



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

Jayne de Oliveira Siqueira Lino

***Rhodopseudomonas palustris* COMO BIOESTIMULANTE EM**
MANGUEIRA 'KEITT' NO SEMIÁRIDO

Petrolina, PE

2020

JAYNNE DE OLIVEIRA SIQUEIRA LINO

***Rhodopseudomonas palustris* COMO BIOESTIMULANTE EM
MANGUEIRA 'KEITT' NO SEMIÁRIDO**

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

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Herbert
Lucena Cavalcante

Coorientador: Prof. Dr.
Vespasiano Borges de Paiva
Neto

Petrolina, PE

2020

Dados Internacionais de Catalogação - CIP

L758r

Lino, Jayne de Oliveira Siqueira

Rhodopseudomonas palustris como bioestimulantes em mangueira 'Keitt' no semiárido / Jayne de Oliveira Siqueira Lino. – Petrolina, 2020.

xi, 112 f.: il. ; 29 cm.

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

Orientador: Prof.^o Dr.^o Ítalo Herbert Lucena Cavalcante.

Inclui referências.

1. Fruticultura. 2. Mangueira – cultivo. 3. Bioestimulantes – uso e aplicação. 4. Fertilizantes químicos. I. Título. II. Cavalcante, Ítalo Herbert Lucena. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 634.6

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

FOLHA DE APROVAÇÃO

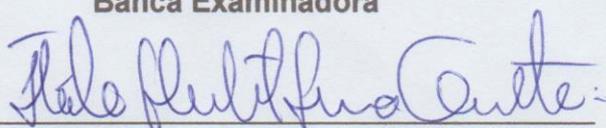
Jayne de Oliveira Siqueira Lino

Rhodopseudomonas palustris COMO BIOESTIMULANTE EM
MANGUEIRA 'KEITT' NO SEMIÁRIDO

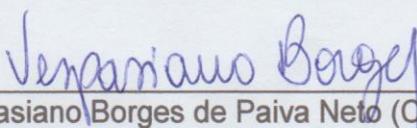
Dissertação apresentada
como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre
em Agronomia – Produção
Vegetal, pela Universidade
Federal do Vale do São
Francisco.

Aprovada em: 21 de dezembro de 2020.

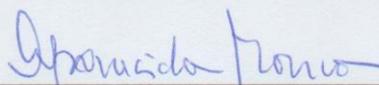
Banca Examinadora



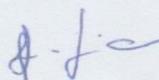
Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante (CCA/UNIVASF)
(Orientador)



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



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



Dr. Sebastião Ferreira de Lima (CPCS/UFMS)
(Membro externo)

À minha mãe, Vanusia Oliveira, por todo amor e dedicação na criação e educação unilateral das suas quatro filhas, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu criador, fonte inabalável de amor e proteção.

Agradeço a Universidade Federal do Vale do São Francisco, campus Ciências Agrárias (CCA/UNIVASF), por toda infraestrutura para cursar o Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal.

Agradeço a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço a fazenda Aracê agrícola – Special fruit, pela concessão da área para o desenvolvimento dos meus experimentos, a Akio e Cassiano pela assistência e, em especial, a Thiago Nobrega pela amizade construída e por todo esforço em prol de facilitar a condução dos experimentos.

Agradeço a Biotrop pela parceria e suporte, e à Franciele Nunes pela assistência durante o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Ítalo Cavalcante e ao meu coorientador professor Dr. Vespasiano Borges pela orientação, exemplo e pelos ensinamentos que contribuíram para o meu crescimento profissional.

Agradeço aos meus amigos durante essa jornada, Jackson Lobo e Laiane Mudo, pelos conselhos, pela amizade, por serem meu braço direito e por me ajudarem incansavelmente durante todos os momentos em que precisei.

Agradeço ao grupo FRUTVASF pelo acolhimento. Agradeço, também, a Luciana Sanches, Daniel Carreiro, Kátia Loiola, Giselle Fonseca, Franciele Moura, Mateus Granja, Laura Paula, Stefany Rodrigues, Adriana Santos, Fernando Antonio, Wendel Brito, Jaciele Lira, Whesley Moraes, Lucas Ribeiro, Lisandra Souza, Ailton Correia e Cleyton Araújo pela amizade e disposição em me ajudar. Sem todos vocês, este trabalho teria sido infinitamente mais difícil.

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe Vanusia Oliveira, por ter partilhado comigo este sonho. As minhas irmãs, Jessica, Andressa e Amanda por vibrarem comigo em cada uma de minhas conquistas. A minha amada afilhada, Leticia Ornelas, meu maior exemplo de força e superação.

Agradeço ao meu companheiro e amigo, meu esposo Igor Lino, por ter trilhado esta caminhada ao meu lado e por ter sido meu suporte durante esta etapa da minha vida.

A todos que contribuíram para o meu sucesso ao final desta jornada...

Os meus mais sinceros agradecimentos!

RESUMO

A fruticultura é um dos segmentos do agronegócio de maior relevância para a economia brasileira. Dentro deste cenário, o Vale do São Francisco, principalmente o polo irrigado Petrolina/Juazeiro, é um dos maiores destaques devido à modernização dos cultivos e às condições edafoclimáticas favoráveis desta região. Entretanto, para que a produção de frutas, principalmente de manga, continue crescendo, há uma demanda cada vez maior de aplicação de fertilizantes químicos. Além disso, plantas cultivadas em regiões semiáridas são mais afetadas pelas condições abióticas, que somam períodos de limitação hídrica às altas temperaturas e baixa umidade do ar. Para minimizar os efeitos causados pelas condições supracitadas, o uso de bioestimulante contendo o microrganismo *Rhodopseudomonas palustris* apresenta-se como uma alternativa. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do uso do bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* nas trocas gasosas, pigmentos fotossintéticos, atividade enzimática e análise de açúcares não redutores de mangueira cv. Keitt cultivada em condições semiáridas. O experimento foi instalado em blocos, com 7 tratamentos, 4 repetições e 3 plantas úteis por parcela. Os tratamentos consistiram em: T1) tratamento controle; quatro dosagens do *Rhodopseudomonas palustris* aplicados via fertirrigação: T2) 1,9 L ha⁻¹; T3) 3,8 L ha⁻¹; T4) 5,7 L ha⁻¹; T5) 7,6 L ha⁻¹; e dois tratamentos com aplicações via fertirrigação + via foliar: T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar. O uso desta bactéria promoveu o aumento de 35% na fotossíntese líquida das plantas, 48% na transpiração foliar, elevou os índices de clorofila *a*, *b* e total. Além disso, houve o incremento de 25% no número de frutos por planta, 26,5% na produção e de 10 Mg ha⁻¹ na produtividade de mangueira 'Keitt'. Desta forma, o uso de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* apresenta-se como uma boa opção para o cultivo de mangueira cv. Keitt irrigada no semiárido.

Palavras-chave: Açúcares não redutores. Atividade enzimática. Índices de clorofilas. Produção.

ABSTRACT

Fruit growing is one of the most relevant agribusiness segments for the Brazilian economy. Within this scenario, the São Francisco Valley, mainly the Petrolina / Juazeiro irrigated pole, is one of the biggest highlights due to the modernization of crops and the favorable edaphoclimatic conditions of this region. However, in order for fruit production, especially mango, to continue growing, there is an increasing demand for the application of chemical fertilizers. Also, plants grown in semi-arid regions are more affected by abiotic conditions, which adds periods of water limitation to high temperatures and low humidity. To minimize the effects caused by the aforementioned conditions, the use of biostimulants containing microorganisms such as *Rhodopseudomonas palustris* has been adopted. Therefore, this work aimed to evaluate the influence of the use of the biostimulant containing *Rhodopseudomonas palustris* in mango cv. Keitt in the semiarid. The experiment was installed in blocks, with 7 treatments, 4 replications, and 3 plants per plot. The treatments consisted of: T1) control treatment (T1) (without application of *R. palustris*); four dosages of *Rhodopseudomonas palustris* via fertigation T2) 1.9 L ha⁻¹; T3) 3.8 L ha⁻¹; T4) 5.7 L ha⁻¹; T5) 7.6 L ha⁻¹; and two treatments with applications via fertigation + foliar: T6) 1.9 L ha⁻¹ via fertigation + 1.9 L ha⁻¹ via leaf; T7) 3.8 L ha⁻¹ via fertigation + 1.9 L ha⁻¹ via leaf, applied monthly, totaling seven applications. The use of this bacterium promoted an increase of 35% in the liquid photosynthesis of plants, 48% in leaf transpiration, increased the levels of chlorophyll a by 5%, of chlorophyll b and total chlorophyll. In addition, there was an increase of 25% in the number of fruits per plant, 26.5% in production, and 10 Mg ha⁻¹ in the productivity of 'Keitt' hose. Thus, the use of biostimulant containing *Rhodopseudomonas palustris* is a good alternative in the cultivation of mango cv. Keitt irrigated in the semiarid.

Key-words: Non-reducing sugars. Enzymatic activity. Chlorophyll index.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar e precipitação, registradas durante a condução do experimento. Petrolina - PE, 2019-2020.....	33
Figura 2. Aplicação via pulverização com Arbus 2000 (A) e aplicação via fertirrigação com auxílio de um injetor venturi (B). Petrolina-PE.....	34
Figura 3. Cronograma de aplicações dos tratamentos dentro do ciclo produtivo da mangueira cv. Keitt irrigada no semárido. Petrolina – PE.....	35
Figura 4. Avaliação das trocas gasosas com o analisador de gás carbono a infravermelho – IRGA (A) e dos índices de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e total com um clorofilômetro eletrônico (B).....	39
Figura 5. Atividade fotossintética de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina - PE.....	42
Figura 6. Concentração interna de CO ₂ de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina - PE.....	45
Figura 7. Condutância estomática de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina - PE.....	47
Figura 8. Transpiração foliar de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina - PE.....	49
Figura 9. Eficiência instantânea do uso da água de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina - PE.....	53
Figura 10. Índice de clorofila <i>b</i> (A) e clorofila total (B) de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina - PE.....	56
Figura 11. Atividade da enzima Nitrato redutase em folhas (A) e raízes (B) de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulantes contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina - PE.....	60

CAPÍTULO 3

Figura 1. Temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar e precipitação, registradas durante a condução do experimento. Petrolina-PE, 2019-2020.....	74
---	----

Figura 2. Aplicação via pulverização com Arbus 2000 (A) e aplicação via fertirrigação com auxílio de um venturi (B). Petrolina – PE.....	75
Figura 3. Cronograma de aplicações dos tratamentos dentro do ciclo produtivo da mangueira cv. Keitt irrigada no semárido. Petrolina – PE.....	76
Figura 4. Área de mangueira ‘Keitt’ na fase de florada plena (A), em fase de frutificação (B) e colheita de frutos com calibre para exportação (C) em Petrolina – PE.....	79
Figura 5. Conteúdo de carboidratos solúveis totais em folha (A) e ramo (B) de mangueira cv. Keitt em função de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina – PE.....	81
Figura 6. Teor de amido em ramos de mangueira cv. Keitt em função de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina – PE.....	85
Figura 7. Teores de sacarose em folhas (A) e ramos (B) de mangueira cv. Keitt em função de bioestimulante contendo <i>Rhodopseudomonas palustris</i> . Petrolina – PE.....	87

CAPÍTULO 4

Figura 1. Temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar e precipitação, registradas durante a condução do experimento. Petrolina – PE, 2019-2020.....	100
Figura 2. Aplicação via pulverização com Arbus 2000 (A) e aplicação via fertirrigação com auxílio de um venturi (B). Petrolina – PE.....	101
Figura 3. Cronograma de aplicações dos tratamentos dentro do ciclo produtivo da mangueira cv. Keitt irrigada no semárido. Petrolina – PE.....	102
Figura 4. Frutos expostos na bancada após lavagem (A), avaliação de massa fresca (B), firmeza da polpa (C), retirada da casca e caroço (D), polpa do fruto para leitura de SS (E) e avaliação de pH da polpa de frutos de mangueira cv. Keitt.....	105

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Trocas gasosas e índice de clorofila *a*, *b* e total de mangueira cv. Keitt antes da aplicação dos tratamentos. Petrolina – PE.....38
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as variáveis Fotossíntese líquida (*A*), Concentração interna de CO₂ (*C*), Condutância estomática (*gs*), Transpiração (*E*) e Eficiência instantânea do uso da água (*EUA*) de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020..... 40
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para os índices clorofila *a*, *b* e total em mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020. 55
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância para atividade da enzima Nitrato redutase em folhas e em raízes de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE.2020..... 59

CAPÍTULO 3

- Tabela 1.** Caracterização das áreas experimentais quanto aos teores de carboidratos solúveis totais, amido e sacarose em folha e ramo de mangueira cv. Keitt. Petrolina- PE..... 78
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os teores de carboidratos solúveis totais, amido e sacarose em folha e em ramo de mangueira cv. Keitt em função do uso de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina- PE. 2020..... 80
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para número de panículas por planta (NP), número de frutos por planta (NF), pegamento (NF/NP) e produção interna, exportação e refugo de mangueira cv. Keitt em função do uso de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020..... 89

CAPÍTULO 4

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade, diâmetro longitudinal (DL), diâmetro ventral (DV), diâmetro transversal (DT), massa do fruto (MF) e rendimento de polpa (RP) de frutos de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020..... 105
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as variáveis firmeza da polpa (FP), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), ratio (SS/AT), pH e % de massa seca (MS) de frutos de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020..... 107

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1.	Ciclo da mangueira em condições semiáridas.....	15
2.2.	Bioestimulantes na cultura da mangueira	17
2.2.1.	<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	19
2.3.	Fotossíntese	22
	REFERÊNCIAS	23

CAPÍTULO 2

TROCAS GASOSAS, ÍNDICES DE CLOROFILAS E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE MANGUEIRA 'KEITT' SOB APLICAÇÃO DE *Rhodopseudomonas palustris* NO SEMIÁRIDO..... 30

	RESUMO	30
	ABSTRACT.....	30
1.	INTRODUÇÃO.....	31
2.	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.	CONCLUSÕES GERAIS	65
	REFERÊNCIAS	65

CAPÍTULO 3

RESPOSTAS BIOQUÍMICAS E PRODUÇÃO DE MANGUEIRA 'KEITT' SOB A APLICAÇÃO DE *Rhodopseudomonas palustris* NO SEMIÁRIDO..... 71

	RESUMO	71
	ABSTRACT.....	71
1.	INTRODUÇÃO.....	72
2.	MATERIAL E MÉTODOS	73
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4.	CONCLUSÕES GERAIS	92
	REFERÊNCIAS	92

CAPÍTULO 4

***Rhodopseudomonas palustris* NA QUALIDADE DE FRUTOS E PRODUTIVIDADE DE MANGUEIRA 'KEITT' IRRIGADA NO SEMIÁRIDO... 96**

	RESUMO	96
	ABSTRACT.....	96
1.	INTRODUÇÃO.....	97
2.	MATERIAL E MÉTODOS	98
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	105
5.	CONCLUSÕES GERAIS	109
	REFERÊNCIAS	109

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Em 2019, as exportações brasileiras de frutas frescas resultaram no faturamento de aproximadamente US\$ 1 bilhão, sendo a manga a fruta mais exportada, gerando uma receita de US\$ 227,57 milhões com a venda de 221,91 mil toneladas, com incrementos anual de 30% em valor e de 27,26% em volume (CARVALHO et al., 2019).

Diante deste cenário, o Vale do São Francisco, principalmente o polo irrigado Petrolina-PE/Juazeiro-BA, é um dos maiores destaques na produção de frutas devido à modernização dos cultivos e às condições edafoclimáticas favoráveis desta região (LEÃO; MOUTINHO, 2014), sendo responsável em 2019 por 85% das exportações de manga do país (CARVALHO et al., 2019).

Entretanto, mangueiras cultivadas em regiões semiáridas, como o Vale do São Francisco, único semiárido tropical do mundo, são mais afetadas pelas condições abióticas, que soma as altas temperaturas e baixa umidade do ar a períodos de limitação hídrica durante o manejo de indução floral (SANTOS et al., 2016). A redução de lâmina hídrica iniciada na fase de maturação de ramos e que se estende até a indução floral tem o intuito de induzir a planta a armazenar teores ótimos de carboidratos, que serão direcionados ao florescimento e ao desenvolvimento dos frutos (PRASAD et al., 2014; CAVALCANTE et al., 2018).

Porém, o estresse causado pela restrição hídrica pode limitar a atividade fotossintética por provocar o fechamento dos estômatos, e conseqüentemente, reduzir a entrada de CO₂ (SANTOS et al., 2013; CHEN et al., 2016). Com o fechamento dos estômatos, a transpiração também é reduzida e, conseqüentemente, a ascensão de nutrientes via fluxo de massa, que ocorre devido ao gradiente de potencial hídrico (YAHIA et al., 2019). Portanto, há a busca iminente por soluções que visem mitigar o estresse causado em mangueiras cultivadas no Semiárido e que possibilitem uma maior eficiência produtiva das plantas.

Para minimizar os efeitos causados pelas condições supracitadas, tem sido adotado o uso de bioestimulantes, que são substâncias associadas ou não a microrganismos, com características bioativas, que induzem a tolerância aos

estresses abióticos, o aumento da eficiência no uso de água e de nutrientes pelas plantas, bem como a eficiência fotossintética (DU JARDIN, 2015; GOMES, 2019), e que podem alterar a biossíntese de fitohormônios e carboidratos (CAVALCANTE et al., 2018; MUDO et al., 2020; SILVA et al., 2020). Dentre os microrganismos utilizados com esta finalidade, as bactérias promotoras de crescimento, como a *Rhodopseudomonas palustris*, têm potencial de uso na agricultura.

A *R. palustris* é uma bactéria fotossintetizadora, conhecida pela capacidade de despoluir a água e por utilizar a energia solar e substâncias excretadas pelas raízes das plantas para sintetizar aminoácidos, ácidos nucleicos, substâncias bioativas e açúcares que favorecem as populações microbianas benéficas presentes na rizosfera, melhorando as condições biológicas do solo para o cultivo de plantas (SIQUERA; SIQUEIRA, 2013). Tem sido utilizada, ainda, na forma de bioestimulantes com o intuito de melhorar a produção em diversas culturas (YIN et al., 2012; XU et al., 2016; KANTACHOTE et al., 2016; GE et al., 2017).

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* nas variáveis fisiológicas, bioquímicas, enzimática e na produtividade de mangueira cv. Keitt cultivada em condições semiáridas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Ciclo da mangueira em condições semiáridas

O ciclo da cultura tem início com a poda de produção, que visa preparar a planta para um novo ciclo produtivo. Nesta fase, há uma alta demanda por nutrientes envolvidos no crescimento vegetativo, os quais interferem em diversos processos metabólicos da planta. Dentre estes, destacam-se o nitrogênio, potássio, fósforo e magnésio (MOUCO, 2015), que são fornecidos logo após a poda, para que a planta possa emitir os novos fluxos vegetativos.

Após a emissão de dois a três fluxos por ramo podado, é realizado o manejo para regular o crescimento vegetativo, utilizando comumente o paclobutrazol (PBZ) (MOUCO, 2015), um regulador vegetal do grupo dos triazóis que atua na

inibição da atividade das giberelinas (OLIVEIRA et al., 2018) e que aumenta o potencial da planta em produzir brotos reprodutivos (DAVENPORT, 2007). O PBZ é aplicado via fertirrigação, geralmente após a poda de produção, e o seu uso é bastante difundido na região Semiárida (MOUCO et al., 2011; UPRETI et al., 2013).

A fase de maturação de ramos, que dura em torno de doze semanas, consiste na aplicação de sulfato de potássio com intuito de produzir e acumular açúcares no ramo, assegurando que a planta tenha reservas energéticas suficientes para sustentar a carga floral. Contudo, para que a maturação de ramos seja efetiva, o estado nutricional da planta deve estar equilibrado, principalmente em relação aos macronutrientes potássio e enxofre (CAVALCANTE et al., 2018). O potássio desempenha funções na fotossíntese, respiração e translocação de açúcares (MARSCHNER; MARSCHNER, 2012); e o enxofre está envolvido no ciclo de Yang, na biossíntese de etileno (PESSARAKLI, 2014).

Ainda na fase de maturação de ramos, há a redução gradual da lâmina de irrigação a fim de induzir a planta a produzir etileno (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2016). A insuficiência hídrica limita o crescimento vegetativo da mangueira e reduz o período entre a maturação de ramos e a florada plena, devido ao seu efeito significativo na diminuição da concentração de N (HELALY et al., 2017). Também é feita a aplicação exógena de um precursor de etileno com objetivo de acelerar o processo de maturação das gemas, quando associado ao estresse hídrico e/ou PBZ (MOUCO, 2015).

O manejo de indução floral inclui a aplicação de nitratos, que possuem a função de estimular a brotação depois do período de maturação dos ramos. Os nitratos utilizados para indução são principalmente o de cálcio $[Ca(NO_3)_2]$ e o de potássio (KNO_3), que são aplicados via foliar, nas concentrações de 1,5% a 2% e de 2% a 4%, respectivamente (MOUCO, 2015). Após a pulverização do nitrato, há aumento na atividade da Nitrato Redutase, enzima chave na via de assimilação de nitrato para a síntese de aminoácidos, como a metionina, produto precursor do etileno, que por sua vez, também induz a diferenciação das gemas, promovendo o florescimento na mangueira (SUDHA et al., 2012; COUTINHO et al., 2016; ANUSUYA et al., 2018).

Com o início da emissão das inflorescências, há o retorno gradual da lâmina de irrigação, de forma que a retomada total do suprimento de água ocorre quando as plantas apresentam 60% das gemas com sintomas de brotação floral (MOUCO, 2015; RAMÍREZ; DAVENPORT, 2016).

É necessário que os ramos possuam uma idade mínima de 4 meses para que florescimento pleno ocorra sob condições tropicais (MOUCO, 2015). Durante a floração plena, há a aplicação de nitrato de cálcio, que prossegue até o início da frutificação. Há relatos na literatura que os maiores teores de nitrogênio foliar na mangueira são encontrados durante a fase de florescimento (MEDEIROS et al., 2004; FARIA et al., 2016), possivelmente devido a elevada quantidade de nitratos aplicados durante o manejo floral.

2.2. Bioestimulantes na cultura da mangueira

Os bioestimulantes são produtos contendo substâncias naturais bioativas (ácidos húmicos e fúlvicos, hidrolisados de proteínas animais e vegetais, extratos de macroalgas [algas marinhas] e silício), ou microrganismos benéficos (bactérias, fungos micorrízicos arbusculares e bactérias fixadoras de nitrogênio) (EU, 2019), que quando aplicados às plantas têm o objetivo de aumentar a tolerância ao estresse abiótico, a eficiência nutricional e/ou qualidade da cultura (YAKHIN et al., 2017; MAÇIK et al., 2020). Nesse sentido, estudos que envolvam o uso de bioestimulantes e que elucidem o papel destes na melhoria produtividade da mangueira são de suma importância.

Mangueiras cultivadas no Semiárido nordestino sofrem a influência de fatores bióticos e, principalmente, abióticos. Os fatores bióticos são aqueles provocados por outros seres vivos, incluindo insetos, bactérias e fungos fitopatogênicos, e ervas daninhas que afetam o desenvolvimento e a produtividade das plantas. Já os fatores abióticos abrangem aqueles ligados aos componentes climáticos, edáficos e fisiográficos do ambiente, quando são fatores limitantes do crescimento e sobrevivência das plantas (BULGARI et al., 2019).

O período de limitação hídrica, que é necessário para a floração da mangueira, associado às altas temperaturas presentes no Semiárido atuam como limitantes para o processo fotossintético e desenvolvimento das plantas

(FAGUNDES et al., 2010; SANTOS et al., 2016), que podem comprometer a produtividade da cultura. Os bioestimulantes têm sido amplamente utilizados por facilitarem a aquisição de nutrientes pelas plantas, aumentarem a produtividade das culturas e por promoverem o fortalecimento dos mecanismos de defesa das plantas contra os estresses abióticos (JAYME-OLIVEIRA et al., 2017; DROBEK et al., 2019).

Silva et al. (2020) estudando a ação de bioestimulantes contendo extrato de levedura em mangueira cv. Tommy Atkins no Semiárido, constataram que três aplicações foliares com bioestimulante e uma com sulfato de potássio (K_2SO_4), com intervalo de dez dias, foram eficientes no alívio dos estresses abióticos (alta temperatura e déficit hídrico) durante a fase de maturação do ramo da cultivar 'Tommy Atkins'.

Mudo et al. (2020) observaram efeito atenuador no estresse abiótico vegetal com o uso de bioestimulante contendo aminoácidos e extrato de levedura que proporcionou efeitos positivos na concentração interna de CO_2 , transpiração, eficiência instantânea do uso da água e número de gemas não-diferenciadas e reprodutivas de mangueira cv. Tommy Atkins cultivada em condição semiárida. Resultados como os desses autores podem ocorrer devido ao extrato de levedura funcionar como fonte natural de citocinina e substâncias benéficas, como vitaminas B1, B2, B3 e B12 e compostos orgânicos, proteínas, carboidratos, ácidos nucleicos e lipídios, e pela influência dos aminoácidos nas atividades fisiológicas das plantas (EL-MOTTY et al., 2010).

Ahmed et al. (2015) avaliando a influência da aplicação de extrato de algas associado a fertilizações com nitrogênio em mangueira 'Taimour', verificaram incrementos nos índices de clorofilas *a*, *b*, e total e de nutrientes foliares N, P, K, Mg, Ca, Zn, Fe, Mn e Cu em resposta aos tratamentos com extrato de algas marinhas. Corroborando com os resultados encontrados por Lobo et al. (2019) em experimento com o uso de bioestimulantes em mangueira cv. Kent no Semiárido, onde constataram que o bioestimulante contendo aminoácidos livres e extrato de alga marinha *Lithothamnium* promoveu o aumento nos teores de nutrientes foliares e o aumento da produção da cultura.

Buscando elucidar os efeitos de uma aplicação de bioestimulante com extrato de algas a 2% + levedura a 0,2%, na fase de plena florada em

mangueiras 'Keitt', El-Motty et al. (2010) observaram que a pulverização foi muito eficaz na retenção, rendimento (kg planta^{-1}) e qualidade dos frutos. Além disso, reduziu o peso de casca e semente (g) em comparação com o tratamento controle.

Pulverizações com bioestimulante contendo *Ascophyllum nodosum* alternando com potássio, 30 dias após o uso do PBZ, durante a fase de maturação de ramos, promoveu incremento na produção de manga 'Palmer' cultivada no ambiente semiárido, obtendo uma média de 94,8 frutos comerciais por planta, o equivalente a aumento de 46% em relação ao segundo tratamento com maior produção (CAVALCANTE et al., 2018).

Ácidos húmicos, fúlvicos e a aplicação de boro também têm sido utilizados como bioestimulantes para cultura da mangueira. Em estudo realizado para avaliar o efeito de aplicações únicas e combinadas de ácido húmico (0,15%, 0,30%, 0,45%) e boro (300 e 600 mg L^{-1}) em mangueiras 'Zebda' cultivadas no Egito, El-Hoseiny et al. (2020) verificaram efeito positivo com a aplicação de ácido húmico a 0,30% + 600 mg L^{-1} de ácido bórico, que resultou no incremento da floração, produtividade e a qualidade dos frutos, devido a aumento nos teores de pigmentos fotossintéticos, nutrientes, solutos orgânicos e fitohormônios, como auxinas e citocininas.

Jarande et al. (2013) avaliaram o efeito de aplicações individuais de citrato de potássio e ácido bórico, e destes associados com sacarose com o intuito de aumentar a retenção de frutos em mangueira cv. Kesar cultivada na Índia, e obtiveram resultados positivos com a aplicação de 10 % de sacarose + 0,5% de ácido bórico, promovendo aumento de 93,8% na produção por planta, equivalente a 87,89 kg por planta para o tratamento com sacarose e ácido bórico, e 45,35 kg por planta para o tratamento testemunha.

Embora o uso de bioestimulantes seja atualmente bastante difundido, ainda há uma lacuna na literatura em relação a trabalhos que avaliem o uso de bioestimulantes contendo bactérias fotossintetizantes em culturas perenes cultivadas em regiões semiáridas, portanto, não havendo informações sobre a ação e a influência destas bactérias no cultivo da mangueira.

2.2.1. *Rhodopseudomonas palustris*

Rhodopseudomonas palustris é uma bactéria roxa, gran-negativa, em forma de bastonete, possui em sua membrana uma fina capa composta por peptidoglicano, e é pertencente a família Ectothiorospiraceae (CENTENO RENGIFO, 2012). É uma bactéria de vida livre no solo e em sedimentos aquáticos, podendo viver em condições aeróbicas, microaeróbicas e anaeróbicas (LARIMER et al., 2004). Além disso, este microrganismo é conhecido pela sua alta capacidade de mutação, e por adquirir facilmente características evolutivas adaptativas, que permitem uma fácil persistência e adaptação em diversos ambientes com diferentes características bióticas e abióticas (ODA et al., 2003).

