and function. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1629, 2017.
- SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. Potassium: a neglected nutrient in global change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 3, p. 261-275, 2015.
- SARKER, B. C.; RAHIM, M. A. Yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) as influenced by foliar application of potassium nitrate and urea. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 38, n. 1, p. 145-154, 2013.
- SHARMA, A.; SHANKHDHAR, D.; SHANKHDHAR, S. C. Potassium-solubilizing microorganisms: mechanism and their role in potassium solubilization and uptake. In: MEENA, V. S.; MAURYA, B. R.; Verma, J. P.; MEENA, R. S. (Eds.).

Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. New Delhi: Springer, 2016. p. 203-219.

SILVA, D. J.; QUAGGIO, J. A.; PINTO, P. A. C.; PINTO, A. C. Q.; MAGALHÃES, A. F. J. Nutrição e adubação. *In*: GENU, P. J. C.; PINTO, C. A. Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p.191-222.

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

SILVA, J. S.; FERREIRA, M. O.; LIMA, J. R. F. Eficiência técnica dos produtores de manga do Vale do São Francisco. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 15, n. 1, 2017.

SILVA, S. M. D.; OLIVEIRA, L. J.; FARIA, F. P.; REIS, E. F. D.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, S. M. D. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, v. 41, n. 11, p. 1931-1937, 2011.

SIMÕES, W. L.; FERREIRA, P. P. B.; MOUCO, M. A. C.; LIMA, M. A. C.; GUIMARÃES, M. J. M.; SILVA, J. A. B. Produção e respostas fisiológicas da mangueira cv. Keitt sob diferentes sistemas de irrigação no Submédio do São Francisco. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 34-43, 2018.

SINGH, S. K.; NATH, V.; MARBOH, E. S.; SHARMA, S. Source-sink relationship in litchi verses mango: A concept. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 3, p. 500-509, 2017.

SINGH, Z.; MALIK, A. U.; DAVENPORT, T. L. Fruit drop in mango. *In*: JANICK, J. **Horticultural Reviews**, v. 31. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005. p.111-154.

SPONSEL, V. M. Gibberellin biosynthesis and metabolism. *In*: DAVIES, P. J. (ed.). **Plant hormones, physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 66–97.

SRIVASTAVA, A.; HANDA, A. K. Hormonal regulation of tomato fruit development: a molecular perspective. **Journal of Plant Growth Regulators**, v. 24, p. 67-82, 2005.

TAHA, R. A.; HASSAN, H. S. A.; SHAABAN, E. A. Effect of different potassium fertilizer forms on yield, fruit quality and leaf mineral content of Zebda mango trees. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 21, n. 1, p. 123-129, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. Oxford: Oxford University Press, 2017. 756p.

THARANATHAN, R. N.; YASHODA, H. M.; PRABHA, T. N. Mango (*Mangifera indica* L.), “The king of fruits” - An overview. **Food Reviews International**, v. 22, n. 2, p. 95-123, 2007.

TRÄNKNER, M.; TAVAKOL, E.; JÁKLI, B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. **Physiologia Plantarum**, v. 163, n. 3, p. 414-431, 2018.

TYL, C.; SADLER G. D. pH and Titratable Acidity. *In*: Nielsen S. (eds). **Food Analysis**. Cham: Springer, 2017. p. 389-406.

VALIO, I. F. M. **Auxinas**. *In*: FERRI, M. G. (ed.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU, 1979. p.39-72.

VAN DER KNAAP, E.; ØSTERGAARD, L. Shaping a fruit: Developmental pathways that impact growth patterns. **Seminars in cell & developmental biology**, v. 79, p. 27-36, 2017.

WOLSTENHOLME, B. N.; ROBERT, J. P. Some horticultural aspects of the mango yield problems and opportunities for research. **South African Mango Growers' Assoc. Yearbook**, v. 11, p. 11-16, 1991.

WONGMETHA, O.; KE, L.; LIANG, Y. The changes in physical, bio-chemical, physiological characteristics and enzyme activities of mango cv. Jinhwang during fruit growth and development. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 72, p. 7-12, 2015.

YABUTA, T.; SUMIKI, Y. The crystallization of gibberellins A and B. **Journal Agriculture Chemical Society Japan**, v. 14, p. 1526, 1938.

ZAENELDEEN, E. M. A. Effect of urea, gibberellic acid foliar application and pinching early panicles on productivity of " Succary Abiad" mango trees under desert conditions. **Middle East Journal of Agriculture Research**, v. 3, n. 2, p. 135-143, 2014.