Este microrganismo é capaz realizar fotossíntese, ou seja, converte a luz solar e dióxido de carbono atmosférico em biomassa (HU et al., 2011). Seu uso foto-heterotrófico da luz como fonte de energia permite que esta bactéria produza ATP, NADH₂ e NADPH₂, que podem então ser usado para quebrar ou rearranjar compostos orgânicos já existentes (PHONGJARUS et al., 2018). Em estudo realizado por Oda et al. (2008) foi observado que essa bactéria possui propriedades relacionadas à fixação de N e solubilização de nutrientes minerais. Essas características viabilizam sua utilização na agricultura como bioestimulante promotor do crescimento vegetal (YIN et al., 2012; XU et al., 2016).

Wong et al. (2014) avaliando a inoculação desta bactéria em mudas de *Brassica rapa chinensis* associado a diferentes porcentagens de fertilização química, puderam constatar que o tratamento com 4.0×10^6 colônias g⁻¹ de solo de inoculante com *Rhodopseudomonas palustris* + 50% da fertilização química recomendada para cultura, atingiu os mesmos níveis de massa fresca e massa seca que o tratamento controle (100% de adubação com fertilizantes químicos), e ainda promoveu aumento na eficiência do uso de nitrogênio.

Ge et al., (2017) estudando a influência da inoculação de *R. palustris* G5 em mudas de pepino constataram que as cepas G5 minimizaram o dano causado pelo excesso de cádmio (Cd) sobre as plântulas, além de promover o crescimento, melhorando o teor de proteínas solúveis, açúcares solúveis e de clorofila, assim como a atividade radicular e a ativação de enzimas antioxidantes. O uso de *R. palustris* tem se mostrado uma estratégia viável para melhorar os

rendimentos de culturas como o arroz (*Oryza sativa*) (KANTACHOTE et al., 2016) e cereja anã chinesa (*Prunus humilis* Bunge) (YIN et al., 2012).

Embora esta bactéria tenha sido classificada como de vida livre no solo, normalmente, aplicações via solo sofrem maiores influências dos fatores bióticos e abióticos, o que constitui uma desvantagem em relação à via foliar (PANDEY et al., 2013). Zhai et al. (2019) relatam que a *R. palustris* GJ-22 aloca-se na parte superficial das folhas e raízes, agrupando-se em colônias maiores nos sulcos intercelulares, em um período entre 0h e 72h quando aplicada em plantas de tabaco (*Nicotiana benthamiana* cv. Changsha) via pulverização e fertirrigação.

Os mesmos autores verificaram a eficiência de colonização da *R. palustris* GJ-22 em arroz, e observaram um comportamento diferente daquele encontrado no tabaco. Em arroz, a *R. palustris* apresentou uma distribuição linear ao longo do tecido foliar e radicular, já nas folhas, células únicas ocupavam o espaço intercelular longitudinal de células epidérmicas mesofílicas; e na raiz, a bactéria iniciava a colonização pelo ápice radicular, migrando longitudinalmente ao longo da raiz.

De acordo com Su et al. (2019), estirpes como a *R. palustris* GJ-22 podem colonizar a filosfera das plantas e estabelecer colônias de diferentes tamanhos para exercer efeitos benéficos à planta, portanto, pulverizações foliares podem melhorar o crescimento vegetal de forma mais direta e ainda, ter seus efeitos refletidos sobre as propriedades microbianas do solo, a partir do ecossistema planta-solo (XU et al., 2016).

O êxito na colonização da filosfera ou parte aérea da planta é devido à excreção de exopolissacarídeos pelas bactérias, que são os principais componentes promovendo a multiplicação das colônias bacterianas, e atuam como uma “cola” para a aderência entre células bacterianas e células bacterianas na filosfera da planta (LIMOLI et al., 2015), exercendo também a função de minimizar os estresses abióticos e bióticos como limitação de nutrientes e água, radiação UV e substâncias tóxicas liberadas pelas plantas ou por outros microrganismos presentes nas folhas (LINDOW; BRANDL, 2003; VORHOLT, 2012; MÜLLER et al., 2016).

Ainda que o uso de *R. palustris* tenha sido descrito como eficiente no incremento da produção de algumas culturas, é notória a escassez de estudos

que elucidem o uso desta bactéria em plantas perenes, como é o caso da mangueira cultivada sob irrigação no Semiárido.

2.3. Fotossíntese

A elevação no índice fotossintético da planta proporciona uma maior síntese e mobilização de fotoassimilados demandados para o desenvolvimento e crescimento da planta e dos órgãos dreno (FERNANDES, 2009; TAIZ et al., 2017), e seguramente, a redução da atividade fotossintética acarreta prejuízos no rendimento das culturas. A energia gerada por meio do processo de fotossíntese é utilizada não apenas para manutenção, desenvolvimento e reprodução da planta, mas também para respostas adaptativas da planta às condições ambientais (YAHIA et al., 2019).

O Semiárido brasileiro é caracterizado pela elevada radiação solar, altas temperaturas durante maior parte do ano e baixa precipitação. Além disso, o manejo floral da mangueira nesta região inclui um período de redução de lâmina hídrica durante a fase de maturação de ramos, a fim de estimular a produção de etileno, hormônio responsável por melhorar e uniformizar a floração (DAVENPORT, 2007). O estresse hídrico que ocorre durante a fase de maturação de ramos é potencializado pelas altas temperaturas da região, podendo provocar o fechamento dos estômatos, e conseqüentemente, reduzir a entrada de CO₂, limitando a atividade fotossintética (SANTOS et al., 2013; CHEN et al., 2016).

O funcionamento dos estômatos foliares na cultura da mangueira apresenta respostas muito rápidas às condições ambientais como concentração de CO₂, temperatura e restrição hídrica, constituindo-se esse último um dos fatores mais influentes, pois a fotossíntese é drasticamente reduzida quando há um declínio no potencial hídrico foliar (URBAN; JANNOYER, 2004; LOPES; LIMA, 2015). O déficit hídrico, mesmo que parcial, resulta na alteração dos índices fotossintéticos, sendo retratado por Santos et al. (2014) que uma redução de 50% na lâmina de irrigação em mangueira no Vale do São Francisco pode causar danos significativos na produção devido a diminuição da fotossíntese.

Mudo et al. (2020) verificaram um declínio no metabolismo fotossintético durante a fase de maturação de ramos em plantas de mangueira cv. Tommy

Atkins sob a aplicação de bioestimulantes no Semiárido brasileiro. Assim como Lu et al. (2012), ao avaliarem fotossíntese líquida e condutância estomática de mangueiras 'Kensington pride', 'Strawberry', 'Haden', 'Irwin' e 'Tommy Atkins' no norte da Austrália, observaram redução para ambas as variáveis na estação seca e máximas respostas durante a estação chuvosa.

Em mangueira, há uma tendência característica de redução da fotossíntese durante fase de floração plena cultivada no Semiárido (URBAN et al., 2008), o que não foi constatado por Mudo et al. (2020). Estes autores observaram aumento na fotossíntese líquida da pré-florada para a florada plena em mangueiras cv. Tommy Atkins cultivadas na região semiárida. Há uma dificuldade em estabelecer um padrão fotossintético em plantas submetidas a condições de estresse hídrico, mesmo que parcial, estratégia utilizada no processo de indução floral da mangueira no Semiárido (URBAN et al., 2008).

Durante a fase de frutificação, Lu et al. (2012) verificaram uma estabilização da atividade fotossintética em cinco cultivares de mangueira na Austrália, em que as plantas mantiveram as médias de fotossíntese líquida da fase de floração. Enquanto Silva (2019), utilizando ácido fúlvico e aminoácidos livres em mangueira cv. Keitt cultivada no Semiárido, observou um declínio na fotossíntese líquida da fase de floração plena para a frutificação.

O processo de manter ou elevar a eficiência fotossintética de uma espécie vegetal é complexo devido aos próprios mecanismos fotossintéticos, o entendimento inadequado da genética (RANGAN et al., 2016) e dos fatores externos influentes sob a fotossíntese, o que demanda estudos e novas ferramentas que possam contribuir com este processo.

REFERÊNCIAS

AHMED, F. F.; ABDELAAL, A. M. K.; REFAAI, M. M. Impact of seaweed extract as a partial replacement of mineral N fertilizers on fruiting of Taimour mango trees. **Egyptian Journal of Agricultural Research**, v. 42, n.1, p. 655-664, 2015.

ANUSUYA, R.; VIJAYAKUMAR, R. M.; SRIVIDHYA, S.; SIVAKUMAR, R. Comparison of physiological and flowering parameters of main and off season by using different plant nutrients and growth hormone in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Bangalora. **Journal of Agriculture and Ecology**, v. 5, p. 76-82, 2018.

BULGARI, R.; FRANZONI, G.; FERRANTE, A. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 306, 2019.

CARVALHO, C.; KIST, B. B.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de horti&fruti 2020**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019. 96 p.

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

CENTENO RENGIFO, H. **Efecto de microorganismos eficientes, en la calidad de agua del sector polvorayo, distrito de morales, provincia de San Martín**. 2012. 91 p. Tese (Doutorado) – Universidad Nacional Agraria de La Selva, Departamento Académico de Ciencias Ambientales.

CHEN, D.; WANG, S.; CAO B.; CAO, D.; LENG, G.; LI, H.; YIN, L.; SHAN, L.; DENG, X. Genotypic variation in growth and physiological response to drought stress and re-watering reveals the critical role of recovery in drought adaptation in maize seedlings. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1-15, 2016.

COUTINHO, G.; COSTA, I. J. S.; PIO, L. A. S. **Indução floral em mangueira**. Boletim técnico. Universidade Federal de Lavras. Departamento: Agricultura. n.º 101, p.1- 22, 2016.

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

DROBEK, M.; FRAÇ, M.; CYBULSKA, J. Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress - a review. **Agronomy**, v. 9, n. 6, p. 335, 2019.

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

EL-HOSEINY, H. M.; HELALY, M. N.; ELSHEERY, N. I.; ALAM-ELDEIN, S. M. Humic acid and boron to minimize the incidence of alternate bearing and improve the productivity and fruit quality of mango trees. **HortScience**, v. 1, n. aop, p. 1-12, 2020.

EL-MOTTY, E. Z. A.; SHAHIN, M. F. M.; EL-SHIEKH, M. H.; EL-ABD-MIGEED, M. M. M. Effect of algae extract and yeast application on growth, nutritional status, yield and fruit quality of Keitte mango trees. **Agriculture and Biology Journal of North America**, v. 1, n. 3, p. 421-429, 2010.

EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. Official Journal of the European Union, L 170/1. **Off. J. Eur. Union**, v. 62, p. 1-132, 2019.

FAGUNDES, J. D.; PAULA, G. M.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1464-1472, 2010.

FARIA, L. N.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R.; CASTRO, L. G. Nutrient contents in “Tommy Atkins” mango leaves at flowering and fruiting stages. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural**, v. 36, n. 6, p.1073-1085, 2016.

FERNANDES, K. O. **Resposta da mangueira ‘rosa’ ao desbaste manual antes e após o abortamento natural dos frutos**. 2009. 60p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais.

GE, H.; LIU, Z.; ZHANG, F. Effect of *Rhodopseudomonas palustris* G5 on seedling growth and some physiological and biochemical characteristics of cucumber under cadmium stress. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 29, n. 11, p. 816-821, 2017.

GOMES, L. P. 2019. 50p. **Bioestimulantes e seus efeitos nos componentes da produção, nas trocas gasosas e na eficiência de uso da água no tomateiro sob restrição hídrica**. Dissertação (Mestrado) - Mestrado profissional em olericultura - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos - GO, 2019.

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

HU, C. W.; CHANG, Y. L.; CHEN, S. J.; KUO-HUANG, L. L.; LIAO, J. C.; HUANG, H. C.; JUAN, H. F. Revealing the functions of the transketolase enzyme isoforms in *Rhodopseudomonas palustris* using a systems biology approach. **PLoS One**, v. 6, n. 12, p. e28329, 2011.

JARANDE, S. D.; PATEL, B. N.; PATEL, B. B.; PATEL, N. R.; DHUDA, H. D. Effect of sucrose and nutrient elements on fruit set and fruit yield of mango cv. Kesar. **Crop Research & Research On Crops**, v. 46, p. 142-145, 2013.

JAYME-OLIVEIRA, A.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; ZIVIANI, A. C.; JAKELATIS, A. Amaranth, quinoa, and millet, growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. **Rev. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 52, n. 8, p. 561-571, 2017.

- KANTACHOTE, D.; NUNKAEWC, T.; KANTHAA, T.; CHAIPRAPAT, S. Biofertilizers from *Rhodopseudomonas palustris* strains to enhance rice yields and reduce methane emissions. **Applied Soil Ecology**, v. 100, p. 154-161. 2016.
- LARIMER, F. W.; CHAIN, P.; HAUSER, L.; LAMERDIN, J.; MALFATTI, S.; DO, L.; et al. Complete genome sequence of the metabolically versatile photosynthetic bacterium *Rhodopseudomonas palustris*. **Nature biotechnology**, v. 22, n. 1, p. 55-61, 2004.
- LEÃO, E. L. L.; MOUTINHO, L. M. G. O arranjo produtivo local de fruticultura irrigada do Vale do Submédio do São Francisco como objeto de política. **Race**, v. 13, n. 3, p. 829-858, 2014.
- LIMOLI, D. H.; JONES, C. J.; WOZNIAK, D. J. Bacterial extracellular polysaccharides in biofilm formation and function. **Microbial Biofilms**, p. 223-247, 2015.
- LINDOW, S. E.; BRANDL, M. T. Microbiology of the phyllosphere. **Applied and environmental microbiology**, v. 69, n. 4, p. 1875-1883, 2003.
- 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, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. (2015). Viçosa: Editora UFV. 492 p.
- LU, P.; CHACKO, E. K.; BITHELL, S. L.; SCHAPER, H.; WIEBEL, J.; COLE, S.; MÜLLER, W. J. Photosynthesis and stomatal conductance of five mango cultivars in the seasonally wet-dry tropics of northern Australia. **Scientia Horticulturae**, v. 138, p. 108-119, 2012.
- MAÇIK, M.; GRYTA, A.; FRAÇ, M. Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. **Advances in Agronomy**, v. 160, p. 31, 2020.
- MARSCHNER, H.; MARSCHNER, P. (2012). **Marschner's mineral nutrition of higher plants** (3^a ed.). London: Academic Press.
- MEDEIROS, A. A.; AMORIM, J. R. A.; SILVA, D. J.; DANTAS, J. A.; GUERRA, A. G. Mineral composition of leaves and fruits of irrigated mango trees in Rio Grande do Norte State, Brazil. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 645, p. 403-410, 2004.
- MOUCO, M. A. C. **Cultivo da mangueira**. Embrapa Semiárido-Sistema de Produção (INFOTECA-E), 2015.

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

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

MÜLLER, D. B.; VOGEL, C.; BAI, Y.; VORHOLT, J. A. The plant microbiota: systems-level insights and perspectives. **Annual review of genetics**, v. 50, p. 211-234, 2016.

ODA, Y.; LARIMER, F. W.; CHAIN, P. S. G.; MALFATTI, S.; SHIN, M. V.; VERGEZ, L. M.; HAUSER, L.; LAND, M. L.; BRAATSCH, S.; BEATTY, J. T.; PELLETIER, D. A.; SCHAEFER, A. L.; HARWOOD, C. S. Multiple genome sequences reveal adaptations of a phototrophic bacterium to sediment microenvironments. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 47, p. 18543-18548, 2008.

ODA, Y.; STAR, B.; HUISMAN, L. A.; GOTTSCHAL, J. C.; FORNEY, L. J. Biogeography of the purple nonsulfur bacterium *Rhodopseudomonas palustris*. **Applied and environment microbiology**, v. 69, n. 9, p. 5186-5191, 2003.

OLIVEIRA, G. P.; SIQUEIRA, D. L. D.; CECON, P. R.; SALOMÃO, L. C. C. Teores de carboidratos em manga Ubá submetida a diferentes doses de paclobutrazol. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 171-180, 2018.

PANDEY, N.; GUPTA, B.; PATHAK, G. C. Enhanced yield and nutritional enrichment of seeds of *Pisum sativum* L. through foliar application of zinc. **Scientia Horticulturae**, v. 164, p. 474-483. 2013.

PESSARAKLI, M. (2014). **Handbook of plant and crop physiology**. (3^a ed.). New York: CRC Press. 1003 p.

PHONGJARUS, N.; SUVAPHAT, C.; SRICHA, N.; RITCHIE, R. J. Photoheterotrophy of photosynthetic bacteria (*Rhodopseudomonas palustris*) growing on oil palm and soybean cooking oils. **Environmental Technology & Innovation**, v. 10, p. 290-304, 2018.

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

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) pollination: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 203, p. 158-168, 2016.

RANGAN, P.; FURTADO, A.; HENRY, R. J. New evidence for grain specific C4 photosynthesis in wheat. **Scientific reports**, v. 6, p. 31721, 2016.

SANTOS, M. R. D.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; JUNIOR, C.; FERNANDES, P. R.; CASTRO, I. N. D. Irrigation deficit strategies on physiological and productive parameters of 'Tommy Atkins' mango. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 173-182, 2016.

SANTOS, M. R. D.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. 'Tommy Atkins' mango yield and photosynthesis under water deficit in semiarid region of Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 899-907, 2014.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R. Gas exchanges of 'Tommy atkins' mango trees under different irrigation treatments. **Bioscience Journal**, v.29, p.1141-1153, 2013.
sediments, v. 16, n. 3, p. 916-923, 2016.

SILVA, L. S. 2019. 71p. **Ácidos fúlvicos e aminoácidos livres na potencialização de absorção e efeito de paclobutrazol em mangueira 'Keitt'**. Dissertação (Mestrado) - Programa Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Produção Vegetal, Universidade Federal Do Piauí, Bom Jesus –PI.

SILVA, M. A.; CAVALCANTE, Í. H. L.; MUDO, L. E. D.; PAIVA NETO, V. B.; CUNHA, J. G. Biostimulant alleviates abiotic stress of mango grown in semiarid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 24, n. 7, p. 457-464, 2020.

SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. F. B. **Bokashi: adubo orgânico fermentado**. Niterói: Programa Rio Rural, 2013.

SU, P.; ZHANG, D.; ZHANG, Z.; CHEN, A.; HAMID, M. R.; LI, C.; DU, J.; CHENG, J.; TAN, X.; ZHEN, L.; ZHAI, Z.; TANG, W.; CHEN, J.; ZHOU, X.; LIU, Y. Characterization of *Rhodopseudomonas palustris* population dynamics on tobacco phyllosphere and induction of plant resistance to Tobacco mosaic virus. **Microbial Biotechnology**, v. 12, n. 6, p. 1453-1463, 2019.

SUDHA, R.; BALAMOCHAN, T.; SOORIANATHASUNDARAM, K. Effect of foliar spray of nitrogenous chemicals on flowering, fruit set and yield in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. **Journal of Horticultural Science**, v.7, n.2, p.190-193, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. (2017). **Plant physiology and development** (6^a ed.). Oxford: Oxford University Press. 756 p.

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

URBAN, L.; JANNOYER, M. Functioning and role of stomata in mango leaves. **ACTA HORTICULTURAE**, V. 645, P. 441-446, 2004.

URBAN, L.; JEGOUZO, L.; DAMOUR, G.; VANDAME, M.; FRANÇOIS, C. Interpreting the decrease in leaf photosynthesis during flowering in mango. **Tree Physiology**, v. 28, p. 1025-1036, 2008.

VORHOLT, J. A. Microbial life in the phyllosphere. **Nature Reviews Microbiology**, v. 10, n. 12, p. 828-840, 2012.

WONG, W. T.; TSENG, C. H.; HSU, S. H.; LUR, H. S.; MO, C. W.; HUANG, C. N.; HSU, S. C.; LEE, K. T.; LIU, C. T. Promoting effects of a single *Rhodopseudomonas palustris* inoculant on plant growth by Brassica rapa chinensis under low fertilizer input. **Microbes and environments**, p. ME14056, 2014.

XU, J.; FENG, Y.; WANG, Y.; LUO, X.; TANG, J.; LIN, X. The foliar spray of *Rhodopseudomonas palustris* grown under Stevia residue extract promotes plant growth via changing soil microbial community. **Journal of soils and**

YAHIA, E. M.; CARRILO-LÓPEZ, A.; BARRERA, G. M.; SUZÁN-AZPIRI, H.; BOLÁNOS, M. Q. Photosynthesis. In: **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. 1^o ed. México: Woodhead Publishing, 2019. 510p.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 26, p. 20-49, 2017.

YIN, Z. P.; SHANG, Z. W.; WEI, C.; REN, J.; SONG, X. S. Foliar sprays of photosynthetic bacteria improve the growth and anti-oxidative capability on Chinese dwarf cherry seedlings. **Journal Plant Nutrition**, v. 35, p. 840-853, 2012.

ZHAI, Z.; DU, J.; CHEN, L.; HAMID, M. R.; DU, X.; KONG, X.; et al. A genetic tool for production of GFP-expressing *Rhodopseudomonas palustris* for visualization of bacterial colonization. **AMB Express**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2019.

CAPÍTULO 2

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE MANGUEIRA 'KEITT' SOB APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE CONTENDO *Rhodopseudomonas palustris*¹

RESUMO

O Vale do São Francisco, principalmente o polo irrigado Petrolina-PE/Juazeiro-BA, é uma das regiões de maior produção de manga, devido ao manejo de indução floral que inclui a redução de lâmina hídrica durante a fase de maturação de ramos. O estresse hídrico que ocorre durante esta fase, somado às altas temperaturas da região, pode provocar o fechamento dos estômatos, e consequentemente, reduzir a fotossíntese da planta. A bactéria *Rhodopseudomonas palustris* é um microrganismo que possui capacidade de fixar CO₂ e absorver luz solar e, portanto, pode promover o incremento da atividade fotossintética vegetal, podendo mitigar os efeitos causados pelos estresses abióticos. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência do uso do bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* nas trocas gasosas, índices de clorofilas e na atividade da enzima Nitrato Redutase em mangueira cv. Keitt no semiárido. O experimento foi instalado em blocos, com 7 tratamentos, 4 repetições e 3 úteis plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em: T1) tratamento controle; quatro dosagens do *Rhodopseudomonas palustris* aplicados em fertirrigação: T2) 1,9 L ha⁻¹; T3) 3,8 L ha⁻¹; T4) 5,7 L ha⁻¹; T5) 7,6 L ha⁻¹; e dois tratamentos com aplicações via fertirrigação + via foliar: T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar, aplicados mensalmente, totalizado sete aplicações. Foram avaliadas as trocas gasosas, índices de clorofila *a*, *b* e total, e atividade da enzima nitrato redutase em folhas e raízes. O uso desta bactéria promoveu o aumento de até 35% na fotossíntese líquida das plantas, 48% na transpiração foliar, elevou os índices de clorofila *a* em 5% e ainda induziu uma maior atividade da enzima nitrato redutase.

Palavras-chave: Bactéria fixadora de CO₂. Fotossíntese. Estresses abióticos. Bacterioclorofilas.

ABSTRACT

The São Francisco Valley, especially the irrigated pole Petrolina-PE / Juazeiro-BA, is one of the most prominent regions in the production of mangoes due to the management of floral induction that includes the reduction of water depth during the phase of branch maturation. The water stress that occurs during this phase added to the high temperatures in the region, can cause the stomata to close, and consequently, reduce the photosynthesis of the plant. The bacterium *Rhodopseudomonas palustris* is a microorganism that has the capacity to fix CO₂ and absorb sunlight and, therefore, can promote the increase of plant photosynthetic activity, being able to mitigate the effects caused by abiotic stresses. Therefore, this work aimed to evaluate the influence of the use of the

¹ Artigo a ser submetido para publicação

biostimulant containing *Rhodopseudomonas palustris* on gas exchange, chlorophyll content, and on the activity of the enzyme Nitrate Reductase in mango cv. Keitt in the semiarid. The experiment was installed in blocks, with 7 treatments, 4 replications, and 3 plants per plot. The treatments consisted of: T1) control treatment (T1) (without application of *R. palustris*); four dosages of *Rhodopseudomonas palustris* via fertigation T2) 1.9 L ha⁻¹; T3) 3.8 L ha⁻¹; T4) 5.7 L ha⁻¹; T5) 7.6 L ha⁻¹; and two treatments with applications via fertigation + foliar: T6) 1.9 L ha⁻¹ via fertigation + 1.9 L ha⁻¹ via leaf; T7) 3.8 L ha⁻¹ via fertigation + 1.9 L ha⁻¹ via leaf, applied monthly, totaling seven applications. The variables analyzed were: liquid photosynthesis, internal CO₂ concentration, stomatal conductance, transpiratory rate, water-use efficiency, *a*, *b*, and total chlorophyll indexes, and nitrate reductase activity in leaves and roots. The use of this bacterium promoted an increase of up to 35% in the liquid photosynthesis of plants, 48% in leaf transpiration, raised the *a* chlorophyll index to 5%, and also induced greater activity of the enzyme nitrate reductase.

Key-words: CO₂-fixing bacteria. Photosynthesis. Abiotic stresses. Bacterioclorophylls.

1. INTRODUÇÃO

As exportações brasileiras de frutas frescas em 2019 resultaram no faturamento de aproximadamente US\$ 1 bilhão, sendo a manga a fruta mais exportada, gerando uma receita de US\$ 227,57 milhões com a venda de 221,9 mil toneladas, com incrementos anuais de 30% em valor e de 27,26% em volume. Neste contexto, o Vale do São Francisco, região semiárida, tem grande destaque por ser responsável por 64% de toda a área plantada e produzir 85% do total de mangas exportadas pelo país (CARVALHO et al., 2019).

O Semiárido brasileiro é caracterizado pela elevada radiação solar, altas temperaturas, baixa precipitação e baixa umidade relativa do ar (ÁLVARES, 2013). Ainda, nessas condições, o manejo floral da mangueira inclui a redução de lâmina hídrica durante a fase de maturação de ramos (DAVENPORT, 2007; CAVALCANTE et al., 2018), objetivando armazenar teores ótimos de carboidratos que serão direcionados ao desenvolvimento dos órgãos reprodutivos (PRASAD et al., 2014). A redução de lâmina hídrica, que normalmente é realizada no cutivo da mangueira durante esta fase, somado às altas temperaturas, pode provocar o fechamento dos estômatos, e conseqüentemente, reduzir a absorção de CO₂, limitando a atividade fotossintética da planta (SANTOS et al., 2014; CHEN et al., 2016).

Para atenuar os efeitos causados pelas condições adversas supracitadas, tem se aderido ao uso de bioestimulantes. Esses produtos são constituídos por substâncias associadas ou não a microrganismos, e que induzem o aumento da eficiência no uso de água e de nutrientes, bem como a eficiência fotossintética. Também, são alternativas para maximizar os mecanismos de defesa das plantas contra os estresses abióticos, entre eles o estresse hídrico (JAYME-OLIVEIRA et al., 2017; GOMES, 2019; MAÇIK et al., 2020; MUDO et al., 2020). Dentre os microrganismos utilizados como bioestimulantes, a bactéria promotora de crescimento *Rhodopseudomonas palustris* tem grande potencial na agricultura, principalmente por promover o incremento da atividade fotossintética vegetal.

A *R. palustris* é um microrganismo fotossintetizante, capaz de converter luz solar em energia e absorver dióxido de carbono atmosférico, convertendo-os em biomassa (HU et al., 2011). Além disso, há evidências da influência desta bactéria no aumento dos índices de clorofila das plantas (NUNKAEW et al., 2014; GE et al., 2017) por produzir ácido aminolevulínico, que é um composto endógeno e primeiro composto na síntese das porfirinas (STREIT et al., 2005; TAIZ et al., 2017).

Os efeitos benéficos da *R. palustris* já foram verificados para diversas culturas como em repolho chinês (*Brassica chinensis* L.) em que houve elevação na atividade fotossintética, bem como maior acúmulo de biomassa (XU et al., 2016). Assim como verificou-se aumento dos índices de clorofila em arroz cultivado sob estresse salino (NUNKAEW et al., 2014) e em mudas de pepino expostas a diferentes concentrações de cádmio (GE et al., 2017). Entretanto, não há estudos voltados à sua aplicação em plantas frutíferas cultivadas em regiões tropicais.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência do bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* nas trocas gasosas, índices de clorofila *a*, *b* e total, e na atividade da enzima nitrato redutase em mangueira cv. Keitt no Semiárido.

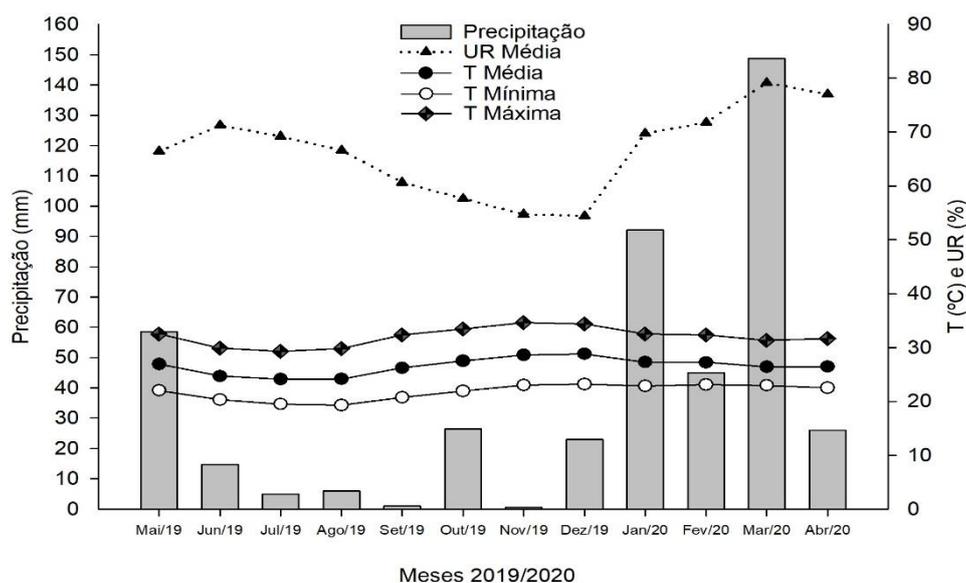
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área experimental

Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente entre maio de 2019 e abril de 2020 em pomares comerciais de manga cv. Keitt, localizados na fazenda Aracê Agrícola (Special Fruit Importação e Exportação Ltda.), em Petrolina – PE, localizada em latitude 9°18'37.3" S e longitude 40°40'31.8" O, com altitude de 400,3 m.

O clima da região é classificado por Köppen como BSh (quente e seco) (ÁLVARES, 2013), caracterizando uma região de clima semiárido. Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar durante o período em que os experimentos foram conduzidos foram registrados em estação meteorológica automática instalada na própria fazenda (Figura 1).

Figura 1. Temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar e precipitação, registradas durante a condução do experimento. Petrolina-PE, 2019-2020.



2.2. Delineamento experimental, tratamentos e parcelas

Os dois experimentos foram realizados de forma independente, mas simultaneamente, adotando-se em cada um deles o delineamento em blocos, com sete tratamentos e quatro repetições, com cinco plantas, sendo três plantas úteis por parcela e duas plantas de boradadura. As avaliações foram realizadas durante todo o ciclo produtivo da cultura, com intervalos de 15 e/ou 30 dias, sendo as datas de avaliação e os tratamentos considerados como fatores.

Os tratamentos consistiram em: T1) tratamento controle; quatro dosagens do *Rhodopseudomonas palustris* aplicados em fertirrigação: T2) 1,9 L ha⁻¹; T3) 3,8 L ha⁻¹; T4) 5,7 L ha⁻¹; T5) 7,6 L ha⁻¹; e dois tratamentos com aplicações via fertirrigação + via foliar (Figura 2): T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via. As aplicações foram realizadas a cada trinta dias, sendo iniciadas um mês após a poda de produção (pós-colheita), estendendo-se às fases de maturação de ramos, indução floral, florescimento pleno e início da frutificação, totalizando sete aplicações (Figura 3). O bioestimulante adotado como fonte de *R. palustris* foi o Bioavance (Biotrop[®]) que possui em sua composição 750.000 UFC mL⁻¹ de *R. palustris*, com densidade de 1,0 g cm⁻³.

Figura 2. Aplicação via pulverização com Arbus 2000[®] (A) e aplicação via fertirrigação com auxílio de um injetor venturi (B). Petrolina – PE.

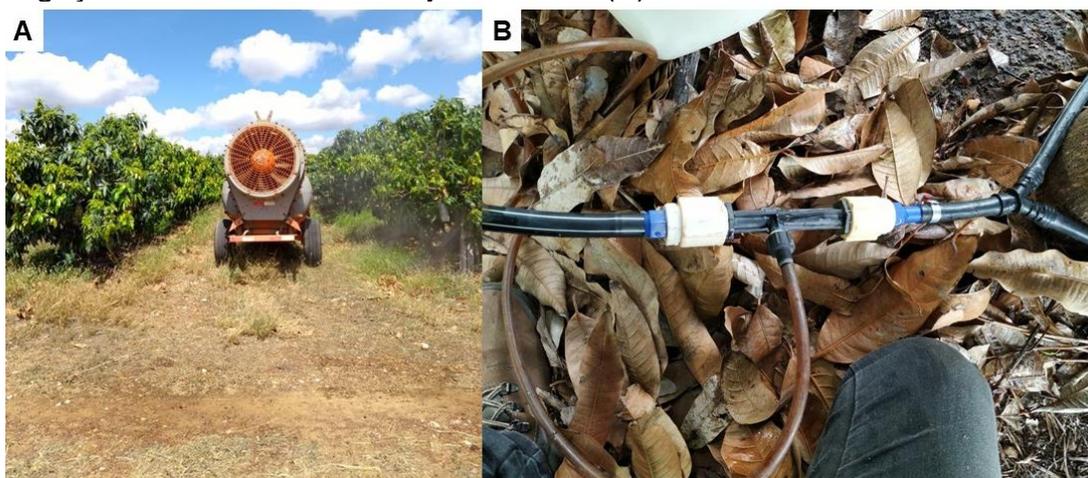
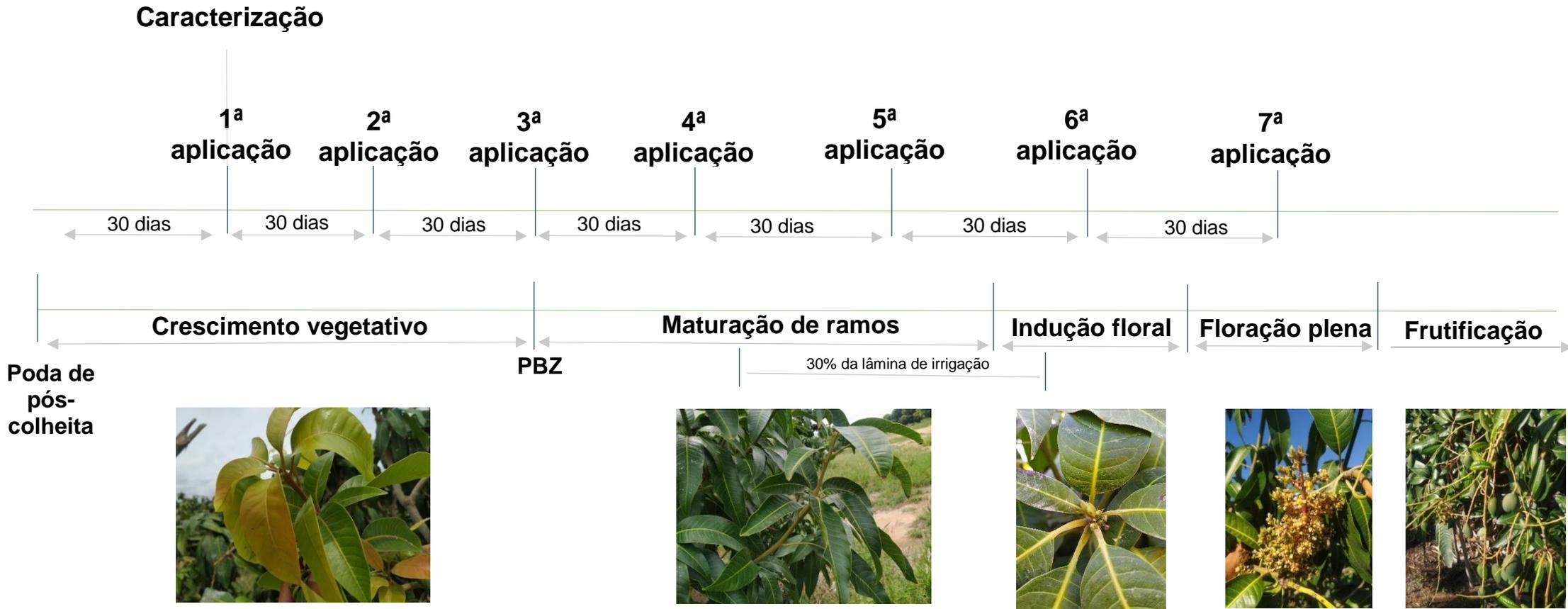


Figura 3. Cronograma de aplicações dos tratamentos dentro do ciclo produtivo da mangueira cv. Keitt irrigada no semárido. Petrolina – PE. 2020.



2.3. Condições e manejo da área

Foram avaliadas plantas de mangueira cv. Keitt, com sete anos e no quinto ano produtivo, dispostas em um espaçamento de 6m entre linhas e 2m entre plantas. As plantas foram irrigadas por sistema localizado de gotejamento com duas fitas de gotejo por linha, e emissores com vazão de 1,5 L h⁻¹. Cada planta possuía 12 gotejadores (6 por fita de gotejo), totalizando uma vazão de 18L

Os pomares foram submetidos às práticas culturais recomendadas para a cultura da mangueira nas condições regionais de cultivo, seguindo as normas técnicas da Produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al. (2003), quanto às podas, manejo nutricional via fertirrigação, controle de plantas invasoras, pragas e doenças, e definição do ponto de colheita.

O manejo do florescimento incluiu o uso do paclobutrazol (PBZ) para regulação do crescimento das brotações vegetativas. O PBZ foi aplicado no dia 18/07/2019, cerca de três meses após a poda de pós-colheita, na dose de 10 L ha⁻¹ de Cultar 250 SC[®], equivalente à 12 mL por planta, aplicado no solo, via fertirrigação. Ao longo da fase de maturação de ramos, que se inicia com o uso do PBZ, foram realizadas aplicações de sulfato de magnésio (MgSO₄) (2%), na primeira e segunda semana e, posteriormente, foram realizadas quatro aplicações de sulfato de potássio (K₂SO₄) (2%), com intervalo de quinze dias entre cada aplicação, iniciando na terceira semana desta mesma fase. O manejo do florescimento incluiu uso do paclobutrazol (PBZ) para regular o crescimento das brotações vegetativas. O PBZ foi aplicado no dia 18/07/2019, cerca de três meses após a poda de pós-colheita, na dose de 10L ha⁻¹ de Cultar 250 SC[®], equivalente à 12mL por planta, aplicado no solo, via fertirrigação. Ao longo da fase de maturação de ramos foram realizadas aplicações de sulfato de magnésio (MgSO₄) (2%), na primeira e segunda semana e, posteriormente, foram realizadas aplicações de sulfato de potássio (K₂SO₄) (2%), com intervalo de quinze dias entre cada aplicação, iniciando na terceira semana desta mesma fase. Ainda na maturação de ramos, foi iniciada a redução da lâmina hídrica.

Desde o final da fase de maturação de ramos até o término da indução floral, houve a redução progressiva da lâmina de irrigação, com diminuições de 20% semanalmente, totalizando uma redução de 80% do fornecimento diário de água para as plantas. No manejo de floração foram feitas quatro aplicações com

nitrate de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] na concentração entre 1,5 e 2,5%, e duas aplicações de nitrate de potássio (KNO_3) (3%). No início da fase de floração ocorreu o retorno gradativo da lâmina de irrigação, na mesma proporção em que ocorreu a redução do fornecimento diário de água, até atingir a quantidade demandada pela cultura conforme o Kc (coeficiente de cultura).

Na fase de frutificação, as plantas foram adubadas com fertilizantes contendo cálcio e com sulfato de potássio (K_2SO_4), a fim de garantir o desenvolvimento e o maior acúmulo de açúcar nos frutos. Em cada uma das áreas foram fornecidas as seguintes quantidades de nutrientes: 39 kg ha⁻¹ de N, 99 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de K₂O, 202 kg ha⁻¹ de Ca, 9 kg ha⁻¹ de MgSO₄, 1,8 kg ha⁻¹ de Mn, 1,5 kg ha⁻¹ de B e 1,0 kg ha⁻¹ de Zn, 1,1 kg ha⁻¹ de Fe. Utilizou-se como fonte, os fertilizantes MAP (12% N e 60% P), sulfato de potássio (50% K e 18% S), dois fertilizantes à base de algas marinhas (14% Ca e 23% Ca), sulfato de magnésio (9% Mg e 14% S), manganês (13%), ácido bórico (17% B), zinco (15% Zn) e ferro (6%).

2.4. Avaliação preliminar dos experimentos

Foram realizadas avaliações de trocas gasosas e índice de clorofila, nas plantas da área experimental antes da aplicação dos tratamentos. As trocas gasosas foram determinadas usando um analisador de gás carbônico a infravermelho IRGA, modelo LCI Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), com irradiação de 1500 μmol fótons m⁻² s⁻¹ e fluxo de ar de 300 ml min⁻¹. O índice de clorofila *a*, *b* e total foi avaliado utilizando um clorofilômetro eletrônico (clorofiLOG - Falker®, Brasil). As leituras de trocas gasosas foram realizadas em folhas totalmente expandidas e expostas, obtidas aleatoriamente em toda a área para formar uma amostra composta com 56 leituras (Tabela 1).

Para caracterizar os índices de clorofilas, foram realizadas três leituras por planta com clorofilog em folhas totalmente expandidas e expostas ao sol obtidas aleatoriamente em toda a área para formar uma amostra composta com 168 leituras (Tabela 1).

Tabela 1. Trocas gasosas e índices de clorofila *a*, *b* e total de mangueira cv. Keitt antes da aplicação dos tratamentos. Petrolina – PE.

Trocas gasosas				
Fotossíntese líquida (<i>A</i>) $\mu\text{mol de CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i>) $\text{mmol de CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Condutância estomática (<i>g_s</i>) $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Transpiração (<i>E</i>) $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Eficiência instantânea do uso da água (<i>EUA</i>) $\mu\text{mol de CO}_2/\text{mmol de H}_2\text{O}$
13,35	209,20	0,128	3,70	3,64
Índice de clorofila (ICF)				
<i>a</i>	<i>b</i>	total		
40,56	15,07	55,63		

2.5. Variáveis analisadas

2.5.1. Trocas gasosas

Após cada aplicação dos tratamentos foram feitas duas avaliações das trocas gasosas, aos 15 e 30 dias posteriores, totalizando 14 avaliações em cada um dos experimentos. As leituras foram realizadas na planta central de cada parcela, respeitando o horário entre 9:00 e 11:00 da manhã (Figura 4A).

Para a quantificação das trocas gasosas, foram selecionadas folhas saudáveis e totalmente expandidas do último fluxo, localizadas na terça mediana da copa, sempre do lado nascente do sol e que estivessem completamente expostas a radiação solar. Procedeu-se a execução das leituras com o auxílio de um analisador de gás carbônico a infravermelho IRGA, modelo LCI Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), com irradiação de $1500 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 300 mL min^{-1} .

As variáveis avaliadas foram fotossíntese líquida (*A* – expressa em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ (*C_i* – $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (*g_s* – $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa transpiratória (*E* – $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e foi estimada a eficiência no uso de água (*EUA* = *A/E*) expressa em $(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})/(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$.

Figura 4. Avaliação das trocas gasosas com o analisador de gás carbono a infravermelho – IRGA (A) e dos índices de clorofila *a*, *b* e total com um clorofilômetro eletrônico (B).



Foto: Arquivo pessoal. Ano: 2019.

2.5.2. Índices de clorofilas *a*, *b* e total

Os índices de clorofilas *a*, *b* e total (ICF) foram mensuradas entre 9:00 e 11:00 horas, seguindo a metodologia descrita por El-Hendawy e Schimidhalter (2005) e mediante uso de um clorofilômetro eletrônico (clorofiLOG - Falker®, Brasil). Foram selecionadas três folhas totalmente expandidas do último fluxo vegetal por planta para realização das leituras com o auxílio do clorofilômetro. Em cada uma das folhas foram realizadas leituras na região basal, mediana e apical da folha. As avaliações ocorreram um mês após cada aplicação (Figura 4B).

2.5.3. Atividade da enzima Nitrato Redutase (aRN)

Aos quinze e trinta dias após cada aplicação dos tratamentos, foi determinada a atividade da enzima Nitrato Redutase (aRN) *in vivo* nas folhas e raízes. As coletas dos materiais foram realizadas no período entre 9:00 e 11:00, sendo de três folhas totalmente expandidas do segundo fluxo, expostas a radiação solar e localizadas na altura mediana do dossel, e raízes secundárias, presentes na camada de 0,00 a 0,10 m de profundidade, próximas aos

gotejadores, em uma planta por parcela, num total de quatro plantas por tratamento. As folhas foram acondicionadas em sacos plástico e as raízes foram envoltas por papel alumínio, e ambos foram imediatamente submersos em gelo e transportados para o laboratório de fisiologia vegetal localizado no CCA/UNIVASF para avaliação da atividade da enzima, seguindo a metodologia proposta por Majerowicz et al. (2003), com adaptações de Santos (2019).

2.5.4. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise conjunta de variância das duas áreas experimentais para avaliação dos efeitos significativos dos fatores isolados ou da interação entre os fatores pelo teste F, e quando significativo, os tratamentos e as datas foram comparados entre si pelo teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade, usando o software R, versão 3.5.0 (R CORE TEAM, 2019). Os gráficos foram elaborados utilizando o programa Sigmaplot[®] versão 10 (SYSTAT SOFTWARE Inc, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a análise de variância (Tabela 2) houve interação significativa entre os tratamentos com bioestimulante e as datas de avaliação para fotossíntese líquida (*A*), concentração interna de CO₂ (*C_i*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*) e eficiência instantânea do uso da água (*EUA*). Importante falar sobre a análise conjunta.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis fotossíntese líquida (*A*), concentração interna de CO₂ (*C_i*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*) e eficiência instantânea do uso da água (*EUA*) de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE, 2020

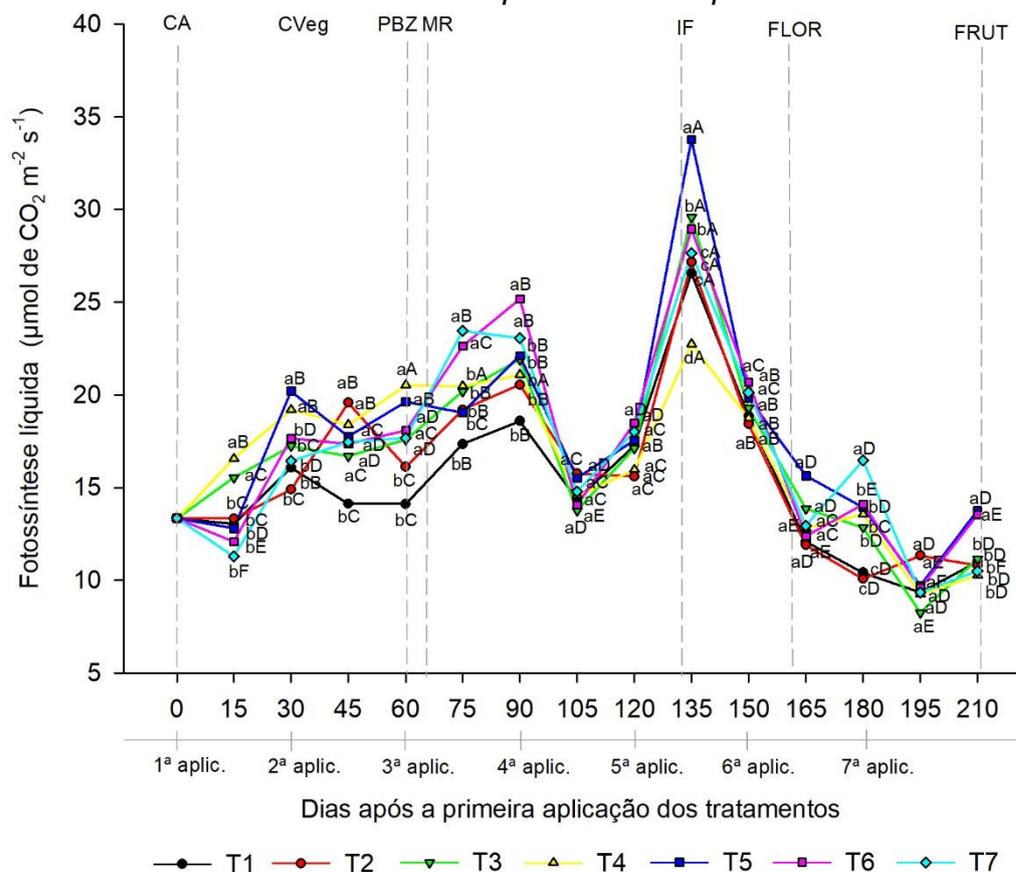
FV	<i>A</i> μmol de CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	<i>C_i</i> mmol de CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	<i>g_s</i> mol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	<i>E</i> mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	<i>EUA</i> μmol de CO ₂ /mmol de H ₂ O
	Tratamentos (T)				
Valor 'F'	12,165**	15,275**	1,280 ^{ns}	31,761**	18,988**
T1	15,10 d	218,47 a	0,140	3,54 c	4,17 a
T2	15,87 c	200,72 b	0,150	3,75 c	4,19 a
T3	16,56 b	192,40 b	0,142	4,02 b	4,04 a
T4	16,50 b	197,74 b	0,148	4,54 a	3,65 b
T5	17,64 a	183,45 c	0,144	4,69 a	3,70 b
T6	17,21 a	181,06 c	0,143	4,69 a	3,62 b
T7	16,84 b	189,99 b	0,142	4,67 a	3,56 b

Dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DAPA)					
Valor 'F'	174,715**	24,117**	48,503**	10,158**	59,954**
0	13,35 d	209,20 b	0,128 c	3,70 c	3,64 e
15	13,52 d	207,74 b	0,133 c	3,70 c	3,80 d
30	17,39 d	199,20 b	0,178 a	4,28 b	4,56 c
45	17,34 d	223,70 a	0,190 a	4,46 b	4,03 d
60	17,68 d	208,28 b	0,178 a	4,54 b	3,99 d
75	20,33 c	209,48 b	0,171 b	5,22 a	4,02 d
90	21,78 b	183,83 c	0,162 b	4,22 b	5,27 a
105	14,69 e	221,84 a	0,159 b	4,56 b	3,42 e
120	17,15 d	197,38 b	0,165 b	4,44 b	4,01 d
135	28,06 a	200,18 b	0,159 b	4,48 b	3,70 e
150	19,42 c	150,18 e	0,120 d	4,11 c	4,94 b
165	13,09 d	168,28 d	0,107 e	4,27 b	3,20 f
180	13,07 d	167,86 d	0,108 e	3,72 c	3,86 d
195	9,56 f	160,57 d	0,087 f	3,91 c	2,70 g
210	11,58 e	214,74 a	0,117 d	4,48 b	2,71 g
T x DAPA					
Valor 'F'	2,885**	1,652**	1,850**	1,925**	1,940**
CV (%)	11,32	12,80	16,68	15,88	12,60

FV: Fontes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; **: significante ($p < 0,01$); *: significante ($p < 0,05$); ns: não significante; CV%: Coeficiente de variação. DAPA: Dias após a primeira aplicação dos tratamentos. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar. Os valores de 0 dias após a primeira aplicação são referentes a avaliação preliminar dos experimentos.

Observa-se que entre a segunda e a quarta aplicação, a testemunha (T1) apresentou atividade fotossintética menor que todos os outros tratamentos, mantendo a tendência até o fim do ciclo (Figura 5). Na literatura, há relatos que a *R. palustris* possui bacterioclorofilas que além de absorver luz ultravioleta, também absorvem comprimentos de onda entre 800 e 870 nm, que compreende as ondas infravermelho (HAYASHI et al., 1982; GALL; ROBERT, 1999; PHONGJARUS et al., 2018), uma faixa de comprimento de ondas mais ampla, que as clorofilas presentes nas plantas não conseguem absorver (SOUNDARARAJAN et al., 2019).

Figura 5. Atividade fotossintética de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020.



Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CA = Caracterização; CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ = Aplicação de Paclobutrazol; MR = Maturação de ramos; IF = Indução floral; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

Houve aumento na atividade fotossintética para todos os tratamentos a partir de 60 dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DAPA), período em que ocorreu a aplicação de PBZ, até 90 DAPA, com destaque para os tratamentos com aplicação via fertirrigação + via foliar, T6 e T7, que apresentaram acréscimos de 30% e 35% aos 75 DAPA e 35% e 24% aos 90 DAPA, respectivamente, em relação à testemunha (T1), tratamento que apresentou as menores médias de fotossíntese (Figura 5). Este resultado sugere que, no período após a aplicação do PBZ, a aplicação dos tratamentos de forma parcelada em duas vias é mais eficiente no aumento da fotossíntese líquida do que a aplicação de uma dose mais elevada somente via fertirrigação. Aplicações apenas via fertirrigação podem sofrer maiores influências dos fatores bióticos e

abióticos, o que constitui uma desvantagem em relação à via foliar (PANDEY et al., 2013).

Orabi et al. (2010) verificaram que o PBZ pode influenciar indiretamente o aumento da fotossíntese líquida por reduzir a fotorrespiração por meio da menor atividade da enzima rubisco com oxigenase. Em mangueira 'Palmer' cultivada no Semiárido, a aplicação convencional de PBZ estimulou a atividade fotossintética resultando em aumento de 14% (SOUZA et al., 2016). O incremento da fotossíntese após a aplicação de PBZ é positivo, pois, com o incremento da atividade fotossintética há uma tendência de maior síntese e acúmulo de fotoassimilados pelas plantas durante a fase de maturação de ramos (PRASAD et al., 2014).

Aos 105 dias após a primeira aplicação dos tratamentos houve uma queda na atividade fotossintética, na qual não foi observada diferença entre os tratamentos analisados, embora o T2 tenha sido 14% superior à testemunha (Figura 5). O déficit hídrico, mesmo que parcial, resulta na alteração dos índices fotossintéticos, sendo retratado por Santos et al. (2014) que uma redução de 50% na lâmina de irrigação em mangueira no Vale do São Francisco pode causar danos significativos na produção devido à diminuição da fotossíntese.

Mudo et al. (2020) verificaram declínio no metabolismo fotossintético durante a fase de maturação de ramos para plantas de mangueira cv. Tommy Atkins sob a aplicação de bioestimulantes no Semiárido brasileiro, resultado semelhante ao deste trabalho. Assim como Lu et al. (2012) ao avaliarem fotossíntese líquida de cinco cultivares de mangueira no norte da Austrália, verificaram redução para esta variável na estação seca em comparação a estação chuvosa.

Aos 135 DAPA (fase de indução floral) observa-se um pico na fotossíntese líquida para todos os tratamentos, especificamente aos 15 dias após a 5ª aplicação. Nesta data, as plantas do T5 apresentaram média de fotossíntese de $33,76 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, consistindo em um incremento de 32,68% em relação à testemunha (T1) (Figura 5). Vale ressaltar que o T5, tratamento que possibilitou o alcance do maior índice fotossintético de todo o período avaliado, é o de a maior dose de bioestimulante com aplicação apenas via fertirrigação, o que

parece ter sido mais vantajoso para as plantas do que os tratamentos com aplicações por diferentes vias na fase de indução floral.

Após o pico fotossintético, aos 150 e 165 DAPA, não houve diferenças significativas, com redução na fotossíntese líquida até os 195 DAPA para todos os tratamentos (Figura 5), tendência característica da fase de floração plena para a mangueira cultivada no Semiárido (URBAN et al., 2008). Estes resultados diferem daqueles relatados por Mudo et al. (2020) que observaram aumento na fotossíntese líquida da pré-florada para a florada plena em mangueiras cv. Tommy Atkins cultivadas nas mesmas condições.

Na fase de frutificação, aos 210 DAPA, os tratamentos T5 e T6 apresentaram incremento na atividade fotossintética, com médias de 13,78 e 13,54 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que equivale a uma elevação de 25% (T5) e 22% (T6), respectivamente, em comparação ao tratamento controle (T1), enquanto os demais tratamentos permaneceram com taxas fotossintéticas inferiores e semelhantes às encontradas na data anterior, fase de floração plena (Figura 5).

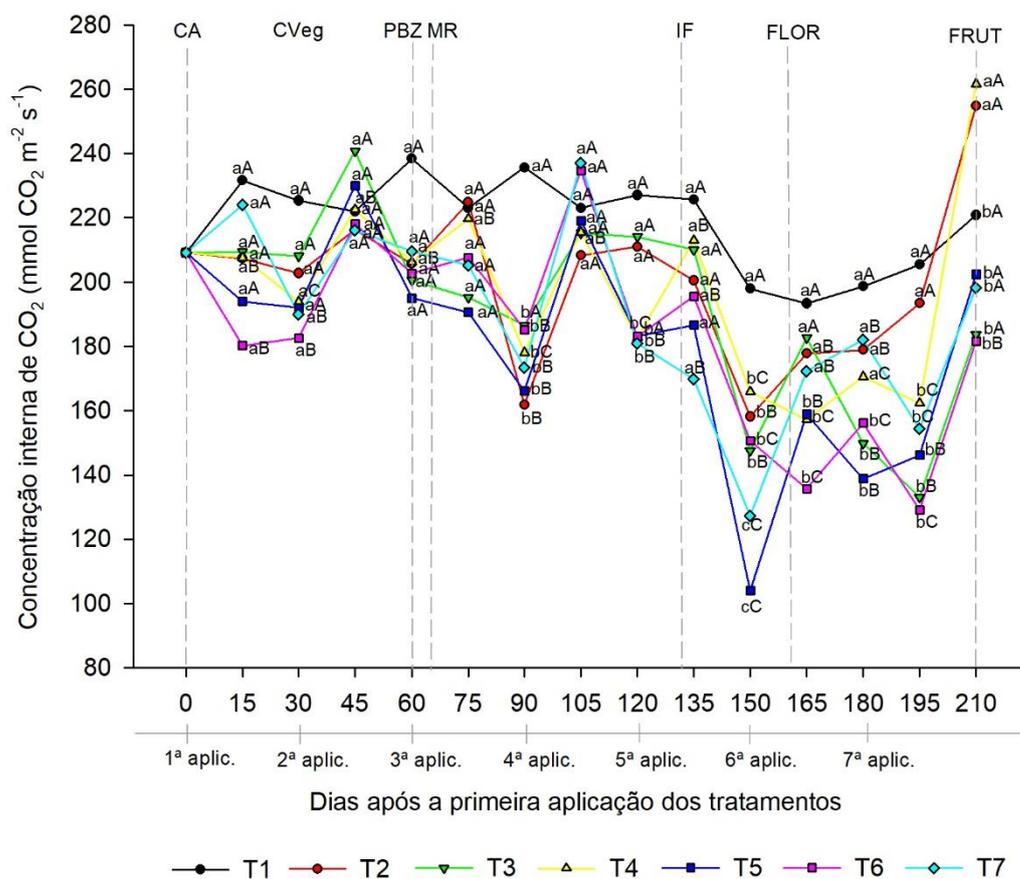
Os resultados observados no presente trabalho são semelhantes aos de Lu et al. (2012) que também registraram estabilização da fotossíntese na fase de frutificação mesmo com o retorno do suprimento de água, em cinco cultivares de mangueira, na Austrália. Em contrapartida, Silva (2019) utilizando ácido fúlvico e aminoácidos livres em mangueira cv. Keitt, cultivada no semiárido, verificou um declínio na fotossíntese líquida da fase de floração plena para a frutificação, comportamento diferente do encontrado neste estudo, que mostrou uma tendência de manutenção e estabilização da fotossíntese para quase todos os tratamentos.

Para todos os tratamentos, as maiores médias encontradas para fotossíntese líquida foi aos 135 DAPA (15 dias após a 5ª aplicação), seguida pelas avaliações aos 75, 90 e 150 dias após a primeira aplicação dos tratamentos. As menores médias foram observadas aos 195 dias após a primeira aplicação dos tratamentos, exceto pelo T2 (Figura 5).

Para concentração interna de CO_2 (C_i) (Figura 6), o T1 apresentou distribuição de dados praticamente constante, sendo este o único tratamento sem diferenças estatísticas dentre todas as datas avaliadas, com médias variando entre 193,34 e 238,35 $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Até 75 DAPA não houve diferenças

entre os tratamentos avaliados, registrando-se diferença aos 90 DAPA, quando T1 foi superior aos demais tratamentos, com média de $235,68 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, equivalendo a 31,35% acima do T2, que foi o menor valor encontrado nesta data.

Figura 6. Concentração interna de CO_2 de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE.2020.



Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CA = Caracterização; CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; IF = Indução floral; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1) Tratamento controle; T2) $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T3) $3,8 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T4) $5,7 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T5) $7,6 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T6) $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação + $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via foliar; T7) $3,8 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação + $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via foliar.

O CO_2 é um substrato primário para que o processo de fotossíntese ocorra, desta forma, a concentração de CO_2 disponível para as plantas têm efeito direto na taxa fotossintética, que tende a se elevar conforme a concentração deste gás aumenta na atmosfera (TAIZ et al., 2017). Entretanto, no presente trabalho, a maior C_i encontrada no T1 não refletiu em uma maior atividade fotossintética nas plantas deste tratamento (Figura 6), um comportamento semelhante ao

observado em mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no estado de Minas Gerais, Brasil (VIECCELLI et al., 2018).

A elevada concentração interna de CO₂ encontrada no T1 na maioria das avaliações pode ter ocorrido devido às plantas deste tratamento não utilizarem todo o substrato disponível para realizar a fotossíntese, sugerindo que a atividade fotossintética pode ter sido limitada por fatores bioquímicos, envolvendo o metabolismo de regeneração de enzimas que são consumidas no processo e que não são supridas na mesma velocidade (LAMBERS et al., 2008; TAIZ et al., 2017).

Aos 105 DAPA não houve diferenças entre os tratamentos, embora a média do T1 tenha sido quantitativamente inferior às médias dos tratamentos T6 e T7, ambos com aplicação via fertirrigação + via foliar. Por outro lado, na avaliação seguinte, aos 120 DAPA, os tratamentos T1, T3 e T6 foram superiores aos demais, com destaque para o T1 com aumento na *C_i* de 20% em relação ao T7, tratamento que apresentou a menor média nesta data de avaliação (Figura 6).

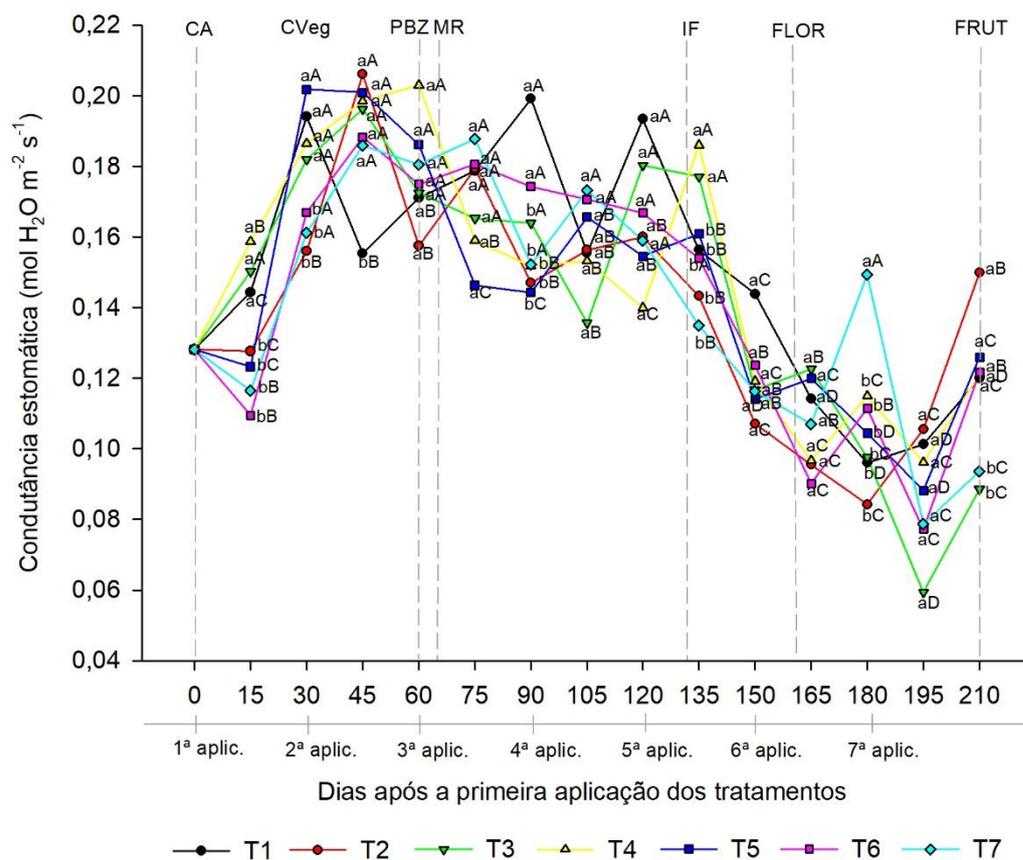
Durante as fases de indução floral e florada plena, o T1 se manteve superior a todos os outros tratamentos (Figura 6). Aos 150 DAPA, a média de *C_i* do T1 foi de 197,88 mmol m⁻² s⁻¹, o que consiste em 93,95 mmol m⁻² s⁻¹ acima da menor média (T5) encontrada nesta data e durante todas as avaliações. Entre 165 e 195 DAPA os T1 e T2 foram semelhantes, com aumento do T2 logo na fase de frutificação (210 DAPA), concomitantemente a uma queda no T1 nesta data, com diferença de 15% entre ambos. Nota-se que 30 dias após a 7^a aplicação (210 DAPA) os tratamentos T2 e T4, ambos via fertirrigação, atingiram os maiores valores de *C_i* entre todas as datas de avaliação, com médias de 254,73 e 261,63 mmol m⁻² s⁻¹, respectivamente.

Os baixos valores de concentração interna de CO₂ na maioria das datas de avaliação para os tratamentos que receberam o bioestimulante contendo a *R. palustris* se deve ao incremento na fotossíntese (Figura 5) provocado pela bactéria, ocasionando maior demanda e consumo deste substrato e, conseqüentemente, reduzindo a concentração interna de CO₂ nas folhas (LOPES; LIMA, 2015).

Quanto à variável condutância estomática (*g_s*) (Figura 7), verifica-se uma tendência semelhante para todos os tratamentos, que apresentam maiores

valores de g_s no período entre o crescimento vegetativo e a maturação de ramos, com um declínio iniciando na fase de indução floral até a floração plena, voltando a elevar-se na fase de frutificação.

Figura 7. Condutância estomática de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina - PE. 2020.



Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CA = Caracterização; CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; IF = Indução floral; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1) Tratamento controle; T2) $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T3) $3,8 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T4) $5,7 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T5) $7,6 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T6) $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação + $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via foliar; T7) $3,8 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação + $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via foliar.

Aos 15 DAPA, T1, T3 e T4 apresentaram superioridade com g_s de 0,14, 0,15 e $0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Os menores valores de condutância estomática encontrados nesta data foram para os tratamentos T6 e T7, ambos com aplicação via pulverização + via fertirrigação, com redução de 24% e 19%, respectivamente, em comparação com a testemunha (T1) (Figura 7).

Aos 30 DAPA ocorreu a elevação da g_s para todos os tratamentos em relação à data de avaliação anterior, registrando-se as maiores médias nas

plantas dos tratamentos T1, T3, T4 e T5, com valores de 0,19, 0,18, 0,19 e 0,20 mol m⁻² s⁻¹, respectivamente. Adicionalmente, aos 45 DAPA houve queda na *gs* das plantas do T1, que foi inferior aos demais, especialmente em relação ao T2, melhor tratamento desta data com incremento de 33% em relação ao T1. Não se observaram diferenças entre os tratamentos aos 60 e 75 DAPA, período que ocorreu a aplicação de PBZ e deu-se início à fase de maturação de ramos. Aos 90 DAPA, trinta dias após a aplicação do PBZ, apenas as plantas dos tratamentos T1 e T6 apresentaram valores superiores de *gs*, 0,20 e 0,17 mol m⁻² s⁻¹, respectivamente (Figura 7).

Aos 105 e 120 DAPA não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao *gs*. Nestas datas deu-se início a redução da lâmina hídrica, que ocorre desde o período de maturação de ramos até a fase indução floral da cultura da mangueira no Semiárido. As avaliações aos 135 e 150 DAPA ocorreram na fase de indução floral, e houve diferenças entre os tratamentos apenas na primeira data citada, na qual os tratamentos T3 e T4 foram superiores a testemunha, com aumentos de 13% e 19%, respectivamente (Figura 7).

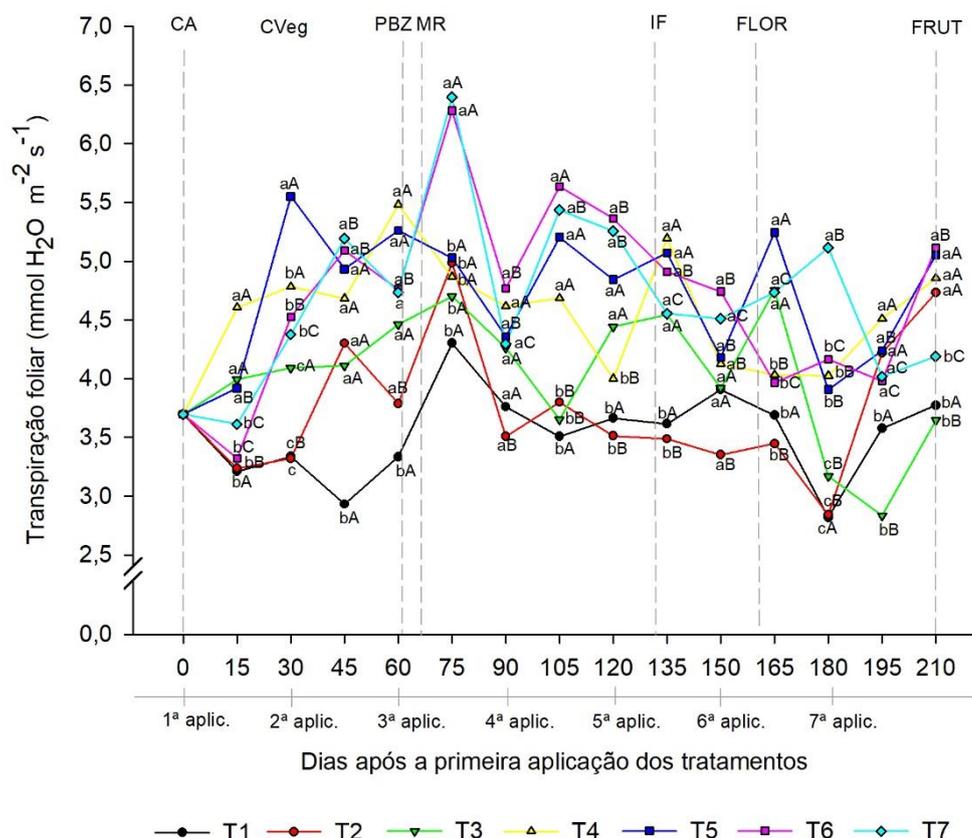
Durante a fase de floração plena foram realizadas três avaliações, não havendo diferenças entre os tratamentos aos 165 e 195 DAPA. A fase de floração plena ocorreu entre os meses de novembro e dezembro, período caracterizado por temperaturas mais elevadas na região do Vale do São Francisco (Figura 1). Nesta fase, houve redução na *gs* (Figura 7) e na concentração interna de CO₂ (Figura 6) para todos os tratamentos, o que pode ter ocorrido em função das temperaturas elevadas, provocando a diminuição do fluxo normal de CO₂ em direção ao sítio de carboxilação, consistindo em um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese (Figura 5) e pelo aumento da fotorespiração (SANTOS et al., 2014; CHEN et al., 2016).

No entanto, tenha ocorrido diferença na avaliação aos 180 DAPA, fase de floração plena, com uma elevação de 55% da *gs* nas plantas do T7, que possui aplicação parcelada via fertirrigação + via foliar e dose total inferior ao T5. Este resultado demonstra que a aplicação parcelada proporcionou um maior conforto para as plantas deste tratamento, permitindo que, mesmo em situação de estresse por elevadas temperaturas, as plantas mantivessem seus estômatos abertos.

Aos 210 DAPA, fase de frutificação, os tratamentos T1, T2, T4, T5 e T6 foram semelhantes entre si e superiores a T3 e T7. O T2 apresentou a maior média de condutância estomática (Figura 7) com aumento de 25% em relação à testemunha, o que certamente influenciou o aumento de 15% da concentração interna de CO₂ na mesma data (Figura 6). Uma elevação de 25% na *g_s* de manga cv. Palmer cultivada no Semiárido, durante a fase de frutificação, foi relatada por Souza et al. (2016).

Para a variável transpiração (Figura 8), os tratamentos T1 e T2 apresentaram tendência inferior em comparação aos outros tratamentos até 180 DAPA. O T1 é o tratamento controle e o T2 é o tratamento com a menor dose via fertirrigação.

Figura 8. Transpiração foliar de mangaieira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina - PE. 2020.



Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CA = Caracterização; CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

Estes resultados demonstram que as plantas dos tratamentos T1 e T2 perderam menos água durante o ciclo produtivo, resultado que pode não ser interessante já que o processo de transpiração ocorre quando há abertura estomática e entrada de água pelo sistema radicular que, por consequência, influencia a absorção de nutrientes pelas raízes para manter o metabolismo vegetal (TAIZ et al., 2017).

Aos 15 DAPA, a transpiração das plantas submetidas aos tratamentos T3, T4 e T5, que possuem as doses de aplicação via fertirrigação, foram superiores, com incremento de 24%, 43% e 22%, respectivamente; aos 30 DAPA, apenas o T5 permaneceu com valores acima dos demais tratamentos, com uma diferença de 66% em relação à testemunha (T1) (Figura 8). Os tratamentos T4 e T5, caracterizados pelas maiores doses do insumo, mas com fornecimento apenas via fertirrigação (5,7 e 7,6 L ha⁻¹), apresentaram maior influência na transpiração das plantas no início da fase de crescimento vegetativo em comparação a doses menores ou parceladas em duas vias de aplicação.

Nas avaliações realizadas aos 45 e 60 DAPA, fase de crescimento vegetativo, todos os tratamentos que receberam aplicações com o bioestimulante foram semelhantes entre si, diferindo da testemunha que apresentou a menor média de transpiração (Figura 8). Durante o período supracitado, o uso do bioestimulante, independente da dose ou via de aplicação, influenciou tanto a transpiração (Figura 8) quanto na maior atividade fotossintética (Figura 5), processos vitais para a absorção de nutrientes e síntese de fotoassimilados demandados para o crescimento e desenvolvimento vegetativo das plantas (TAIZ et al., 2017; YAHIA et al., 2019).

No início da fase de maturação de ramos, avaliação aos 75 DAPA (Figura 8), houve acréscimo na transpiração das plantas dos tratamentos que possuem aplicação do bioestimulante via foliar + fertirrigação, T6 e T7, atingindo as maiores médias verificadas dentre todas as datas de avaliação. Nesta ocasião, a testemunha apresentou a menor média de transpiração foliar, consistindo em diferenças de 46% e 48% em comparação ao T6 e T7, respectivamente. Plantas com elevada transpiração foliar tendem a acumular mais solutos para manutenção do turgor das células (TAIZ et al., 2017), o que pode beneficiar o processo de maturação dos ramos.

Para a transpiração não houve diferença entre os tratamentos aos 90 DAPA, mas, por outro lado, nas avaliações seguintes, aos 105 e 120 DAPA, os tratamentos T5, T6 e T7 apresentaram os maiores valores de transpiração foliar (Figura 8). Durante essas datas de avaliação, as plantas se encontravam em condições de estresse causado pela redução de lâmina hídrica, que é um período previsto durante a fase de maturação de ramos. Percebe-se que os tratamentos com transpiração mais elevada foram aqueles que foram tratados com aplicação combinada via foliar + via fertirrigação (T6 e T7), e o tratamento com a maior dose de bioestimulante aplicado via fertirrigação (T5).

Desde a indução floral até a metade da fase de floração plena, os tratamentos T1 e T2 foram inferiores aos demais quanto a transpiração, com destaque para T2, tratamento com menor dose de bioestimulante aplicado somente via fertirrigação, que apresentou as menores médias em todo o período supracitado (Figura 8). As plantas dos tratamentos supracitados diminuíram o metabolismo fotossintético e transpiratório para garantir uma boa eficiência instantânea do uso da água e, conseqüentemente, para que pudessem tolerar o período de indução floral e floração plena, fases que demandam muita energia.

Na avaliação aos 135 DAPA, fase de indução floral, houve incremento de 26%, 44%, 40%, 36% e 26% na transpiração das plantas dos tratamentos T3, T4, T5, T6 e T7, respectivamente, em comparação com a testemunha (T1), demonstrando que doses mais elevadas do produto tem ação mitigadora rápida contra os estresses ambientais, promovendo manutenção das trocas gasosas e maior conforto as plantas em fases que demandam um maior gasto energético. O mesmo comportamento não foi observado para o tratamento T2, que possui a menor dose do bioestimulante aplicado via fertirrigação (Figura 8).

Aos 165 DAPA, início da floração plena, houve diferença para transpiração foliar entre os tratamentos, sendo T3, T5 e T7 os que obtiveram maiores médias de transpiração foliar. O aumento verificado para estes tratamentos foi de 29%, 42% e 28%, respectivamente, em relação ao T1. Apenas o T7 permaneceu superior aos demais na avaliação seguinte, aos 180 DAPA, com uma diferença de 82% em relação à testemunha (Figura 8).

A partir dos 195 DAPA a transpiração foliar foi incrementada nas plantas do tratamento T2, comportamento diferente do verificado nas avaliações

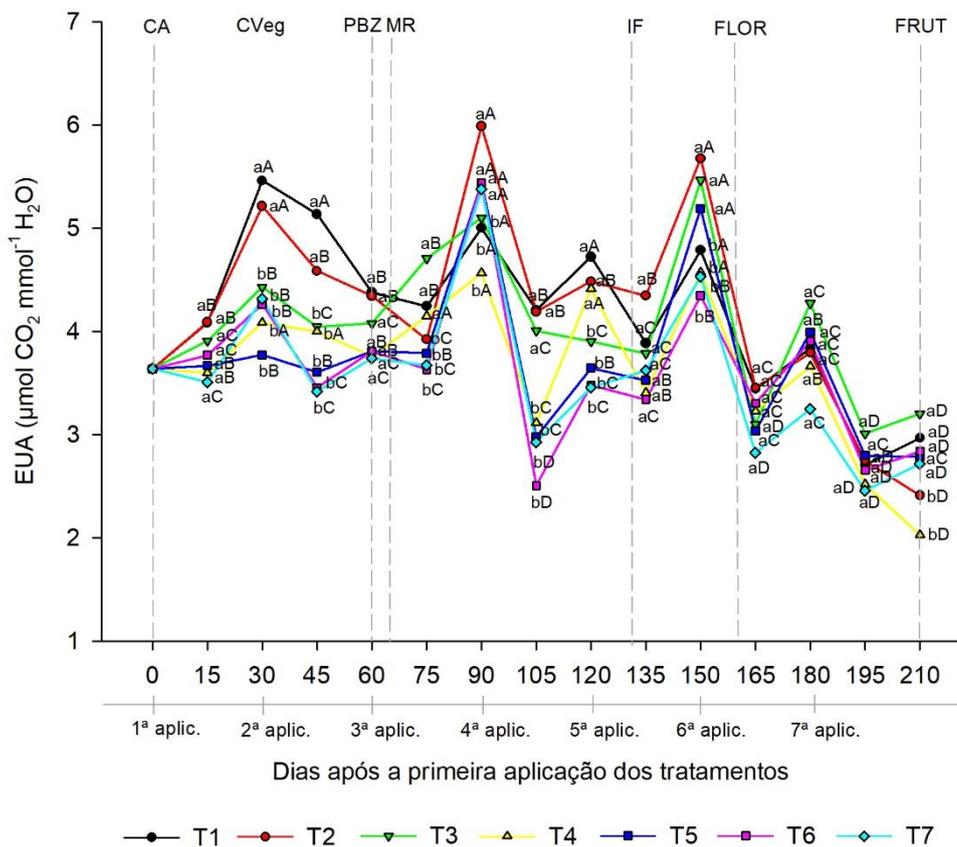
anteriores, evidenciando sua ação tardia. Nesta data, o T2 se equiparou aos tratamentos T4, T5, T6 e T7, diferindo do T1 e T3 (Figura 8). Na data subsequente, aos 210 DAPA, fase de frutificação, os tratamentos T2, T4, T5 e T6 foram semelhantes entre si e superiores aos demais tratamentos. Em ambas as datas acima mencionadas, o tratamento T3 obteve as menores médias de transpiração, com valores 21% e 3% inferiores ao T1 para as avaliações aos 195 e 210 DAPA, respectivamente (Figura 8).

Faria et al. (2016) avaliando mangueira cv. Tommy Atkins na região Semiárida reportaram intervalo de transpiração entre 1,23 e 2,87 mmol de H₂O m² s⁻¹, em função do manejo da irrigação, resultados semelhantes aos de mangueiras produzidas em diferentes regiões agroclimáticas da Índia, que atingiram médias entre 1,19 e 2,43 mmol de H₂O m² s⁻¹ (RYMBAI et al. 2014). Por outro lado, Mudo et al. (2020) observaram valores de transpiração entre 0,5 e 4 mmol de H₂O m² s⁻¹ em mangueira 'Tommy Atkins' cultivada em região Semiárida. Comparativamente, estes estudos apresentaram valores de transpiração inferiores aos encontrados neste trabalho, que obteve médias entre 2,81 e 6,40 mmol de H₂O m² s⁻¹.

No que concerne a eficiência instantânea do uso da água (EUA) (Figura 9), verifica-se que os tratamentos T1 e T2 foram superiores aos demais durante a fase de crescimento vegetativo, com aumento acentuado da eficiência instantânea do uso da água pelas plantas do T1 e T2 nas avaliações aos 30 e

45 DAPA. Logo após este período, os tratamentos se equiparam, não havendo diferenças estatísticas aos 60 DAPA.

Figura 9. Eficiência instantânea do uso da água de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina - PE. 2020.



Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CA = Caracterização; CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação.

T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

Na avaliação realizada aos 75 DAPA, aproximadamente 15 dias após a aplicação do PBZ e fase de maturação de ramos, as plantas do tratamento controle (T1) apresentaram uma média semelhante àquelas observadas na data anterior, e ocorreu a elevação do EUA para os tratamentos T3 e T4, que não diferiram da testemunha (Figura 9).

Ainda na fase de maturação de ramos, a avaliação aos 30 dias após a 3ª aplicação, houve aumento da EUA para todos os tratamentos, com destaque para o T2 que obteve a maior média em todas as datas de avaliação. Aos 90

DAPA, o aumento da eficiência instantânea do uso da água para T2 em relação à testemunha (T1) foi de 20%, em seguida os tratamentos T5, T6 e T7, com incrementos de 9%, 9% e 7,5% em comparação com a testemunha, respectivamente (Figura 9).

Aos 105 e 120 DAPA, nota-se superioridade dos tratamentos T1, T2 e T3 e para os tratamentos T1, T2 e T4, respectivamente, com relação ao EUA. Vale salientar que durante as datas supracitadas, as plantas encontravam-se em período de lâmina hídrica reduzida. As plantas dos tratamentos T1 e T2 apresentaram médias de condutância estomática semelhantes aos outros tratamentos (Figura 7), e mesmo assim, transpiraram menos (Figura 8) e foram mais eficientes no uso da água (Figura 9). A redução da transpiração, ou seja, a resistência à saída de água por difusão, é um mecanismo utilizado pelas plantas para garantir a sobrevivência em condições de estresse hídrico (RYAN, 2011; FERRAZ et al., 2012), e que aumenta a eficiência instantânea do uso da água.

Os tratamentos não diferiram entre si no início da indução floral (135 DAPA), havendo uma elevação da eficiência do uso na água na avaliação seguinte (150 DAPA). Nesta data, as plantas dos tratamentos T2, T3 e T5, todos com aplicação via fertirrigação, foram mais eficientes no uso da água em comparação a testemunha, com diferenças de 19%, 14% e 8%, respectivamente (Figura 9).

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos nas fases de floração plena e frutificação quanto à eficiência instantânea do uso da água (Figura 9). Neste estudo, a maior média de EUA foi alcançada pelas plantas do T2 na fase de maturação de ramos (90 DAPA), com valor de 5,99 μmol de CO_2/mmol de H_2O ; enquanto a menor média foi de 2,03 μmol de CO_2/mmol de H_2O para as plantas do T4 na fase de frutificação. Estes resultados diferem dos de Faria et al. (2016) que obtiveram médias entre 0,92 e 4,35 μmol de CO_2/mmol de H_2O ; e dos resultados de Mudo et al. (2020) que encontraram a maior média de EUA na fase de floração plena, com valor de 3,17 μmol de CO_2/mmol de H_2O , ambos os autores avaliando a eficiência instantânea do uso da água em mangueira 'Tommy Atkins' no Semiárido.

Conforme a análise de variância (Tabela 3), houve efeito dos fatores isolados para os índices de clorofila *a*, e interação entre os fatores tratamentos

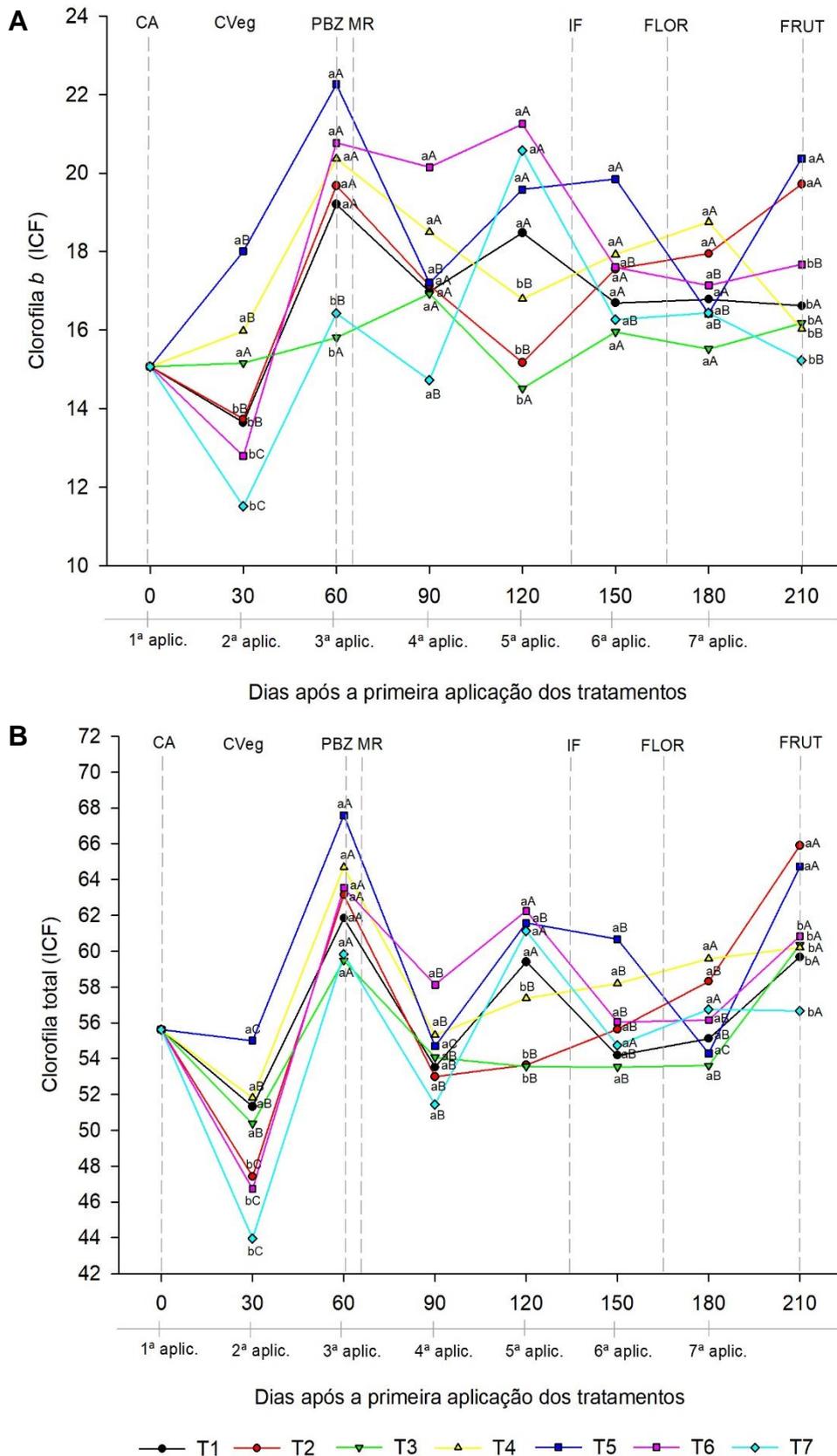
e datas de avaliação para os índices de clorofila *b* e clorofila total (Figura 10 A e B). Ao se analisar o índice de clorofila *a* (Tabela 3), nota-se que os tratamentos T4 e T5, ambos com as maiores doses de aplicação via fertirrigação (150% e 200%), foram superiores aos demais, com médias de 40,42 e 40,67 ICF, respectivamente.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os índices de clorofila *a*, *b* e total de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina - PE. 2020

FV	Índice de clorofila		
	<i>a</i>	<i>b</i>	total
Tratamentos (T)			
Valor 'F'	2,421*	7,541**	5,233**
T1	39,65 b	16,68 c	56,34 b
T2	39,58 b	17,00 b	56,58 b
T3	39,44 b	15,64 c	55,08 b
T4	40,42 a	17,43 b	57,85 a
T5	40,67 a	18,60 a	59,27 a
T6	39,61 b	17,80 b	57,41 a
T7	39,24 b	15,78 a	55,02 b
Dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DAPA)			
Valor 'F'	67,777**	14,044**	33,755**
0	40,56 b	15,07 c	55,63 c
30	35,12 e	14,40 c	49,52 d
60	43,66 a	19,21 a	62,87 a
90	36,93 d	17,37 b	54,31 c
120	40,36 b	18,05 b	58,42 b
150	38,74 c	17,40 b	56,15 c
180	39,26 c	17,00 b	56,26 c
210	43,79 a	17,40 b	61,19 a
T x DAPA			
Valor 'F'	1,433 ^{ns}	2,054**	1,669**
CV (%)	4,20	11,80	5,75

FV: Fontes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; **: significante ($p < 0,01$); *: significante ($p < 0,05$); ns: não significante; CV%: Coeficiente de variação. Dias após a primeira aplicação dos tratamentos. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar. Os valores de 0 dias após a primeira aplicação são referentes a avaliação preliminar dos experimentos.

Figura 10. Índice de clorofila *b* (A) e clorofila total (B) de mangaieira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina - PE.2020.



Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

Elevados índices de clorofila *a* são de suma importância devido à função que esta molécula desempenha no cloroplasto. Adicionalmente, as clorofilas *a* e *b* são pigmentos fotossintéticos que diferem entre si pelo espectro de absorção em que são capazes de capturar a luz, e estão diretamente relacionadas ao processo fotossintético das culturas (SONG et al., 2020).

As clorofilas *a* e *b* são responsáveis pela absorção da radiação solar, porém, apenas a clorofila *a* pode transferir a energia coletada para centros de reação, que são os locais onde ocorrem as reações químicas de oxidação (Fotólise da água) e redução (Formação de NADPH) (TAIZ et al., 2017). Desta forma, baixos níveis de clorofila *a* limitam a transferência de energia para os centros de reação, reduzindo a capacidade fotossintética da planta.

Aos 30 DAPA houve redução nos índices de clorofila *a* (Tabela 3), *b* e total (Figura 10 A e B), sendo que para as clorofilas *b* e total o T5 apresentou os melhores índices, com médias 32% e 7% acima do T1, respectivamente. Os baixos índices de clorofilas encontrados nesta data são em decorrência do período de crescimento vegetativo, quando houve emissão do segundo fluxo vegetativo, o qual ainda não tinha atingido a completa expansão e maturação das folhas.

Aos 60 DAPA, houve elevação do índice das clorofilas *a* (Tabela 3), *b* e total (Figura 10 A e B). Nesta data, os tratamentos T4, T5 e T6 foram significativamente melhores que os demais para clorofila *b*, ressaltando que as plantas dos T4 e T5 receberam as maiores doses de bioestimulante via fertirrigação, e foram 15% e 16% superiores ao T1; o tratamento T6, que possui aplicação via fertirrigação + via foliar, foi 15% superior a testemunha. Embora para clorofila total não tenham sido observadas diferenças entre os tratamentos avaliados, vale ressaltar que os tratamentos T4, T5 e T6 também atingiram os melhores índices, com médias de 64,69, 67,58 e 63,53 ICF, respectivamente.

Os fluxos vegetativos necessitam de um período de aproximadamente 30 dias para atingirem a completa expansão e desenvolvimento, e, desta forma,

adquirir a cor verde-escuro e concentrando mais pigmentos fotossintéticos. No período de crescimento vegetativo da mangueira, há a aplicação de magnésio, nutriente integrante da molécula de clorofila e ativador de enzimas (BORGES; SILVA, 2002; TAIZ et al., 2017), portanto, isso explica o aumento nos teores destes pigmentos aos 60 DAPA.

Observa-se decréscimo nos índices de clorofila *a* (Tabela 3), *b* e total (Figura 10 A e B) no período de maturação de ramos (90 DAPA). Apenas a clorofila *b* foi significativamente diferente, com os menores resultados para os tratamentos T3, que possui aplicação do bioestimulante somente via fertirrigação, e T7 com aplicação parcelada via fertirrigação + via foliar.

Aos 120 DAPA, período de redução de lâmina hídrica da fase de maturação de ramos, houve incremento nos índices de clorofila *a*, *b* e total (Figura 10 A e B), com diferenças significativas apenas para clorofila total. Conforme a Figura 10, os tratamentos T1, T5, T6 e T7 foram superiores aos demais quanto ao índice de clorofila total, com médias de 59,40; 61,56; 62,24 e 61,12; respectivamente. As moléculas de clorofila têm sido descritas como tolerantes ao estresse hídrico (HOSSEINZADEH et al., 2016), comportamento observado durante a fase de maturação de ramos, em que, mesmo com a redução da disponibilidade hídrica para as plantas, houve elevação dos índices de clorofilas.

Faria et al. (2016), estudando diferentes manejos de irrigação em mangueira cv. Tommy Atkins cultivada em clima Semiárido, verificaram índices máximos de 36,23, 15,12 e 51,35 para clorofila *a*, *b* e total, respectivamente, portanto inferiores aos obtidos no presente trabalho, com a aplicação de bioestimulante contendo *R. palustris*.

A *R. palustris* é uma bactéria que possui capacidade de produzir ácido aminolevulínico (ácido 5-aminolevulínico), que é um aminoácido precursor da síntese de porfirinas, que é o anel que compõem a clorofila (HOTTA et al., 1997). Nunikaew et al. (2014) reportaram que a produção do ácido aminolevulínico pelas *R. palustris* promove incremento nos índices de clorofila total em plantas de arroz cultivadas sob estresse salino. Em complemento, Ge et al. (2017) apontam que o tratamento com *R. palustris*, em mudas de pepino expostas a diferentes concentrações de cádmio, aumentou significativamente o teor total de clorofila.

Nas avaliações realizadas aos 150 e 180 DAPA, os índices de clorofila *a* (Tabela 3), *b* e total (Figura 10 A e B) não foram afetados pelos tratamentos, mas houve aumento dos valores médios aos 210 DAPA, com diferença apenas para os índices de clorofila total. Nesta última avaliação, os tratamentos T2 e T5, ambos com aplicação via fertirrigação, apresentaram os maiores valores de clorofila total, superiores em 10% e 8% ao tratamento controle (T1).

Houve interação significativa entre os tratamentos e as datas de avaliação na atividade da enzima nitrato redutase (aNR), tanto em folhas como em raízes (Tabela 4). A nitrato redutase é a enzima chave do ciclo do nitrogênio, sendo a primeira na cadeia de reações do ciclo, catalisando a redução do nitrato (NO₃-) a nitrito (NO₂-), que depois será reduzido a amônia (NH₃+), e translocado via xilema para utilização pela planta (SANTOS, 2019).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para atividade da enzima Nitrato redutase em folhas e em raízes de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina - PE. 2020.

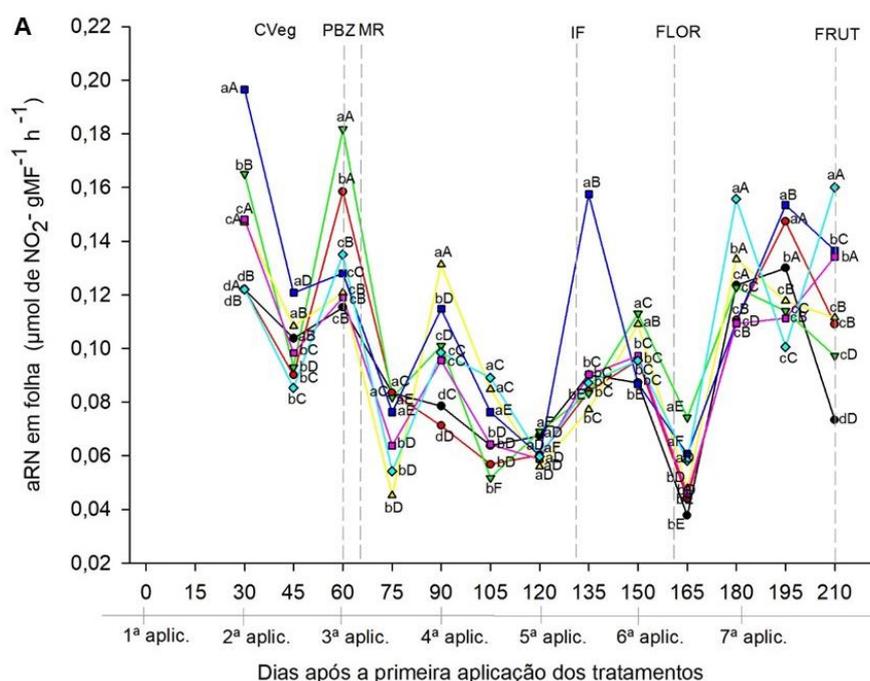
FV	Atividade da enzima nitrato redutase	
	Foliar	Radicular
	Tratamentos (T)	
Valor 'F'	23,296**	19,111**
T1	0,090 d	0,095 b
T2	0,094 d	0,089 c
T3	0,104 b	0,094 b
T4	0,099 c	0,091 c
T5	0,114 a	0,097 b
T6	0,095 d	0,084 d
T7	0,100 c	0,104 a
	Dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DAPA)	
Valor 'F'	189,491**	264,675**
30	0,145 a	0,087 d
45	0,100 e	0,151 a
60	0,137 b	0,105 b
75	0,070 f	0,094 c
90	0,099 e	0,106 b
105	0,070 f	0,064 f
120	0,062 g	0,043 h
135	0,096 e	0,075 e
150	0,098 e	0,080 e
135	0,053 h	0,058 g
180	0,124 c	0,089 d
195	0,125 c	0,151 a
210	0,117 d	0,111 b
	T x DAPA	
Valor 'F'	10,931**	9,121**
CV (%)	11,40	11,18

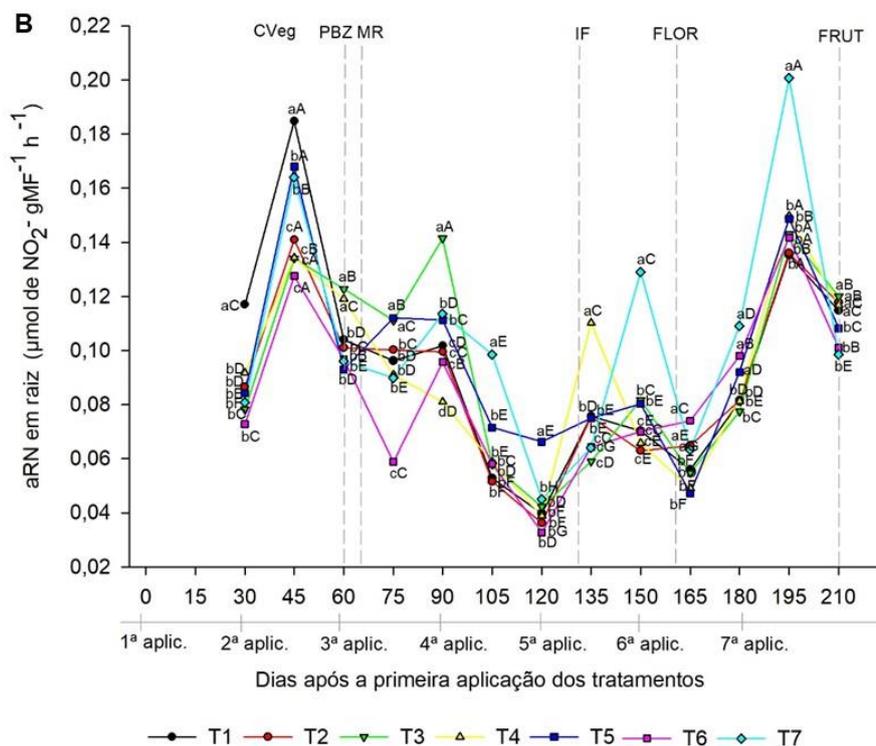
FV: Fontes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; **: significante ($p < 0,01$); *: significante ($p < 0,05$); ns: não significante; CV%: Coeficiente de variação. Dias após a primeira aplicação dos tratamentos. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via

fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar. Os valores de 0 dias após a primeira aplicação são referentes a avaliação preliminar dos experimentos.

É possível observar uma distribuição de dados semelhante para todos os tratamentos, com um pico da atividade da enzima nas folhas aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos, exceto no T1 (Figura 11A). Nota-se que aos 30 DAPA houve diferença entre os tratamentos para aRN na folha (Figura 11A), com destaque para o T5, com média de 0,20 $\mu\text{mol de NO}_2^- \text{ g}^{-1}\text{MF h}^{-1}$, com um incremento de 66% em relação à testemunha. Os tratamentos T1, T2 e T7 não diferiram entre si, apresentando as menores médias da data avaliada, com média de 0,12 $\mu\text{mol de NO}_2^- \text{ g}^{-1}\text{MF h}^{-1}$. Na mesma avaliação, para aRN na raiz (Figura 11B), houve diferença entre os tratamentos, entretanto, todas as plantas que receberam tratamento com bioestimulante reduziram a atividade da enzima na raiz.

Figura 11. Atividade da enzima Nitrato redutase em folhas (A) e raízes (B) de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE.





Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

O tratamento com maior dose de aplicação via fertirrigação (T5) também apresentou a maior atividade fotossintética aos 30 DAPA (Figura 11B). O regime de irradiância influencia na atividade da enzima, de modo que no período de maior radiação fotossinteticamente ativa, a redução do nitrato é maior nas folhas em relação às raízes, e quando há redução na radiação, a aRN fica mais concentrada na raiz (CARELLI; FAHL, 2006).

Aos 45 DAPA observa-se uma queda na atividade da enzima no tecido foliar concomitantemente ao aumento da aRN nas raízes. Nesta data, os tratamentos T4 e T5 apresentam a maior aRN nas folhas (Figura 11A), enquanto o T1 se diferenciou dos demais tratamentos, com a maior aRN nas raízes (Figura 11B). A maior atividade da enzima nitrato redutase nas raízes do T1 pode não ser vantajosa, pois para que a redução do nitrato e incorporação do nitrogênio em aminoácidos ocorra em tecidos não fotossintetizantes é necessário a translocação da sacarose sintetizada no tecido foliar para o fornecimento de

esqueletos de carbono e energia demandados no processo (TURPIN et al., 1991; OAKS, 1994).

Devido a essa necessidade de importação de carboidratos, a redução de uma molécula de nitrato no tecido radicular consome mais energia do que quando este mesmo processo ocorre nas folhas, de forma que, quando o nitrato é reduzido nas raízes o consumo de energia é equivalente à absorção de 35 fótons, enquanto nas folhas é de apenas 20 fótons, constituindo em uma vantagem energética a redução do nitrato no tecido foliar (SCHRADER, 1984; MARTUSCELLO et al., 2016).

Aos 60 DAPA novamente ocorreu elevação da atividade enzimática nas folhas, comportamento que se repete sempre aos 30 dias após cada aplicação, exceto aos 120 DAPA. A bactéria parece exercer uma maior influência na aRN das folhas devido ao incremento das taxas fotossintéticas das plantas, que são fundamentais para o aumento da atividade da enzima (HUNTER; RUFFNER, 1997). Aos 60 DAPA, o T3 apresentou superioridade tanto em folha quanto em raiz, com elevação de 57% e 17%, respectivamente, em relação à testemunha (T1) (Figura 11 A e B).

Na avaliação realizada aos 15 dias após a aplicação do PBZ (60 DAPA), verifica-se redução na aRN das folhas (75 DAPA) e estabilização da atividade da enzima nas raízes. Nesta data, os tratamentos T1, T2, T3 e T5 foram superiores aos demais no tecido foliar; e os tratamentos T3 e T5 foram superiores aos outros tratamentos quanto a aRN das raízes. O efeito da aplicação de PBZ via fertirrigação na atividade da redutase do nitrato em folhas e raízes de mangueira cv. Palmer foi observado por Souza et al. (2016), que verificaram uma maior atividade no sistema radicular, semelhante ao que foi observado 15 dias após a aplicação de PBZ neste estudo.

Com 90 DAPA (30 dias após a 3ª aplicação), registrou-se elevação da aRN nas folhas para quase todos os tratamentos, com exceção de T1 e T2. Nesta avaliação, o T4, que possui aplicação via fertirrigação, diferiu dos demais tratamentos, com uma elevação de 67% em relação ao T1. Cabe pontuar que nesta data o T1 apresentou a menor média de fotossíntese em comparação aos outros tratamentos avaliados (Figura 5).

Nota-se que aos 105 e 120 DAPA ocorreu redução da aRN tanto em folha quanto em raiz (Figura 11 A e B), assim como diminuição da atividade fotossintética para todos os tratamentos. Durante este período, as plantas encontravam-se sob estresse hídrico, que é adotado durante o manejo de indução floral no Semiárido a fim de estimular a produção de etileno, responsável por auxiliar na diferenciação de gemas e na uniformidade da floração (DAVENPORT, 2007; CAVALCANTE et al., 2018). Desta forma, plantas submetidas à limitação hídrica tendem a fechar os estômatos, reduzindo o fluxo de água pela corrente transpiratória e, conseqüentemente, a absorção de nitrato, que é o substrato da enzima nitrato redutase (SANTOS, 2010; OLIVEIRA et al., 2011).

Nas avaliações realizadas aos 135 e 150 DAPA, as plantas estavam na fase de indução floral, que inclui a aplicação de nitratos com a função de estimular a brotação depois do período de maturação dos ramos. Os nitratos utilizados para indução são principalmente o de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$ e o de potássio (KNO_3), que são aplicados via foliar, nas concentrações de 1,5% a 2% e de 2% a 4%, respectivamente (MOUCO, 2015).

Com a pulverização dos nitratos houve aumento na aNR principalmente nas folhas, em relação a data de avaliação anterior (120 DAPA). Aos 135 DAPA, no tecido foliar, a maior aNR ocorreu nas plantas do T5, com uma superioridade de 74% (Figura 11A), enquanto no tecido radicular, o maior aumento foi verificado para o T4 com 46%, ambos em comparação com o T1 (Figura 11B).

Com o avanço das avaliações até os 150 DAPA, ainda na fase de indução floral, a aNR na folha foi maior para os tratamentos T3 e T4, com incrementos de 29% e 25% em relação ao T1 (Figura 11A); nas raízes, a maior aRN foi observada para o T7, com uma elevação de 84% em comparação com a testemunha (T1) (Figura 11B). A nitrato redutase é uma enzima chave na via de assimilação de nitrato para a síntese de aminoácidos, como a metionina, precursor do etileno que é o hormônio indutor da diferenciação das gemas florais da mangueira (SUDHA et al., 2012; COUTINHO et al., 2016; ANUSUYA et al., 2018).

Com o início da floração, aos 165 DAPA, ocorreu uma queda na aRN, principalmente nas folhas, com superioridade dos tratamentos T3, T5 e T7 na

atividade da enzima na folha, com uma diferença de 96%, 61% e 54% em comparação a testemunha (T1), que atingiu o menor valor dentre todos os outros tratamentos e datas de avaliação (Figura 11A). Nas raízes, a aRN foi superior para os tratamentos T2, T6 e T7 com incrementos de 15%, 32% e 12%, respectivamente, em comparação com a testemunha (Figura 11B). Vale salientar que nesta data (165 DAPA) a atividade fotossintética foi inferior para os tratamentos T1 e T2 (Figura 5), o que pode influenciar na menor aRN.

A redução da aNR no início da floração pode ter ocorrido em decorrência da maior quantidade de energia que é disponibilizada para a formação de panículas e frutos, que são drenos mais fortes que as folhas e raízes durante esta fase (LU et al., 2012; TAIZ et al., 2017). Além disso, o teor de nitrogênio é maior na fase de indução floral, enquanto na floração encontram-se os teores mais baixos (NASCIMENTO et al., 2005).

Com o avanço da floração, nas avaliações aos 180 e 195 DAPA, houve incremento na aNR tanto em folha quanto em raiz. Aos 180 DAPA, o T7, tratamento que possui aplicação via foliar + via fertirrigação, foi 26% superior em comparação ao T1 na aRN da folha; nas raízes, os tratamentos T5, T6 e T7 apresentaram aumento de 13%, 20% e 34%, respectivamente, em relação à testemunha (T1). Na avaliação seguinte, 195 DAPA, aponta-se uma superioridade para os tratamentos T2 e T5, ambos com aplicações apenas via fertirrigação, na aRN da folha, com aumento de 13% e 18% em relação a testemunha (T1) (Figura 11A); na raiz, houve uma maior atividade da enzima nas plantas do T7, com incremento de 48% em comparação ao tratamento controle (T1) (Figura 11B).

Na fase de frutificação, aos 210 DAPA, houve diferença na aNR em ambos tecidos avaliados, com uma elevação de 118% na aRN em folha para o tratamento T7 em comparação com a testemunha. Vale salientar que este foi o maior aumento verificado entre um tratamento e a testemunha dentre todas as datas avaliadas, sendo o T7 composto por aplicação via foliar e via fertirrigação, o que pode ter favorecido a maior atividade da enzima nas folhas deste tratamento.

Ainda aos 210 DAPA, a atividade da enzima na raiz apresentou-se superior para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, diferindo dos demais (Figura 11B). Todos

os tratamentos que apresentaram maior atividade da enzima na raiz possuem aplicação exclusivamente via fertirrigação, exceto pelo T1 que é a testemunha controle. Ainda, o tratamento com maior aplicação via fertirrigação (T5) não se mostrou superior para aRN em nenhum dos tecidos avaliados, aos 210 DAPA, o que sugere que a aplicação de uma menor dose via fertirrigação somada a uma dose via foliar é mais eficiente que uma alta dose de bioestimulante aplicado somente via fertirrigação na fase de frutificação.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Há efeito de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* nas trocas gasosas, índices de clorofila *a*, *b* e total, e na atividade da enzima nitrato redutase em mangueira cv. Keitt no Semiárido, mas os efeitos são dependentes da fase avaliada;

A aplicação do bioestimulante contendo *R. palustris* na dosagem de 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar (T6) proporciona maior aumento da atividade fotossintética de mangueira cv. Keitt.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, 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.
- ANUSUYA, R.; VIJAYAKUMAR, R. M.; SRIVIDHYA, S.; SIVAKUMAR, R. Comparison of physiological and flowering parameters of main and off season by using different plant nutrients and growth hormone in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Bangalora. **Journal of Agriculture and Ecology**, v. 5, p. 76-82, 2018.
- BORGES, A. L.; SILVA, D. J. **Manga**. Embrapa Semiárido - Sistemas de Produção (INFOTECA-E), 2002.
- CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I. Partitioning of nitrate reductase activity in *Coffea arabica* L. and its relation to carbon assimilation under different irradiance regimes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 3, p. 397-406, 2006.
- CARVALHO, C.; KIST, B. B.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de horti&fruti 2020**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019. 96 p.
- CAVALCANTE, Í. H. L.; SANTOS, G. N. F.; SILVA, M. A.; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.;

AMARIZ, R. A.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. A new approach to induce mango shoot maturation in Brazilian semi-arid environment. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 281-286, 2018.

CHEN, D.; WANG, S.; CAO B.; CAO, D.; LENG, G.; LI, H.; YIN, L.; SHAN, L.; DENG, X. Genotypic variation in growth and physiological response to drought stress and re-watering reveals the critical role of recovery in drought adaptation in maize seedlings. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1-15, 2016.

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

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

EI-HENDAWY, S. E; HU, Y.; SCHIMIDHALTER, U. Growth, ion content, gas exchange, and water relations of wheat genotypes differing in salt tolerances. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 56, n. 2, p. 123-134, 2005.

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

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Revista Pesquisa Tropical**, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

GALL, A.; ROBERT, B. Characterization of the different peripheral light-harvesting complexes from high- and low-light grown cells from *Rhodospseudomonas palustris*. **Biochemistry**, v. 38, n. 16, p. 5185-5190, 1999.

GE, H.; LIU, Z.; ZHANG, F. Effect of *Rhodospseudomonas palustris* G5 on seedling growth and some physiological and biochemical characteristics of cucumber under cadmium stress. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 29, n. 11, p. 816-821, 2017.

GOMES, L. P. 2019. 50p. **Bioestimulantes e seus efeitos nos componentes da produção, nas trocas gasosas e na eficiência de uso da água no tomateiro sob restrição hídrica**. Dissertação (Mestrado) - Mestrado profissional em olericultura - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos - GO, 2019.

HAYASHI, H.; MIYAO, M.; MORITA, S. Absorption and fluorescence spectra of light-harvesting bacteriochlorophyll-protein complexes from *Rhodospseudomonas palustris* in the near-infrared region. **The Journal of Biochemistry**, v. 91, n. 3, p. 1017-1027, 1982.

HOSSEINZADEH, S. R.; AMIRI, H.; ISMAILI, A. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. **Photosynthetica**, v. 54, p. 87–92, 2016.

HOTTA, Y.; TANAKA, T.; TAKAOKA, H.; TAKEUCHI, Y.; KONNAI, M. Promotive effects of 5-aminolevulinic acid on the yield of several crops. **Plant Growth Regulation**, v. 22, n. 2, p. 109-114, 1997.

HU, C. W.; CHANG, Y. L.; CHEN, S. J.; KUO-HUANG, L. L.; LIAO, J. C.; HUANG, H. C.; JUAN, H. F. Revealing the functions of the transketolase enzyme isoforms in *Rhodopseudomonas palustris* using a systems biology approach. **PLoS One**, v. 6, n. 12, 2011.

HUNTER, J. J.; RUFFNER, H. P. Diurnal and seasonal changes in nitrate reductase activity and nitrogen content of grapevines: Effect of canopy management. **Vitis**, v. 36, n. 1, p. 1-6, 1997.

JAYME-OLIVEIRA, A.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; RAMOS, M. L. G.; ZIVIANI, A. C.; JAKELATIS, A. Amaranth, quinoa, and millet, growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. **Rev. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 52, n. 8, p. 561-571, 2017.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. (2008). **Plant physiological ecology** (2ª ed.). New York: Springer. 604 p.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. (2015). Viçosa: Editora UFV. 492 p.

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

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

MAÇIK, M.; GRYTA, A.; FRĄC, M. Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. **Advances in Agronomy**, v. 160, p. 31, 2020.

MAJEROWICZ, N.; FRANÇA, M. G. C.; PERES, L. E. P.; MÉDICI, L. O.; FIGUEIREDO, S. A. **Fisiologia Vegetal - Curso Prático**, Âmbito Cultural Edições Ltda., RJ, 2003.

MARTUSCELLO, J. A.; MAJEROWICZ, N.; CUNHA, D. N. F. V.; AMORIM, P. L.; BRAZ, T. G. S. Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia**, v. 65, n. 252, p. 565-570, 2016.

MOUCO, M. A. C. **Cultivo da mangueira**. Embrapa Semiárido-Sistema de Produção (INFOTECA-E), 2015.

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

NASCIMENTO, V. M.; FERNANDES, F. M.; PRADO, R. M.; CORRÊA, L. de S.; NATALE, W. **Adubação da mangueira: alternativa para alta produção com qualidade**. Ilha Solteira, 2005, 118p.

NUNKAEW, T.; KANTACHOTE, D.; NITODA, T.; KANZAKI, H.; RITCHIE, R. J. Effects of 5-aminolevulinic acid (ALA)-containing supernatants from selected *Rhodopseudomonas palustris* strains on rice growth under NaCl stress, with mediating effects on chlorophyll, photosynthetic electron transport and antioxidative enzymes. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 4, 2014.

OAKS, A. Efficiency of nitrogen utilization in C3 and C4 cereals. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 106, p. 407-414, 1994.

OLIVEIRA, L. J.; SILVA, S. M.; NETTO, A. P. C.; SILVA, S. M.; SILVA, F. M. S. M. Características agrônômicas e atividade da redutase do nitrato em plantas de *Campomanesia* sp. sob estresse hídrico. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 43-53, 2011.

ORABI, S. A.; SALMAN, S. R.; SHALABY, M. A. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. **World Journal of Agricultural Sciences**, Faisalabad, v. 6, n. 3, p. 252-259, 2010.

PANDEY, N.; GUPTA, B.; PATHAK, G. C. Enhanced yield and nutritional enrichment of seeds of *Pisum sativum* L. through foliar application of zinc. **Scientia Horticulturae**, v. 164, p. 474-483, 2013.

PHONGJARUS, N.; SUVAPHAT, C.; SRICHA, N.; RITCHIE, R. J. Photoheterotrophy of photosynthetic bacteria (*Rhodopseudomonas palustris*) growing on oil palm and soybean cooking oils. **Environmental Technology & Innovation**, v. 10, p. 290-304, 2018.

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

R CORE TEAM. R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

RYAN, M. G. Tree responses to drought. **Tree Physiology**, v. 31, n. 1, p. 237-239, 2011.

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

SANTOS, A. S. **Indução termoperiódica da nitrato redutase de membrana plasmática em abacaxizeiro (*Ananas comosus*)**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Ciências biológicas – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, M. R. D.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. 'Tommy Atkins' mango yield and photosynthesis under water deficit in semiarid region of Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 899-907, 2014.

SANTOS, A. J. S. 2019. 79p. **Caracterização da atividade da redutase do nitrato em mangueira cv. Palmer cultivada no Vale do São Francisco**. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Agronomia - Produção vegetal, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina – PE.

SCHRADER, L. E. Functions and transformations of nitrogen in higher plants. In: HAUCK, R. D. **Nitrogen in crop production**. Madison : ASA/CSSA/SSSA, p. 55-65, 1984.

SILVA, L. S. 2019. 71p. **Ácidos fúlvicos e aminoácidos livres na potencialização de absorção e efeito de paclobutrazol em mangueira 'Keitt'**. Dissertação (Mestrado) - Programa Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Produção Vegetal, Universidade Federal Do Piauí, Bom Jesus –PI.

SIGMAPLOT FOR WINDOWS, version 10. 2006. Disponível em:<<http://www.systat.com/products/sigmaplot/>>. Acesso em: 20 de Julho de 2020.

SONG, H; LI, Y; XU, X.; ZHANG, J.; ZHENG, S.; HOU, L.; XING, G.; LI, M. Analysis of genes related to chlorophyll metabolism under elevated CO₂ in cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 108988, 2020.

SOUNDARARAJAN, M.; LEDBETTER, R.; KUSUMA, P.; ZHEN, S.; LUDDEN, P.; BUGBEE, B.; ENSIGN, S. A.; SEEFELDT, L. C. Phototrophic n₂ and co₂ fixation using a *Rhodospseudomonas palustris*-h₂ mediated electrochemical system with infrared photons. **Frontiers in microbiology**, v. 10, p. 1817, 2019.

SOUZA, M. A.; MÉSQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; FERREIRA, K. M.; ARAUJO, E. F. J. Physiological and biochemical characterization of mango

tree with paclobutrazol application via irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, p. 442-449, 2016.

SUDHA, R.; BALAMOHAN, T.; SOORIANATHASUNDARAM, K. Effect of foliar spray of nitrogenous chemicals on flowering, fruit set and yield in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. **Journal of Horticultural Science**, v.7, n.2, p.190-193, 2012.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. D.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. (2017). **Plant physiology and development** (6^a ed.). Oxford: Oxford University Press. 756 p.

TURPIN, D. H.; VANLERBERGHE, G. C.; AMORY, A. M.; GUY, R. D. The inorganic carbon requirements for nitrogen assimilation. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 69, p. 1139-1145, 1991.

URBAN, L.; JEGOUZO, L.; DAMOUR, G.; VANDAME, M.; FRANÇOIS, C. Interpreting the decrease in leaf photosynthesis during flowering in mango. **Tree Physiology**, v. 28, p. 1025-1036, 2008.

VIECCELLI, J. C.; PÉREZ, C. E. A.; DIAS, C. S.; SIQUEIRA, D. L.; RODRIGUES, F. A. Photosynthetic response of two mango cultivars submitted to salt stress and infected with *Ceratocystis fimbriata*. **Scientia Agraria**, v. 19, p. 20-27, 2018.

YAHIA, E. M.; CARRILO-LÓPEZ, A.; BARRERA, G. M.; SUZÁN-AZPIRI, H.; BOLÃNOS, M. Q. Photosynthesis. In: **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. 1^o ed. México: Woodhead Publishing, 2019. 510p.

XU, J.; FENG, Y.; WANG, Y.; LUO, X.; TANG, J.; LIN, X. The foliar spray of *Rhodopseudomonas palustris* grown under Stevia residue extract promotes plant growth via changing soil microbial community. **Journal of soils and sediments**, v. 16, n. 3, p. 916-923, 2016.

CAPÍTULO 3

ACÚMULO DE AÇÚCARES E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE MANGUEIRA 'KEITT' SOB A APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTE CONTENDO *Rhodopseudomonas palustris*²

RESUMO

Dentre as frutíferas mais produzidas no Vale do São Francisco destaca-se a cultura da mangueira. Contudo, regiões com elevadas temperaturas tendem a reduzir a atividade fotossintética proporcionalmente ao estresse térmico em que a planta é exposta, comprometendo o acúmulo de fotoassimilados e a produção de frutos. A bactéria *Rhodopseudomonas palustris* é um exemplo de microrganismo que possui capacidade de fixar CO₂ e absorver luz solar e, portanto, apresenta grande potencial na agricultura por promover o incremento da atividade fotossintética vegetal, da síntese de açúcares e da produtividade. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito do bioestimulante contendo *R. palustris* nos teores de açúcares e na produção de mangueira cv. Keitt no Semiárido. O experimento foi instalado em blocos, com 7 tratamentos, 4 repetições e 3 plantas úteis por parcela. Os tratamentos consistiram em: T1) tratamento controle; quatro dosagens do *Rhodopseudomonas palustris* aplicados em fertirrigação: T2) 1,9 L ha⁻¹; T3) 3,8 L ha⁻¹; T4) 5,7 L ha⁻¹; T5) 7,6 L ha⁻¹; e dois tratamentos com aplicações via fertirrigação + via foliar: T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar, aplicados mensalmente, totalizado sete aplicações. As variáveis analisadas foram: carboidratos solúveis totais em folhas e ramos, amido em folhas e ramos, sacarose em folhas e ramos, número de panículas, número e produção de frutos. O uso de bioestimulante contendo *R. palustris* promoveu aumento nos teores de carboidratos solúveis totais em folha e ramo, amido no ramo, sacarose em folha e ramos, como o incremento de 25% no número de frutos por planta e de 26,5% na produção de frutos por planta mangueira cv. Keitt, cultivada no Semiárido.

Palavras-chave: Fixação de CO₂. Bactéria gran-negativa. Açúcares não redutores.

ABSTRACT

Among the most produced fruit trees in the São Francisco Valley, the mango tree stands out. However, regions with high temperatures tend to reduce photosynthetic activity in proportion to the thermal stress to which the plant is exposed, compromising the production and accumulation of photoassimilates. The bacterium *Rhodopseudomonas palustris* is an example of a microorganism that has the capacity to fix CO₂ and absorb sunlight and, therefore, has great potential in agriculture for promoting the increase of plant photosynthetic activity, sugar synthesis, and productivity. Thus, the objective was to evaluate the effect of the biostimulant containing *Rhodopseudomonas palustris* on the sugar content

² Artigo a ser submetido para publicação

and the production of cv. Keitt in the semiarid. The experiment was installed in blocks, with 7 treatments, 4 replications, and 3 plants per plot. The treatments consisted of: T1) control treatment (T1) (without application of *R. palustris*); four dosages of *Rhodopseudomonas palustris* via fertigation T2) 1.9 L ha⁻¹; T3) 3.8 L ha⁻¹; T4) 5.7 L ha⁻¹; T5) 7.6 L ha⁻¹; and two treatments with applications via fertigation + foliar: T6) 1.9 L ha⁻¹ via fertigation + 1.9 L ha⁻¹ via leaf; T7) 3.8 L ha⁻¹ via fertigation + 1.9 L ha⁻¹ via leaf, applied monthly, totaling seven applications. The variables analyzed were: total soluble carbohydrates in leaves and branches, the starch in leaves and branches, sucrose in leaves and branches, number of panicles, number of fruits, and production. The use of biostimulant containing *Rhodopseudomonas palustris* increases the levels of total soluble carbohydrates in leaves and branches, the starch in branches, sucrose in leaves and branches, an increase of 25% in the number of fruits per plant and 26.5% in the production of hose cv. Keitt in the semiarid.

Key-words: CO₂ fixation. Gran-negative bacteria. Non-reducing sugars.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, é possível produzir frutas tropicais durante o ano todo devido à sua localização geográfica e condições climáticas, o que garante a este país o título de um dos maiores produtores de frutas do mundo. Dentre as frutíferas mais produzidas destaca-se a cultura da mangueira, a qual ocupa em torno de 76,7 mil hectares plantados, sendo 49 mil hectares localizados na região do Vale do São Francisco (CARVALHO et al., 2019).

Contudo, a cultura da mangueira possui algumas limitações que uma vez solucionadas, podem aumentar a produção sem a necessidade de ampliação imediata das áreas cultivadas. No caso da cultivar Keitt, o baixo pegamento de frutos em virtude da acentuada queda fisiológica dos frutos pode comprometer a produtividade. Experimentos realizados com esta cultivar mostram aumento consistente no pegamento mediante estratégia hormonal (NKANSAH et al., 2012). No entanto, os frutos permanecem com calibre abaixo do desejável para comercialização nos mercados externo e interno. Por outro lado, quando o pegamento é baixo, há formação de frutos com tamanho acima do exigido pelo mercado, permanecendo o problema de comercialização.

Neste sentido, a busca por ferramentas que incrementem o número de panículas e frutos por planta, sem comprometer o enchimento dos frutos é fundamental. Estudos demonstram que a elevação dos teores de carboidratos redutores e não redutores é um ponto chave no aumento da floração, número de

frutos por planta, pegamento e no incremento da produtividade da mangueira (DAVENPORT, 2007; CAVALCANTE et al., 2018; SILVA et al., 2020; CAVALCANTE et al., 2020).

Existem bioestimulantes à base de microrganismos, cuja associação permite a elevação do metabolismo fotossintético, que pode proporcionar uma maior síntese e mobilização de fotoassimilados demandados para o desenvolvimento e crescimento da planta e dos órgãos dreno. Desta forma, podem contribuir no delineamento de estratégias que proporcionem o enchimento de um número maior de frutos com a qualidade comercial requerida pelo mercado.

A bactéria *Rhodopseudomonas palustris* é um exemplo de microrganismo que possui capacidade de fixar CO₂ e N₂ e, portanto, apresenta grande potencial na agricultura por promover o incremento da atividade fotossintética vegetal (PHONGJARUS et al., 2018). Estudos demonstram a viabilidade do uso do bioestimulante contendo essa bactéria no incremento da síntese de açúcares e na produtividade de culturas como pepino (GE et al., 2017), arroz (KANTACHOTE et al., 2016) e cereja anã chinesa (YIN et al., 2012).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* nos teores de açúcares e na produção de frutos da mangueira cv. Keitt no Semiárido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

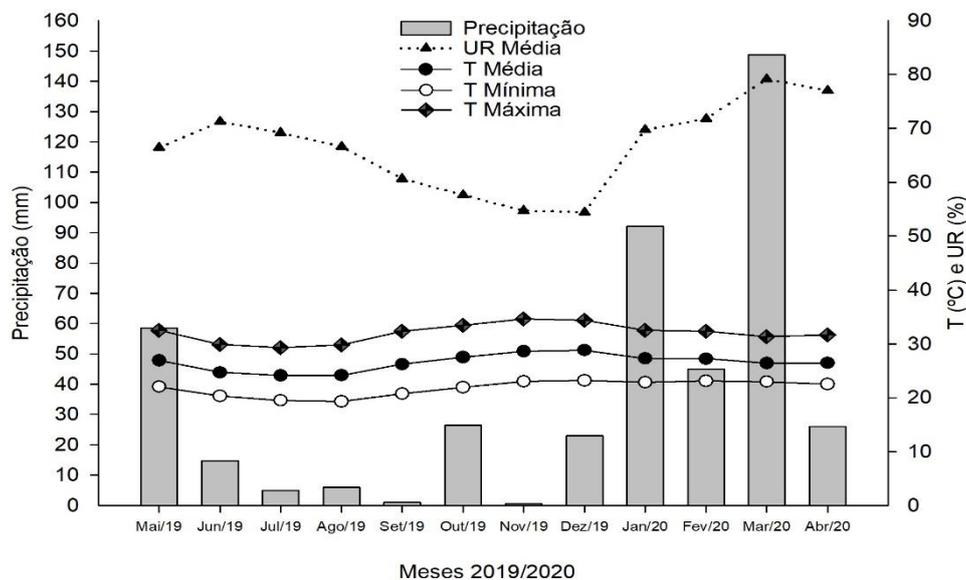
2.1. Área experimental

Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente entre maio de 2019 e abril de 2020 em pomares comerciais de mangueira cv. Keitt, localizados na fazenda Aracê Agrícola (Special Fruit Importação e Exportação Ltda.), em Petrolina – PE, localizada em latitude 9°18'37.3" S e longitude 40°40'31.8" O, com altitude de 400,3 m.

O clima da região é classificado por Köppen como BSh (quente e seco) (ÁLVARES, 2013), caracterizando uma região de clima semiárido. Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar durante o período em que os experimentos foram conduzidos foram

registrados em estação meteorológica automática instalada na própria fazenda (Figura 1).

Figura 1. Temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar e precipitação, registradas durante a condução do experimento. Petrolina-PE, 2019-2020.



2.2. Delineamento experimental, tratamentos e parcelas

Os dois experimentos foram realizados de forma independente, mas simultaneamente, adotando-se em cada um deles o delineamento em blocos, com sete tratamentos e quatro repetições, com cinco plantas, sendo três plantas úteis por parcela e duas plantas de bordadura. As avaliações foram realizadas durante todo o ciclo produtivo da cultura, com intervalos de 15 e/ou 30 dias, sendo as datas de avaliação e os tratamentos considerados como fatores.

Os tratamentos consistiram em: T1) tratamento controle; quatro dosagens do *Rhodopseudomonas palustris* aplicados em fertirrigação: T2) 1,9 L ha⁻¹; T3) 3,8 L ha⁻¹; T4) 5,7 L ha⁻¹; T5) 7,6 L ha⁻¹; e dois tratamentos com aplicações via fertirrigação + via foliar (Figura 2): T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via. As aplicações foram realizadas a cada trinta dias, sendo iniciadas um mês após a poda de produção (pós-colheita), estendendo-se às fases de maturação de ramos, indução floral, florescimento pleno e início da frutificação, totalizando sete aplicações (Figura 3). O bioestimulante adotado como fonte de *R. palustris* foi o Bioavance

(Biotrop®) que possui em sua composição 750.000 UFC mL⁻¹ de *R. palustris*, com densidade de 1,0 g cm⁻³.

Figura 2. Aplicação via pulverização com Arbus 2000® (A) e aplicação via fertirrigação com auxílio de um injetor venturi (B). Petrolina – PE.

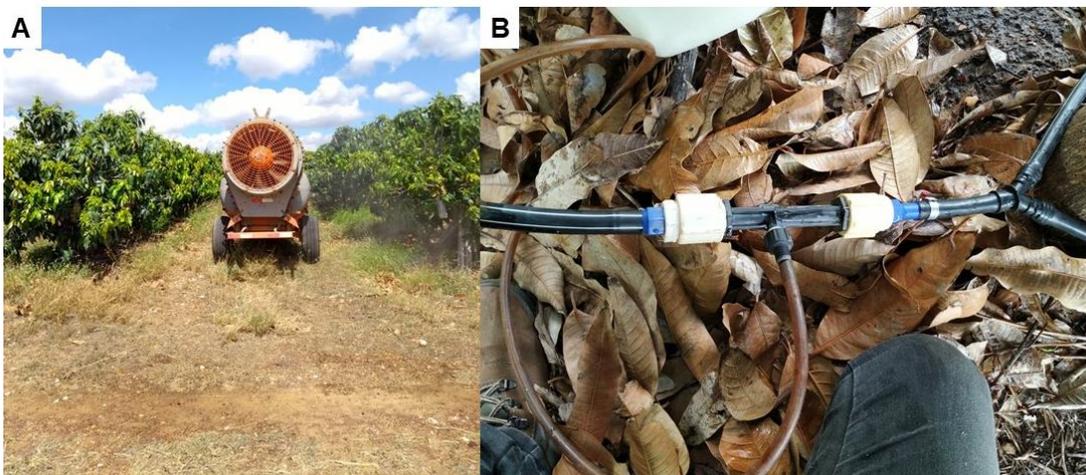
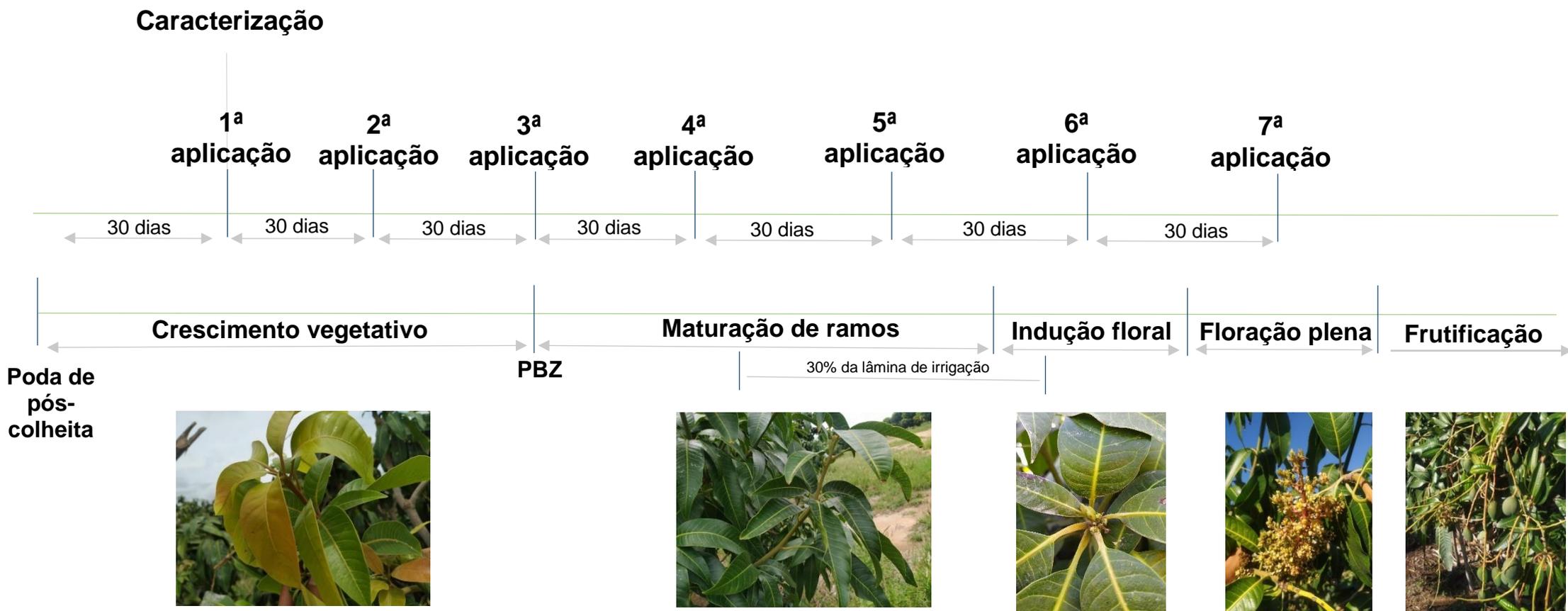


Figura 3. Cronograma de aplicações dos tratamentos dentro do ciclo produtivo da mangueira cv. Keitt irrigada no semárido. Petrolina – PE. 2020.



2.3. Condições e manejo da área

Foram avaliadas plantas de mangueira cv. Keitt, com sete anos e no quinto ano produtivo, dispostas em um espaçamento de 6m entre linhas e 2m entre plantas. As plantas foram irrigadas por sistema localizado de gotejamento com duas fitas de gotejo por linha, e emissores com vazão de $1,5 \text{ L h}^{-1}$. Cada planta possuía 12 gotejadores (6 por fita de gotejo), totalizando uma vazão de 18L

Os pomares foram submetidos às práticas culturais recomendadas para a cultura da mangueira nas condições regionais de cultivo, seguindo as normas técnicas da Produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al. (2003), quanto às podas, manejo nutricional via fertirrigação, controle de plantas invasoras, pragas e doenças, e definição do ponto de colheita.

O manejo do florescimento incluiu o uso do paclobutrazol (PBZ) para regulação do crescimento das brotações vegetativas. O PBZ foi aplicado no dia 18/07/2019, cerca de três meses após a poda de pós-colheita, na dose de 10 L ha^{-1} de Cultar 250 SC[®], equivalente à 12 mL por planta, aplicado no solo, via fertirrigação. Ao longo da fase de maturação de ramos, que se inicia com o uso do PBZ, foram realizadas aplicações de sulfato de magnésio (MgSO_4) (2%), na primeira e segunda semana e, posteriormente, foram realizadas quatro aplicações de sulfato de potássio (K_2SO_4) (2%), com intervalo de quinze dias entre cada aplicação, iniciando na terceira semana desta mesma fase. O manejo do florescimento incluiu uso do paclobutrazol (PBZ) para regular o crescimento das brotações vegetativas. O PBZ foi aplicado no dia 18/07/2019, cerca de três meses após a poda de pós-colheita, na dose de 10 L ha^{-1} de Cultar 250 SC[®], equivalente à 12mL por planta, aplicado no solo, via fertirrigação. Ao longo da fase de maturação de ramos foram realizadas aplicações de sulfato de magnésio (MgSO_4) (2%), na primeira e segunda semana e, posteriormente, foram realizadas aplicações de sulfato de potássio (K_2SO_4) (2%), com intervalo de quinze dias entre cada aplicação, iniciando na terceira semana desta mesma fase. Ainda na maturação de ramos, foi iniciada a redução da lâmina hídrica.

Desde o final da fase de maturação de ramos até o término da indução floral, houve a redução progressiva da lâmina de irrigação, com diminuições de 20% semanalmente, totalizando uma redução de 80% do fornecimento diário de água para as plantas. No manejo de floração foram feitas quatro aplicações com

nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] na concentração entre 1,5 e 2,5%, e duas aplicações de nitrato de potássio (KNO_3) (3%). No início da fase de floração ocorreu o retorno gradativo da lâmina de irrigação, na mesma proporção em que ocorreu a redução do fornecimento diário de água, até atingir a quantidade demandada pela cultura conforme o Kc (coeficiente de cultura).

Na fase de frutificação, as plantas foram adubadas com fertilizantes contendo cálcio e com sulfato de potássio (K_2SO_4), a fim de garantir o desenvolvimento e o maior acúmulo de açúcar nos frutos. Em cada uma das áreas foram fornecidas as seguintes quantidades de nutrientes: 39 kg ha⁻¹ de N, 99 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de K₂O, 202 kg ha⁻¹ de Ca, 9 kg ha⁻¹ de MgSO₄, 1,8 kg ha⁻¹ de Mn, 1,5 kg ha⁻¹ de B e 1,0 kg ha⁻¹ de Zn, 1,1 kg ha⁻¹ de Fe. Utilizou-se como fonte, os fertilizantes MAP (12% N e 60% P), sulfato de potássio (50% K e 18% S), dois fertilizantes à base de algas marinhas (14% Ca e 23% Ca), sulfato de magnésio (9% Mg e 14% S), manganês (13%), ácido bórico (17% B), zinco (15% Zn) e ferro (6%).

2.4. Avaliação preliminar dos experimentos

Foram realizadas avaliações de teores de carboidratos solúveis totais, amido e sacarose em folhas e ramos das plantas da área experimental, antes da aplicação dos tratamentos. Foram coletados quatro ramos com quatro folhas totalmente expandidas de quatro plantas por linha, em cada uma das áreas, para formar uma amostra composta.

O material coletado foi acondicionado em sacos plástico, imersos em caixa de gelo, transportados até o laboratório de fisiologia vegetal, localizado na UNIVASF, e as amostras foram congeladas em freezer vertical até o momento da realização das análises. As análises foram realizadas seguindo a metodologias de Hodge e Hofreiter (1962) para determinação dos teores de amido; a metodologia descrita por Dubois et al. (1956) para carboidratos solúveis totais; e a metodologia proposta por Van Handel et al. (1968) para sacarose.

Tabela 1. Caracterização das áreas experimentais quanto aos teores de carboidratos solúveis totais, amido e sacarose em folha e ramo de mangueira cv. Keitt. Petrolina – PE.

Caracterização

	Carboidratos solúveis totais ($\mu\text{mol gMF}^{-1}$)	Amido (mg gMF^{-1})	Sacarose (mg gMF^{-1})
Folha	57,24	0,815	0,847
Ramo	29,58	0,854	0,988

2.5. Variáveis analisadas

2.5.1. Avaliações bioquímicas

Trinta dias após cada aplicação dos tratamentos, foram coletados quatro ramos com quatro folhas totalmente expandidas, de quatro plantas por tratamento, para determinações dos teores de carboidratos solúveis totais, amido e sacarose presentes na massa fresca de folhas e ramos.

O material coletado foi acondicionado em sacos plástico, imersos em caixa de gelo, transportados até o laboratório de fisiologia vegetal, localizado na UNIVASF, e as amostras foram congeladas em freezer vertical até o momento da realização das análises. O manejo das amostras coletadas e as análises realizadas foram feitas conforme descrita para análise preliminar.

2.5.2. Número de panículas por planta

Em pleno florescimento, foi contabilizado o número total de panículas por planta (NP), em quatro plantas por tratamento (Figura 4A).

Figura 4. Área de mangueira 'Keitt' na fase de florada plena (A), em fase de frutificação (B) e colheita de frutos com calibre para exportação (C) em Petrolina-PE. 2020.

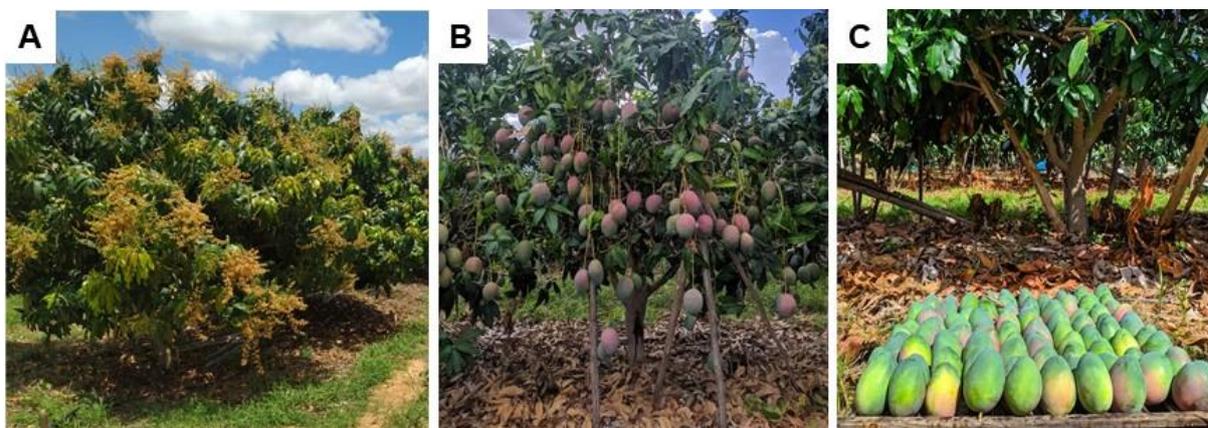


Foto: Arquivo pessoal. Anos: 2019 e 2020.

2.5.3. Número de frutos e pegamento

Na fase de frutificação, foi realizada a contagem do número total de frutos (NF) fixados por planta (Figura 4B), de todas as plantas de cada tratamento e, posteriormente, estimado o índice de pegamento de frutos por panícula (NF/NP).

2.5.4. Produção

Na colheita, foi avaliado a produção de frutos (kg por planta) de todas as plantas de cada tratamento (Figura 4C). Esta avaliação foi realizada em três momentos diferentes, seguindo a colheita por calibres: produção de frutos para mercado interno, calibre 4 e 5; produção de frutos para exportação, calibre entre 6 e 8; e refugo, que inclui os frutos que não se enquadram nos calibres anteriormente citados (BRASIL, 2012).

2.5.5. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise conjunta de variância das duas áreas experimentais para avaliação dos efeitos significativos dos fatores isolados ou da interação entre os fatores pelo teste F, e quando significativo, os tratamentos e as datas foram comparados entre si pelo teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade, usando o software R, versão 3.5.0. (R CORE TEAM, 2019). As figuras foram elaboradas no software Sigmaplot[®] versão 10 (SYSTAT SOFTWARE Inc, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a análise de variância (Tabela 2), houve interação significativa dos tratamentos x datas de avaliação para carboidratos solúveis totais em folha e ramo, amido no ramo e sacarose em folha e ramo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os teores de carboidratos solúveis totais, amido e sacarose em folha e em ramo de mangueira cv. Keitt em função do uso de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020.

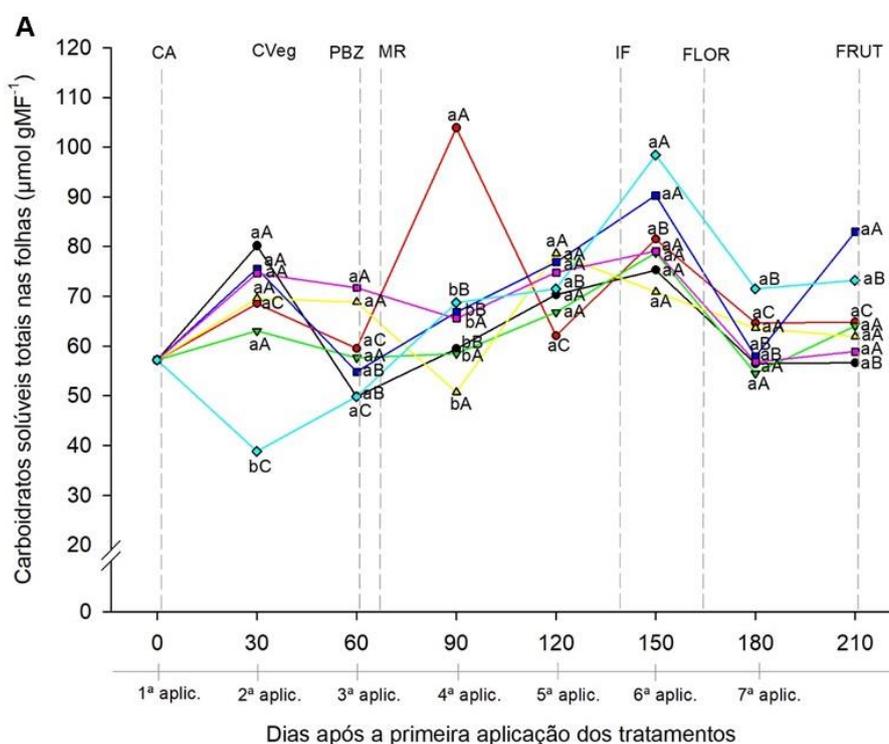
FV	Carboidratos solúveis totais		Amido		Sacarose	
	Folha	Ramo	Folha	Ramo	Folha	Ramo
Tratamentos (T)						
Valor 'F'	1,491 ^{ns}	4,136 ^{**}	1,705 ^{ns}	3,296 ^{**}	0,521 ^{ns}	1,790 ^{ns}
T1	63,16	30,35 a	0,85	0,71 b	1,33	1,33
T2	70,27	24,20 b	0,84	0,70 b	1,32	1,53
T3	62,57	22,17 b	0,89	0,71 b	1,30	1,53
T4	65,16	27,66 a	0,89	0,75 a	1,26	1,71
T5	70,30	27,42 a	0,87	0,79 a	1,34	1,55
T6	67,31	26,63 a	1,00	0,71 b	1,24	1,44
T7	66,10	29,59 a	0,89	0,77 a	1,21	1,83

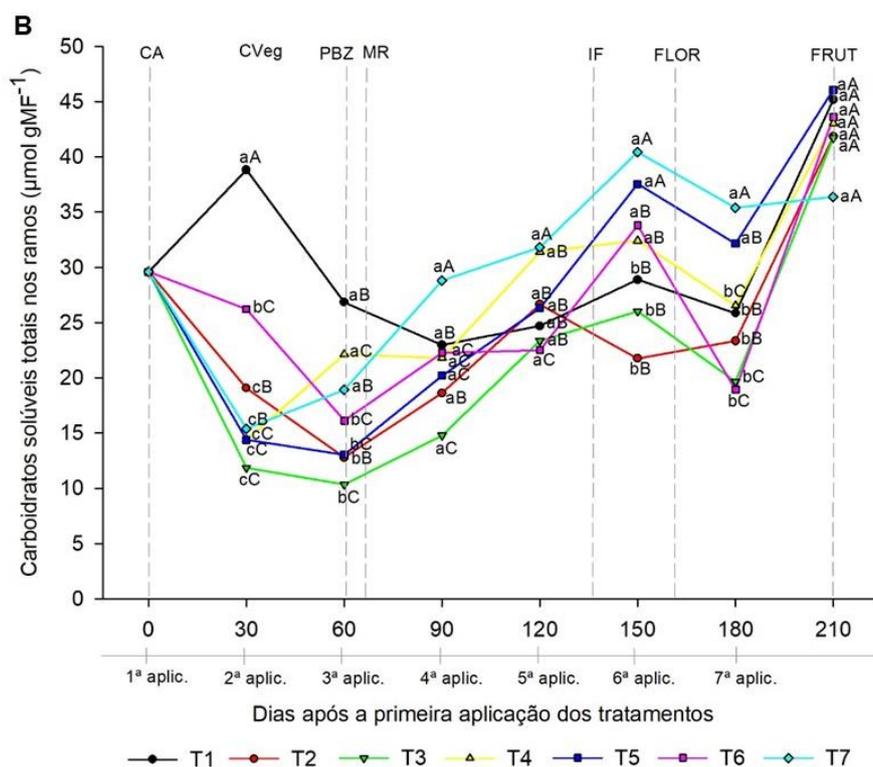
Dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DAPA)						
Valor 'F'	8,613**	27,870**	1,686 ^{ns}	14,253**	41,228**	24,863**
0	57,24 d	29,58 b	0,82	0,85 a	0,85 e	0,99 d
30	67,18 c	20,02 d	0,96	0,68 c	1,37 c	1,34 c
60	58,89 d	17,17 d	0,99	0,68 c	1,20 d	0,80 d
90	67,64 c	21,35 d	0,87	0,65 c	0,73 e	1,25 c
120	71,58 b	26,68 c	0,89	0,73 b	1,58 b	1,26 c
150	82,02 a	31,55 b	0,87	0,70 c	0,88 e	1,82 b
180	60,77 d	25,99 c	0,86	0,74 b	1,81 a	2,58 a
210	66,06 c	42,55 a	0,85	0,83 a	1,88 a	2,45 a
T x DAPA						
Valor 'F'	1,988**	1,604*	1,169 ^{ns}	2,463**	2,765**	2,138**
CV (%)	18,74	25,83	22,71	12,16	24,72	38,81

FV: Fontes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; **: significante ($p < 0,01$); *: significante ($p < 0,05$); ns: não significante; CV%: Coeficiente de variação. Dias após a primeira aplicação dos tratamentos. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar. Os valores de 0 dias após a primeira aplicação são referentes a avaliação preliminar dos experimentos.

Nota-se que o nível de carboidratos solúveis totais durante a fase de crescimento vegetativo é maior na folha quando comparado com o ramo (Figura 5), estando atrelado a maior atividade fotossintética também encontrada nesta fase.

Figura 5. Conteúdo de carboidratos solúveis totais em folha (A) e ramo (B) de mangueira cv. Keitt em função de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020.





Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CA = Caracterização; CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; IF = Indução floral; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1) Tratamento controle; T2) $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T3) $3,8 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T4) $5,7 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T5) $7,6 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação; T6) $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação + $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via foliar; T7) $3,8 \text{ L ha}^{-1}$ via fertirrigação + $1,9 \text{ L ha}^{-1}$ via foliar.

Aos 30 dias após a primeira aplicação dos tratamentos (DAPA), o tratamento controle (T1) apresentou as maiores médias, com $80,12 \mu\text{mol gMF}^{-1}$ e $38,82 \mu\text{mol gMF}^{-1}$ em folha e ramo (Figura 5 A e B), respectivamente. Entre 30 e 60 DAPA houve uma redução nos teores de carboidratos solúveis totais tanto em folha quanto em ramos para todos os tratamentos (Figura 5 A e B), possivelmente pelo maior gasto energético demandado para o desenvolvimento e expansão dos fluxos vegetativos.

A aplicação do paclobutrazol (PBZ) ocorreu aos 60 DAPA. Nas avaliações seguintes, fase de maturação de ramos, observa-se aumento nos níveis de carboidratos solúveis totais tanto nas folhas quanto nos ramos, culminando o maior pico na fase de indução floral (Figura 5 A e B). Aos trinta dias após a aplicação de PBZ, o T2 atingiu a maior média de carboidratos solúveis totais na folha em relação a todos os outros tratamentos e datas de avaliação, com $103,85 \mu\text{mol gMF}^{-1}$, aumento de 73% em relação à testemunha.

O PBZ inibe a síntese de giberelinas nas plantas, reduzindo o crescimento vegetativo, e influenciando na síntese de carboidratos em mangueira (PRASAD et al., 2014), além disso, durante a maturação de ramos, há a aplicação de sulfato de potássio (K_2SO_4), que aumenta a produção e translocação de carboidratos, e a relação K/N, restringindo ainda mais o crescimento vegetativo e melhorando assim a fertilidade da gema (COUTINHO et al., 2016).

A fase de maturação dos ramos da mangueira é essencial para a produção, pois é durante este período, em que as plantas são submetidas ao estresse causado por altas temperaturas e à baixa disponibilidade de água (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2016; CAVALCANTE et al., 2018), que induzem um maior acúmulo de carboidratos e produção, pois brotos com altos teores de açúcares favorecem o início do florescimento (SILVA, 2018). Os carboidratos solúveis acumulados nesta fase também desempenham o papel de mitigar o estresse sofrido pelas plantas, modulando o ajustamento osmótico e promovendo resistência à dessecação das células para manter o turgor das mesmas, que estão em baixo potencial hídrico (HASSANEIN et al., 2009).

Em folha e em ramo, verificam-se maiores médias para carboidratos solúveis totais na fase de indução floral em relação a fase anterior, embora os tratamentos não apresentem diferenças nos teores de carboidratos presentes nas folhas (Figura 5A). Entretanto, ainda aos 150 DAPA, os tratamentos T4, T5, T6 e T7 diferiram dos demais quanto ao conteúdo de carboidratos solúveis totais nos ramos, apresentando médias de 32,40, 37,54, 33,80 e 40,45 $\mu\text{mol gMF}^{-1}$, respectivamente (Figura 5B). Os tratamentos T4 e T5 receberam as maiores doses de bioestimulante via fertirrigação e obtiveram aumentos de 12% e 30%, respectivamente, em comparação a testemunha, respectivamente, enquanto os tratamentos T6 e T7 possuem aplicação por duas vias (fertirrigação + foliar) e apresentaram incrementos de 17% e 40%, respectivamente, em relação a testemunha (Figura 5B). Nota-se que o tratamento com maior dose via fertirrigação (T5) e o tratamento com maior dose parcelada em duas vias (T7) promoveram acréscimos mais elevados no conteúdo de carboidratos dos ramos na fase de indução floral, o que é muito vantajoso, pois altas concentrações de carboidratos beneficiam a floração da mangueira (CAVALCANTE et al., 2018; SILVA et al., 2020).

Prasad et al. (2014) também obtiveram os valores mais elevados de carboidrato na fase de pré-florada em mangueiras 'Totapuri' e 'Royal Special', havendo uma diminuição dos teores ao longo do desenvolvimento das panículas, assim como observado neste trabalho. Davenport (2007) relata que altas quantidades de carboidratos acumulados nas folhas fornecem a energia necessária para o desenvolvimento reprodutivo, principalmente na formação das inflorescências, e que imediatamente antes da floração, o crescimento vegetativo é reduzido e então as folhas e os brotos atuam como órgãos drenos, que armazenam carboidratos (PRASAD et al., 2014). Ademais, o metabolismo dos carboidratos assegura o fornecimento de energia como ATP (adenosina trifosfato), além de aumentar a assimilação de nitrato (NO_3), especialmente durante a floração (PHAVAPHUTANON; KRISANAPOOK, 2000).

Aos 180 DAPA (Figura 5 A e B), 30 dias após a 6ª aplicação dos tratamentos, período que compreende a fase de floração plena, há redução nos índices de carboidratos solúveis totais nas folhas e nos ramos. Quanto ao conteúdo nos ramos, os tratamentos T5 e T7 foram superiores, com médias de 32,16 e 35,40 $\mu\text{mol gMF}^{-1}$, equivalente a aumentos de 24% e 37%, respectivamente, em relação à testemunha. Não foram observadas diferenças para carboidratos solúveis totais em folhas na fase de floração plena, apresentando dados semelhantes aos obtidos por Lobo et al. (2019) estudando a ação de bioestimulantes contendo *Ascophyllum nodosum* em mangueira cv. Kent no semiárido.

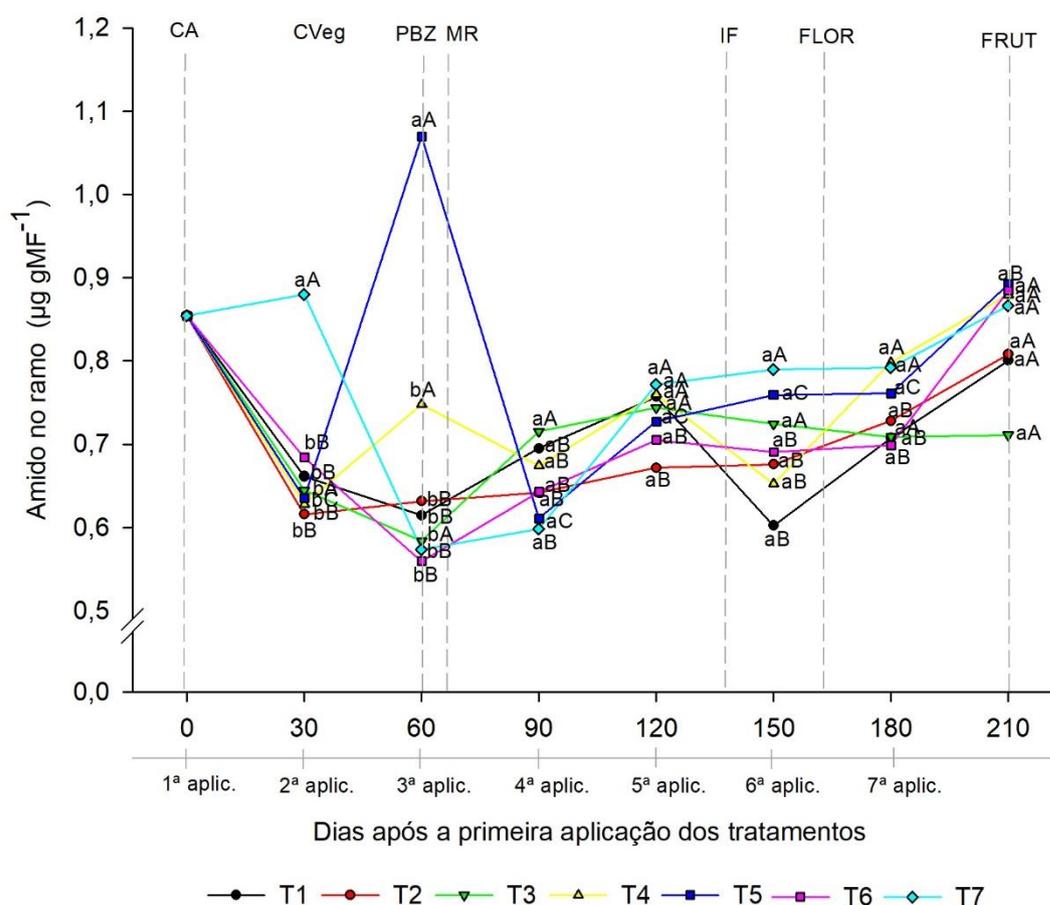
No período de florescimento, o requerimento por carboidratos excede a produção, ocorrendo então a redução nos níveis de carboidratos, que estão diretamente correlacionados a um florescimento mais intenso, caracterizado por panículas mais compridas e com uma quantidade maior de flores (PRASAD et al., 2014; CAVALCANTE et al., 2018). Portanto, a tendência é que ocorra uma oscilação dos teores de carboidratos na folha, uma vez que esses solutos são sintetizados, mas também consumidos no processo de estímulo floral (fonte/dreno) (SILVA et al., 2020).

Santos-Villalobos et al. (2013), avaliando os teores de carboidratos em mangueiras 'Ataulfo', observaram redução nas concentrações de carboidrato no final do ciclo produtivo, sugerindo que esses foram consumidos para o

desenvolvimento da panícula e dos frutos. Entretanto, neste trabalho, os tratamentos não diferiram entre si aos 210 dias após a primeira aplicação dos tratamentos tanto para folha como para ramo, porém, numericamente é notável que o conteúdo de carboidratos no ramo na fase de frutificação foi maior em relação as demais datas avaliadas (Figura 5 A e B).

Houve interação significativa entre os tratamentos e a datas de avaliação para os teores de amido no ramo (Tabela 2). Aos 30 DAPA, os teores de amido no ramo foram reduzidos em todos os tratamentos, com exceção do T7 (Figura 6), que apresentou 0,88 $\mu\text{g gMF}^{-1}$, sendo 33,3% superior à testemunha (T1). Entre 30 e 60 DAPA, houve aumento significativo apenas para o T5, que atingiu uma média de 1,07 $\mu\text{g gMF}^{-1}$, equivalente a aumento de 74% em relação à testemunha.

Figura 6. Teor de amido em ramos de mangueira cv. Keitt em função de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020.



Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CA = Caracterização; CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; IF = Indução floral; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1)

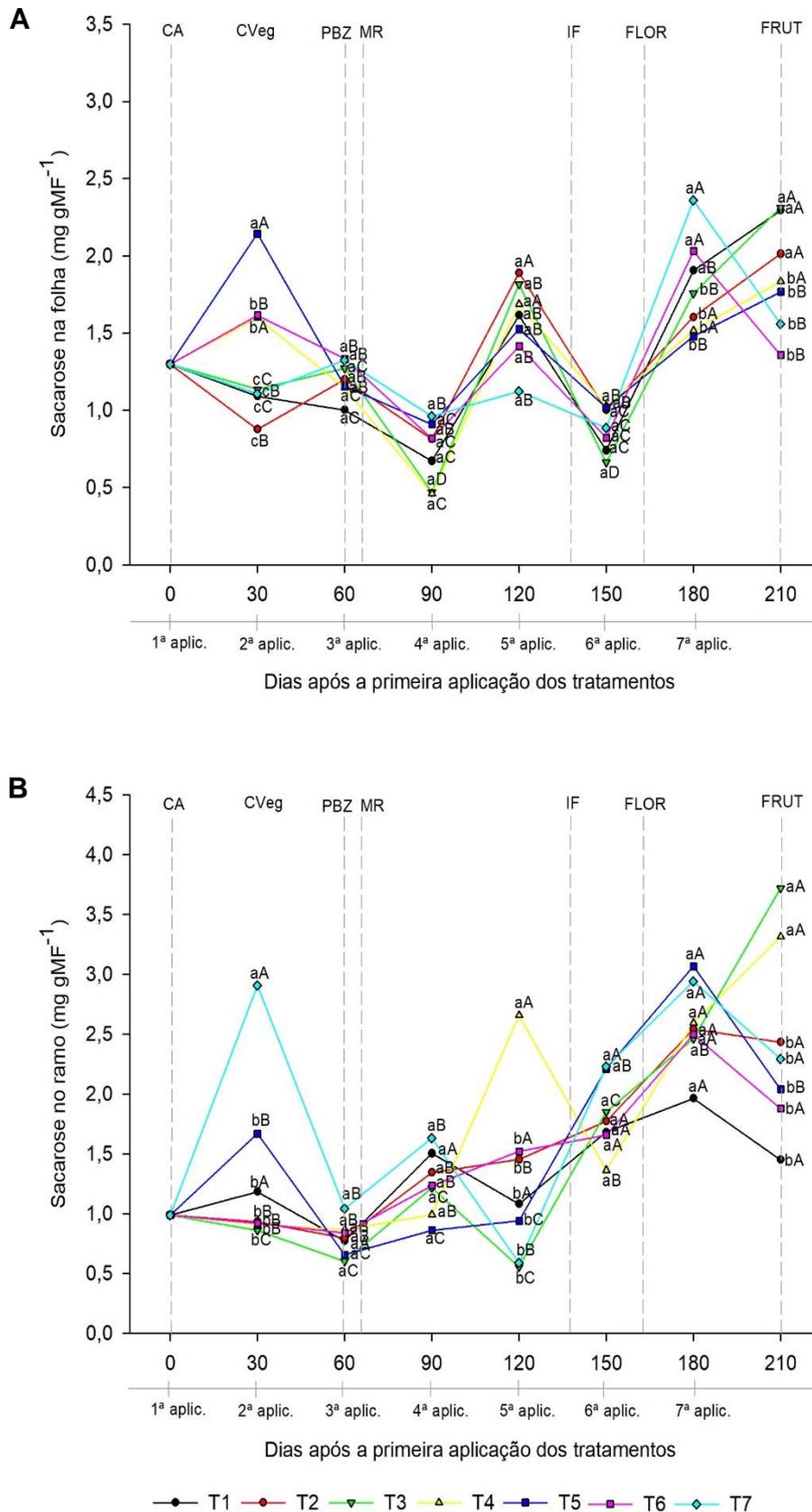
Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

Aos 60 dias após a primeira aplicação dos tratamentos, houve a aplicação de PBZ. Nota-se que após a aplicação deste regulador vegetal, todos os tratamentos seguem a mesma tendência de elevação nos teores de amido no ramo, não diferindo significativamente entre si até a última data de avaliação. Embora, aos 150 DAPA, a testemunha apresente a menor média em comparação aos demais tratamentos, com o valor de 0,60 µg gMF⁻¹ (Figura 6).

Upreti et al. (2014) estudando o efeito do paclobutrazol nos teores de carboidratos e na atividade da enzima alfa-amilase em mangueira cv. Totapuri, verificaram que a floração induzida pelo PBZ é acompanhada por um incremento nos teores de amido nas folhas, concomitantemente com a inibição da atividade da amilase. No presente trabalho, não foi observado aumento no amido presente nas folhas, porém, houve um incremento do amido nos ramos após a aplicação de PBZ. O amido é o principal carboidrato de reserva das plantas, podendo ser armazenado nos cloroplastos das folhas e amiloplastos dos tecidos não fotossintéticos das células vegetais; e é quebrado e utilizado quando a planta demanda energia durante as transições entre as fases do ciclo ou durante o enchimento de frutos, por exemplo (YAHIA et al., 2019).

Houve interação dos fatores estudados para os teores de sacarose nas folhas e nos ramos (Tabela 2). Aos 30 DAPA, na fase de crescimento vegetativo, verifica-se aumento da sacarose na folha para o T5 (2,14 mg gMF⁻¹) (Figura 7A) e no ramo para o T7 (2,90 mg gMF⁻¹) (Figura 7B), que diferem dos demais tratamentos avaliados, com aumentos equivalentes a 96% e 46% em relação ao tratamento controle, respectivamente. Com 60 DAPA, ocorreu a aplicação de PBZ e, a partir desta data, também houve redução na sacarose foliar paralelamente à aumento progressivo nos teores de sacarose nos ramos 90 DAPA. Nesta avaliação, as plantas encontravam-se em fase de maturação de ramos e possivelmente ocorreu a translocação da sacarose presente nas folhas para regiões consideradas drenos metabolicamente ativos, como os ramos durante a fase de maturação de ramos (KOCH, 2004; BENKEBLIA et al., 2005).

Figura 7. Teores de sacarose em folhas (A) e ramos (B) de mangueira cv. Keitt em função de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020.



Letras minúsculas comparam os tratamentos em cada data e letras maiúsculas comparam todas as datas dentro de um mesmo tratamento pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade. CA = Caracterização; CVeg = Crescimento vegetativo; PBZ= Aplicação de Paclobutrazol; MR= Maturação de ramos; IF = Indução floral; FLOR = Floração plena; FRUT = Frutificação. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

A sacarose é produzida nas folhas, especificamente no citosol e é transportada via floema (TAIZ et al., 2017). Por ser o principal produto da fotossíntese, é a fonte de carbono usada como transportadora de energia nas plantas, substrato importante para o metabolismo vegetal por auxiliar as plantas nos eventos fisiológicos e regular a importação de carbono para o dreno metabolicamente ativo (KOCH, 2004; LU et al., 2012).

Na avaliação realizada aos 120 DAPA (30 dias após a 4^a aplicação), registrou-se um incremento na sacarose presente no tecido foliar para todos os tratamentos (Figura 7A) concomitantemente à uma queda deste açúcar nos ramos (Figura 7B), exceto pelo T4 que proporcionou uma média superior em relação aos outros tratamentos, com 2,66 mg gMF⁻¹. Vale salientar que a tendência dos teores de sacarose nas folhas foi igual para todos os tratamentos entre os 60 e 120 DAPA (Figura 7A), não havendo diferenças estatísticas. Durante esta fase (MR), as plantas estavam submetidas à redução da lâmina de hídrica e, portanto, a sacarose agiu modulando o desenvolvimento da planta e a resposta ao estresse, direta ou indiretamente, por meio de interações com outras vias de sinalização, produzindo compostos como a prolina para tolerar o estresse (RUAN, 2014).

Na avaliação após a 5^a aplicação dos tratamentos, com 150 DAPA, fase de indução floral, houve elevação para sacarose nos ramos, ocorrendo o inverso nas folhas, e sem diferenças entre os tratamentos (Figura 7A e B). Contudo, na penúltima avaliação, aos 180 DAPA, fase de floração plena, os teores de sacarose foram incrementados, sendo os tratamentos T6 e T7, ambos com aplicação do bioestimulante em duas vias, superiores em relação aos outros tratamentos para sacarose na folha (Figura 7A), com incrementos de 7% e 24%, respectivamente, em relação a testemunha.

Quanto à síntese de sacarose nas plantas, Paul e Foyer (2001) destacam que esta é mais intensa quando a fase fenológica da planta requer mais energia, como é o caso da floração, onde há a necessidade de se evitar o aborto das

flores. Sendo assim, o carbono fixado fotossinteticamente que poderia ser direcionado para a produção de amido no cloroplasto, segue a rota preferencial dependente da demanda de carboidratos, que nesta fase é a síntese de sacarose no citoplasma celular.

Durante a frutificação, 210 DAPA, a redução nos teores de sacarose pode ser explicada pela mobilização destas moléculas para o enchimento dos frutos, resultado da relação fonte-dreno (LEMOINE et al., 2013). Nota-se que os tratamentos com aplicações via fertirrigação + via foliar (T6 e T7) apresentaram a mesma tendência de redução dos teores de sacarose, tanto em folha quanto em ramo, diferindo dos demais tratamentos em sacarose na folha (Figura 7A) e do T3 e T4 nos ramos (Figura 7B). Na fase de frutificação, os drenos metabólicamente ativos são os frutos, os quais demandam maiores quantidades de açúcares, desta forma, os tratamentos T6 e T7 parecem ter mobilizado os conteúdos de sacarose presentes nas folhas e ramos para suprir a demanda e manter o desenvolvimento dos frutos. A sacarose é uma molécula-chave na formação de carboidratos, os quais constituem aproximadamente 90% da biomassa vegetal, tornando este açúcar determinante no rendimento das culturas (RUAN, 2014).

Quanto às variáveis de produção, verifica-se que o número de frutos por planta, produção para mercado interno, produção para exportação e refugo foram influenciadas pelos tratamentos, não havendo respostas significativas para número de panículas por planta e pegamento de frutos (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de panículas por planta (NP), número de frutos por planta (NF), pegamento (NF/NP) e produção interna, exportação e refugo de mangueira cv. Keitt em função do uso de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE. 2020.

FV	Nº de panículas por planta (NP)	Nº de frutos por planta (NF)	Pegamento (NF/NP)	Produção mercado interno (kg planta ⁻¹)	Produção exportação (kg/planta)	Refugo (kg planta ⁻¹)
Tratamentos (T)						
Valor 'F'	2,219 ^{ns}	4,027**	1,523 ^{ns}	9,734**	2,373*	56,726**
T1	71,1	100,5 b	1,62	18,79 a	40,37 b	6,57 d
T2	102,6	125,0 a	1,20	12,07 b	48,57 a	16,70 a
T3	75,1	100,2 b	1,57	11,85 b	43,81 b	8,77 c
T4	86,6	111,2 a	1,31	10,85 b	51,06 a	11,22 b
T5	92,5	105,3 b	1,16	19,26 a	44,62 b	7,08 d

T6	85,8	114,4 a	1,46	19,70 a	48,71 a	4,67 e
T7	64,0	99,1 b	1,41	11,44 b	50,00 a	6,20 d
CV (%)	21,61	19,64	20,61	39,97	24,07	27,72

FV: Fontes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; **: significante ($p < 0,01$); *: significante ($p < 0,05$); ns: não significante; CV%: Coeficiente de variação. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

O número de frutos por planta (Tabela 3) foi contabilizado após a segunda queda fisiológica dos frutos. Os tratamentos T2, T4 e T6 apresentaram superioridade em relação aos outros tratamentos, com médias de 125, 111,2 e 114,4, respectivamente. O incremento no número de frutos por planta promovido pelos tratamentos T2, T4 e T6 em comparação a testemunha foi de 25%, 11% e 11%, respectivamente. Nota-se que, mesmo com efeito tardio em outras variáveis analisadas, o tratamento T2 foi mais influente na retenção dos frutos.

Abd Ellatif et al. (2019) registraram menores médias de número de frutos para mangueiras ‘Haydi’ e ‘Naomi’, com valores de 54 e 51 frutos por planta, usando bioestimulantes contendo 4,9% de aminoácido, 1% de boro, 2% de magnésio, 1,5% de zinco, 2% de citocinina e auxina e 2% de vitaminas. Mouco et al. (2009) aplicaram diferentes concentrações de aminoácidos em mangueira “Tommy Atkins” cultivada em região semiárida, tendo uma resposta positiva para o número de frutos por planta, com um incremento de 45,32%. Em estudo realizado por Lobo et al. (2019) foi verificado um incremento no número de frutos por plantas em mangueira cv. Kent com a aplicação de bioestimulantes. Na ocasião, o tratamento contendo nutrientes solúveis, aminoácidos livres e extrato de alga *Lithothamnium* promoveu aumento de 54,37 frutos por planta em relação ao tratamento com menor média.

Segundo a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2012), o calibre da manga é classificado de acordo com o número de frutos necessários para totalizar 6 kg de peso líquido em uma caixa comercial. Desta forma, os dados referentes à produção por plantas foram coletados em três momentos diferentes, respeitando os calibres informados pela fazenda: produção de frutos para mercado interno, calibre 4 e 5; produção de frutos para exportação, calibre entre 6 e 8; e refugo, que inclui os frutos que não se enquadram nos calibres anteriormente citados.

Os tratamentos que atingiram as maiores produções de frutos com calibre para exportação foram o T2, T4, T6 e T7, com médias de 48,57, 51,06, 48,71 e 50 kg por planta, respectivamente (Tabela 3). Estes dados demonstram que os tratamentos que tiveram os maiores valores de número de frutos por planta (Tabela 3) foram também mais eficientes no enchimento de frutos com calibre para exportação, exceto pelo T7. Mohamed e El-Sehrawy (2013) em Minia, Egito, estudando a aplicação de extrato de alga *Ascophyllum nodosum* em mangueira “Hindy Bisinnara”, observaram uma elevação de 54 kg por planta na produção de frutos, com efeitos positivos sobre o estado nutricional da planta e qualidade dos frutos.

O tratamento controle (T1) foi o que obteve a menor média de produção de frutos com o calibre para exportação, sendo 26,5% inferior ao T4, que apresentou a melhor média (Tabela 3), equivalendo a aproximadamente 11 kg a menos na produção das plantas do tratamento testemunha. Contudo, o T1 apresentou superioridade na produção de frutos com calibre para mercado interno, mas semelhante aos tratamentos T5 e T6. Esse resultado pode ser atribuído a menor quantidade de número total de frutos por planta, o que possibilitou o enchimento demasiado dos frutos, gerando menos frutos com calibre ideal para exportação.

O tratamento 2 (Tabela 3) foi superior a todos os outros em relação a produção de frutos do tipo refugo, apresentando uma média de 16,7 kg por planta, 154% acima testemunha. Os frutos classificados como refugo são aqueles que não atingem o calibre ideal para o mercado interno e externo, e que são comercializados por preços que não cobrem o custo de produção. Vale salientar que embora o T2 tenha apresentado uma maior média de frutos do tipo refugo, este tratamento também foi eficiente na produção de frutos com calibre para exportação, mostrando que possui potencial para um incremento na produção de frutos do calibre de interesse comercial, com os devidos ajustes do respectivo sistema de produção.

Segundo Taiz et al. (2017), é possível que em muitos casos, o acúmulo de reservas nesses drenos sofra limitações pela fonte. Quando o número de frutos por planta é elevado, a área foliar disponível por fruto é muitas vezes insuficiente para manter um crescimento adequado. Além disso, para que os frutos

remanescentes alcancem o calibre esperado é fundamental aumento no suporte nutricional das plantas.

Mesmo com um número de frutos por planta semelhante ao T2 e superior à testemunha, o tratamento T6 obteve o menor valor de produção de refugo, com 4,67 kg por planta (Tabela 3), aproximadamente 29% a menos que a testemunha, demonstrando a eficiência deste tratamento para o enchimento dos frutos, não restando muitos frutos remanescentes. Aplicações combinadas de duas vias, parece ter maior influência no enchimento dos frutos, induzindo o menor índice de frutos do tipo refugo, possivelmente pela rápida disponibilização do bioestimulantes pela via foliar.

4. CONCLUSÕES GERAIS

O uso de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* promove aumento nos teores de carboidratos solúveis totais em folha e ramo, amido no ramo e sacarose em folha e ramos, mas os efeitos são dependentes da fase avaliada;

A aplicação do bioestimulante contendo *R. palustris* na dose de 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar (T6) aumentou a produção de frutos com calibre para exportação em mangueira cv. Keitt irrigada no Semiárido.

REFERÊNCIAS

ABD ELLATIF, E. S.; ZAGZOG, O.; EL NAGAR, N.; QAOOD, E. S. Effect of bio-stimulator on fruiting of some mango cultivars. **Journal of Productivity and Development**, v. 24, n. 3, p. 611-621, 2019.

ÁLVARES, 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.

BENKEBLIA, N., ONODERA, S., SHIOMI, N. Variation in 1-fructo-exohydrolase (1-FEH) and 1-kestose-hydrolysing (1-KH) activities and fructo oligosaccharide(FOS) status in onion bulbs. Influence of temperature and storage time. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 227-234, 2005.

BRASIL. Instrução normativa nº 38, de 19 de dezembro de 2012. Regulamento Técnico da Manga. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília-DF, 2012.

CARVALHO, C.; KIST, B. B.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de horti&fruti 2020**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019. 96 p.

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

CAVALCANTE, Í.H.L.; NOGUEIRA E SILVA, G.J.; CAVACINI, J.A.; AMARIZ, R. A., FREITAS, S. T.; SOUSA, K. Â. O.; SILVA, M.A.; CUNHA, J. Metconazole on Inhibition of Gibberellin Biosynthesis and Flowering Management in Mango. **Erwerbs-Obstbau**, v. 62, p. 89-95, 2020.

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

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

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

GE, H.; LIU, Z.; ZHANG, F. Effect of *Rhodopseudomonas palustris* G5 on seedling growth and some physiological and biochemical characteristics of cucumber under cadmium stress. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 29, n. 11, p. 816-821, 2017.

HASSANEIN, R. A.; BASSUONY, F. M.; BARAKA, D. M.; KHALIL, R. R. Physiological effects of nicotinamide and ascorbic acid on *Zea mays* plant grown under salinity stress: Changes in growth, some relevant metabolic activities and oxidative defense systems. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 5, n. 1, p. 72-81, 2009.

HODGE, J.E.; HOFREITER, B.T. **Determination of reducing sugars and carbohydrates**. In: Whistler, R.L. and Wolfrom, M.L., Eds., *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Academic Press, New York, 380-394. 1962.

KANTACHOTE, D.; NUNKAEW, T.; KANTHA, T.; CHAIPRAPAT, S. Biofertilizers from *Rhodopseudomonas palustris* strains to enhance rice yields and reduce methane emissions. **Applied Soil Ecology**, v. 100, p. 154-161, 2016.

KOCH, K. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, n. 3, p. 235-246, 2004.

LEMOINE, R.; LA CAMERA, S.; ATANASSOVA, R.; DÉDALDÉCHAMP, F.;

ALLARIO, T.; POURTAU, N.; FAUCHER, M. Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. **Frontiers in plant science**, v. 4, p. 272, 2013.

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.

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

MOHAMED, A. Y.; EL-SEHRAWY, O. A. M. Effect of seaweed extract on fruiting of Hindy Bisinnara mango trees. **Journal of American Science**, v. 9, n. 6, p. 243-251, 2013.

MOUCO, M. A. C.; LIMA, M. A. C.; SILVA, A. L.; SANTOS, S.; RODRIGUES, F. M. Amino acids on mango yield and fruit quality at Submédio São Francisco Region, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 820, p. 437-442, 2009.

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. 243-351, 2012.

PAUL, M. J.; FOYER, C. H. Sink regulation of photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 52, p. 1383-1400, 2001.

PHAVAPHUTANON, L.; KRISANAPOOK, K. Changes of total non-structural carbohydrates within shoots of 'Nam dok mai' mango after paclobutrazol application. **Acta Horticulture**, v. 509, p. 559-564, 2000.

PHONGJARUS, N.; SUVAPHAT, C.; SRICHA, N.; RITCHIE, R. J. Photoheterotrophy of photosynthetic bacteria (*Rhodospseudomonas palustris*) growing on oil palm and soybean cooking oils. **Environmental Technology & Innovation**, v. 10, p. 290-304, 2018.

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

RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T. L. Mango (*Mangifera indica* L.) pollination: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 203, p. 158-168, 2016.

RUAN, Y. L. Sucrose metabolism: gateway to diverse carbon use and sugar signaling. **Annual review of plant biology**, v. 65, p. 33-67, 2014.

R CORE TEAM. R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

SANTOS-VILLALOBOS, S.; FOLTER, S.; DELANO-FRIER, J.; GÓMEZ-LIM, M.; GUZMÁN-ORTIZ, D. Growth promotion and flowering induction in mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Ataulfo') trees by *Burkholderia* and *Rhizobium* inoculation: morphometric, biochemical, and molecular events. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 3, p. 615-627, 2013.

SILVA, M. A.; CAVALCANTE, Í. H. L.; MUDO, L. E. D.; PAIVA NETO, V. B.; CUNHA, J. G. Biostimulant alleviates abiotic stress of mango grown in semiarid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 24, n. 7, p. 457-464, 2020.

SILVA, M. M. L. 2018. 40p. **Conteúdo de carboidratos na maturação da parte aérea e produtividade em mangueira palmer submetidos a fertilização potássica e bioestimulante**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João Del Rei, Campus Sete Lagoas, 2018.

SIGMAPLOT FOR WINDOWS, version 10. 2006. Disponível em: <<http://www.systat.com/products/sigmaplot/>>. Acesso em: 20 de Julho de 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. (2017). **Plant physiology and development** (6ª ed.). Oxford: Oxford University Press. 756 p.

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

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical biochemistry**, v. 22, n. 2, p. 280-283, 1968.

YAHIA, E. M.; CARRILLO-LÓPEZ, A.; BELLO-PEREZ, L. A. Carbohydrates, In: **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. Woodhead Publishing, p.175-205. 2019.

YIN, Z. P.; SHANG, Z. W.; WEI, C.; REN, J.; SONG, X. S. Foliar sprays of photosynthetic bacteria improve the growth and anti-oxidative capability on Chinese dwarf cherry seedlings. **Journal Plant Nutrition**, v. 35, p. 840-853, 2012.

CAPÍTULO 4

***Rhodopseudomonas palustris* NA QUALIDADE DE FRUTOS E PRODUTIVIDADE DE MANGUEIRA 'KEITT'³**

RESUMO

O cultivo da mangueira possui grande impacto socioeconômico no cenário brasileiro, em especial no Vale do São Francisco. Dentre as cultivares produzidas nesse local, a cv. Keitt é uma planta com frutos que possuem uma boa aceitação no mercado, sendo destinados principalmente à exportação. A qualidade da manga e o seu tempo de prateleira podem ser afetados por diversos fatores externos e internos, dentre estes, o teor de matéria seca, que é influenciado diretamente pelos carboidratos fornecidos ao órgão dreno no decorrer do seu desenvolvimento, parece ter um papel fundamental. O uso de bioestimulantes contendo microrganismos demonstra ser uma estratégia promissora para o aumento da atividade fotossintética e maior acúmulo de assimilados em culturas agrícolas. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito do bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* na produtividade e qualidade de frutos de mangueira cv. Keitt no semiárido. O experimento foi instalado em blocos, com 7 tratamentos, 4 repetições e 3 plantas por parcela. Os tratamentos consistiram em: T1) tratamento controle; quatro dosagens do *R. palustris* aplicados em fertirrigação: T2) 1,9 L ha⁻¹; T3) 3,8 L ha⁻¹; T4) 5,7 L ha⁻¹; T5) 7,6 L ha⁻¹; e dois tratamentos com aplicações via fertirrigação + via foliar: T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar, aplicados mensalmente, totalizado sete aplicações. Foi avaliada a produtividade (Mg ha⁻¹) e as seguintes variáveis no fruto: diâmetro longitudinal (DL), diâmetro ventral (DV) e diâmetro transversal (DT), massa dos frutos (MF), firmeza de polpa (F), rendimento de polpa (RP), sólidos solúveis, pH, acidez titulável (AT), *Ratio* (SS/AT), e massa seca da polpa (MS). O uso de bioestimulante contendo *R. palustris* promoveu aumento de 10 Mg ha⁻¹ na produtividade, aumentou os diâmetros longitudinal e transversal, e a *ratio* de frutos de mangueira cv. Keitt no semiárido.

Palavras-chave: Rendimento. Bactéria roxa. Estresses abióticos. Açúcares não redutores.

ABSTRACT

The cultivation of mango (*Mangifera indica* L.) has a great socioeconomic impact on the Brazilian scenario, especially in the São Francisco Valley. Among the cultivars produced in the Valley, cv. Keitt is a plant with fruits that have a good acceptance in the market, being destined mainly for export. The quality of the mango and its shelf life can be affected by several external and internal factors, among them, the dry matter content, which is directly influenced by the carbohydrates supplied to the drain organ during its development, seems to have

³ Artigo a ser submetido para publicação

a fundamental role. The use of biostimulants containing microorganisms has shown to be a promising strategy for increasing photosynthetic activity and greater accumulation of assimilates in crops. Thus, the objective was to evaluate the effect of the biostimulant containing *Rhodopseudomonas palustris* on the productivity and quality of fruits of mango cv. Keitt in the semiarid. The experiment was installed in blocks, with 7 treatments, 4 replications, and 3 plants per plot. The treatments consisted of: T1) control treatment (T1) (without application of *R. palustris*); four dosages of *Rhodopseudomonas palustris* via fertigation T2) 1.9 L ha⁻¹; T3) 3.8 L ha⁻¹; T4) 5.7 L ha⁻¹; T5) 7.6 L ha⁻¹; and two treatments with applications via fertigation + foliar: T6) 1.9 L ha⁻¹ via fertigation + 1.9 L ha⁻¹ via leaf; T7) 3.8 L ha⁻¹ via fertigation + 1.9 L ha⁻¹ via leaf, applied monthly, totaling seven applications. Productivity (Mg ha⁻¹) and following variables in the fruit: longitudinal (DL), ventral (DV) and transverse (DT), fruit mass (MF), pulp firmness (F), pulp yield (RP), soluble solids, pH, titratable acidity (AT), Ratio (SS / AT), and dry pulp mass (MS). The use of biostimulant containing *Rhodopseudomonas palustris* promoted an increase of 10 Mg ha⁻¹ in productivity, increased the longitudinal and transversal diameters, and the ratio of fruits of mango cv. Keitt in the semiarid.

Key-words: Yield. Purple bacterium. Abiotic stresses. Non-reducing sugars.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da mangueira (*Mangifera indica* L.) possui grande impacto socioeconômico no cenário brasileiro, em especial na região Nordeste, onde localiza-se o Vale do São Francisco, principal polo produtor de frutas no país (CARVALHO et al., 2019). Dentre as cultivares produzidas no Vale do São Francisco, a cv. Keitt é uma planta de porte ereto e ramos de crescimento longos; com frutos grandes e de formato oval, peso entre 600 e 1500 g, com pouca fibra, relação polpa/fruto em torno de 70%, teor de sólidos solúveis entre 18,9 e 22° Brix e acidez titulável média de 0,31 g de ácido cítrico 100 g⁻¹, e seu tempo de prateleira pode chegar até 20 dias quando armazenados sob temperatura ambiente (MOUCO; LIMA NETO, 2017), sendo destinados principalmente à exportação.

A qualidade da manga e o seu tempo de prateleira podem ser afetados por diversos fatores externos e internos, dentre estes, o teor de matéria seca, que é influenciado diretamente pelos carboidratos fornecidos ao órgão dreno no decorrer do seu desenvolvimento, parece ter um papel fundamental. A porção de carboidratos destinados pela planta para o fruto depende da quantidade sintetizada por meio da fotossíntese, respeitando a demanda do sistema fonte-

dreno e a disponibilidade de reservas (LÉCHAUDEL; JOAS, 2007; TAIZ et al., 2017). Desta forma, a elevação da atividade fotossintética da mangueira pode proporcionar uma maior síntese e mobilização de fotoassimilados necessários para o desenvolvimento e crescimento dos frutos (FERNANDES, 2009).

O uso de bioestimulantes contendo microrganismos demonstra ser uma estratégia promissora para o aumento da atividade fotossintética e maior acúmulo de assimilados em culturas agrícolas. Em estudo realizado com repolho chinês (*Brassica chinensis* L.) pulverizado com a bactéria *Rhodopseudomonas palustris* foi observado uma elevação na atividade fotossintética, bem como um maior acúmulo de biomassa (XU et al., 2016).

A aplicação de bioestimulantes contendo esta bactéria provou ser uma estratégia viável no incremento da produtividade de uva (*Vitis vinifera* L.), pimenta-caiena (*Capsicum annuum*) e tomate (*Solanum lycopersicum*) associadas a aumento na qualidade dos frutos pela diminuição da acidez e a elevação da *ratio* dos frutos (SHI et al., 1995; GU et al., 2002). Há na literatura evidências do aumento nos rendimentos de culturas como arroz (*Oryza sativa* L) (HARADA et al., 2005; KANTACHOTE et al., 2016), pepino (*Cucumis sativus* L.) (GE et al., 2017) e cereja anã chinesa (*Prunus humilis* Bunge) (YIN et al., 2012), mas não há estudos voltados à sua aplicação em plantas frutíferas cultivadas em regiões tropicais. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito do bioestimulante contendo *R. palustris* na produtividade e qualidade de frutos de mangueira cv. Keitt no Semiárido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

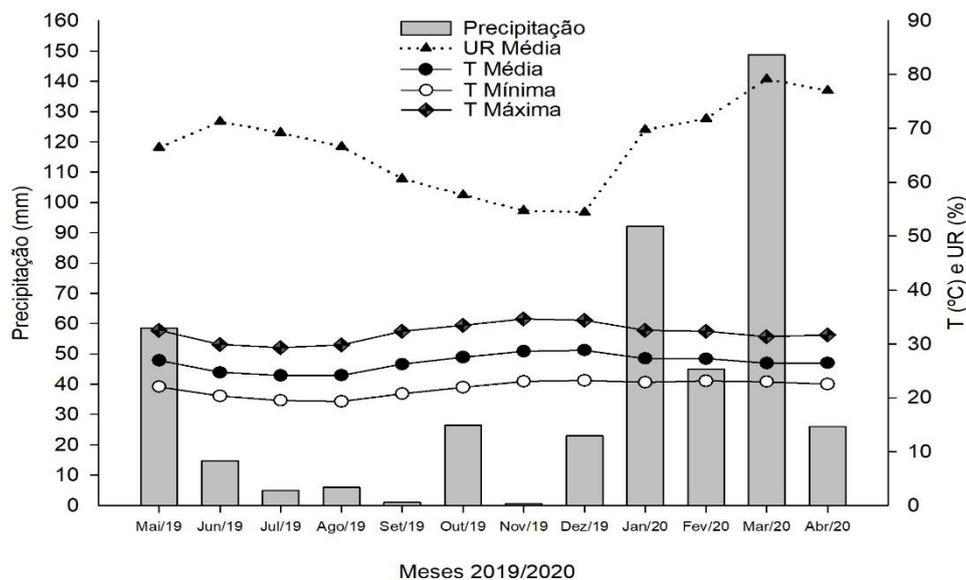
2.1. Área experimental

Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente entre maio de 2019 e abril de 2020 em pomares comerciais de mangueira cv. Keitt, localizados na fazenda Aracê Agrícola (Special Fruit Importação e Exportação Ltda.), em Petrolina – PE, localizada em latitude 9°18'37.3" S e longitude 40°40'31.8" O, com altitude de 400,3 m.

O clima da região é classificado por Köppen como BSh (quente e seco) (ÁLVARES, 2013), caracterizando uma região de clima semiárido. Os dados meteorológicos referentes à precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar durante o período em que os experimentos foram conduzidos foram

registrados em estação meteorológica automática instalada na própria fazenda (Figura 1).

Figura 1. Temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa do ar e precipitação, registradas durante a condução do experimento. Petrolina-PE, 2019-2020.



2.2. Delineamento experimental, tratamentos e parcelas

Os dois experimentos foram realizados de forma independente, mas simultaneamente, adotando-se em cada um deles o delineamento em blocos, com sete tratamentos e quatro repetições, com cinco plantas, sendo três plantas úteis por parcela e duas plantas de bordadura. As avaliações foram realizadas durante todo o ciclo produtivo da cultura, com intervalos de 15 e/ou 30 dias, sendo as datas de avaliação e os tratamentos considerados como fatores.

Os tratamentos consistiram em: T1) tratamento controle; quatro dosagens do *Rhodopseudomonas palustris* aplicados em fertirrigação: T2) 1,9 L ha⁻¹; T3) 3,8 L ha⁻¹; T4) 5,7 L ha⁻¹; T5) 7,6 L ha⁻¹; e dois tratamentos com aplicações via fertirrigação + via foliar (Figura 2): T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via. As aplicações foram realizadas a cada trinta dias, sendo iniciadas um mês após a poda de produção (pós-colheita), estendendo-se às fases de maturação de ramos, indução floral, florescimento pleno e início da frutificação, totalizando sete aplicações (Figura 3). O bioestimulante adotado como fonte de *R. palustris* foi o Bioavance

(Biotrop®) que possui em sua composição 750.000 UFC mL⁻¹ de *R. palustris*, com densidade de 1,0 g cm⁻³.

Figura 2. Aplicação via pulverização com Arbus 2000® (A) e aplicação via fertirrigação com auxílio de um injetor venturi (B). Petrolina – PE.

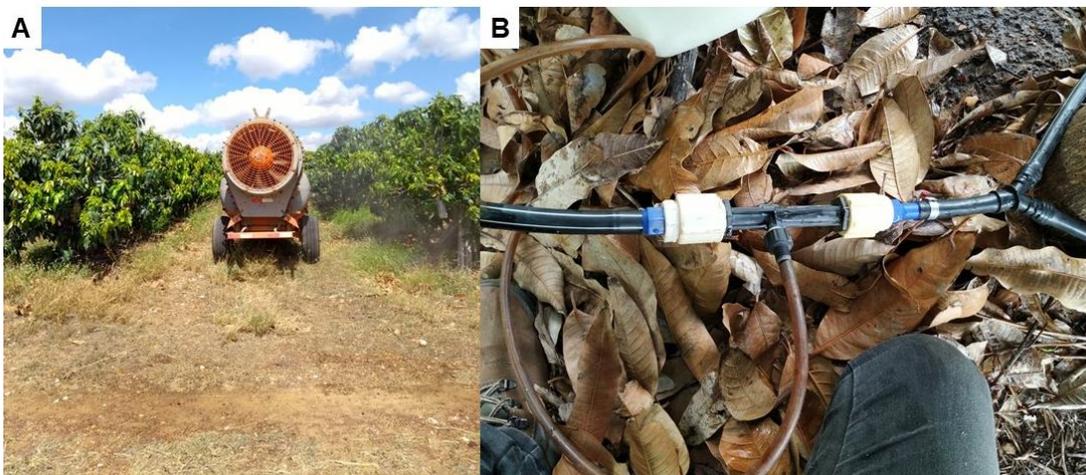
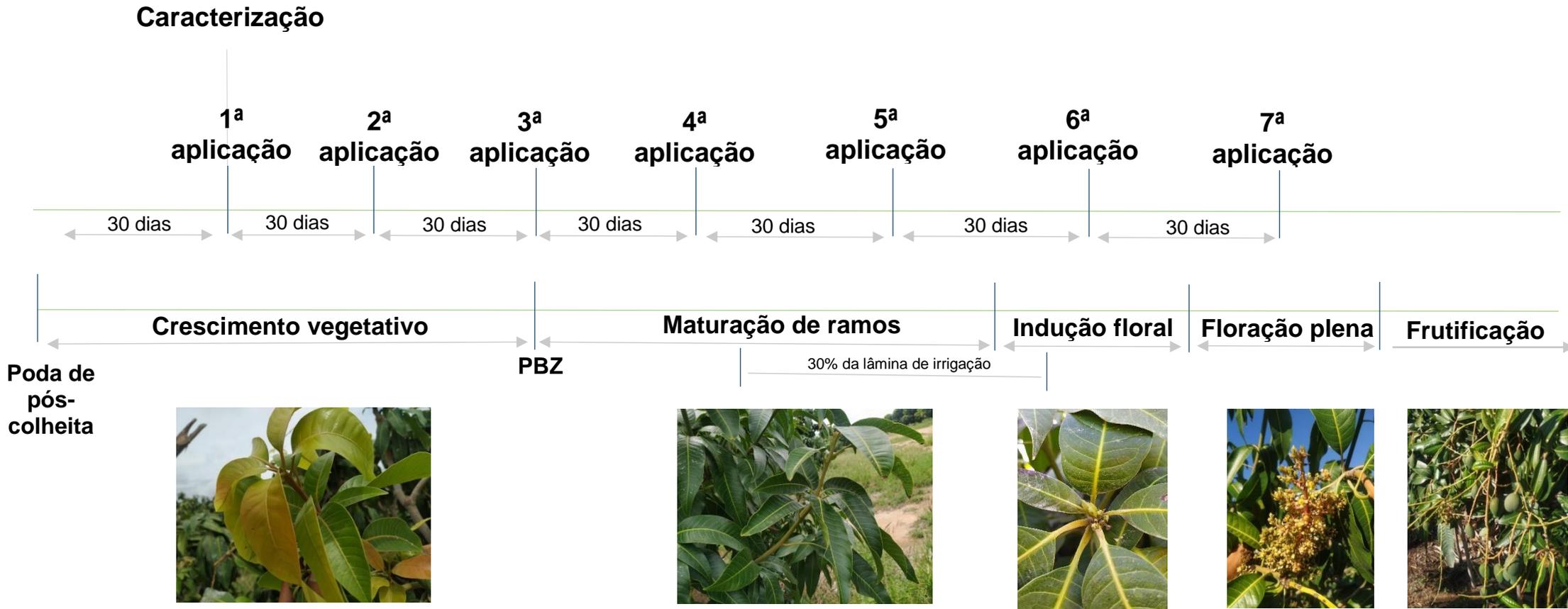


Figura 3. Cronograma de aplicações dos tratamentos dentro do ciclo produtivo da mangueira cv. Keitt irrigada no semárido. Petrolina – PE. 2020.



2.3. Condições e manejo da área

Foram avaliadas plantas de mangueira cv. Keitt, com sete anos e no quinto ano produtivo, dispostas em um espaçamento de 6m entre linhas e 2m entre plantas. As plantas foram irrigadas por sistema localizado de gotejamento com duas fitas de gotejo por linha, e emissores com vazão de 1,5 L h⁻¹. Cada planta possuía 12 gotejadores (6 por fita de gotejo), totalizando uma vazão de 18L

Os pomares foram submetidos às práticas culturais recomendadas para a cultura da mangueira nas condições regionais de cultivo, seguindo as normas técnicas da Produção Integrada de Manga definidas por Lopes et al. (2003), quanto às podas, manejo nutricional via fertirrigação, controle de plantas invasoras, pragas e doenças, e definição do ponto de colheita.

O manejo do florescimento incluiu o uso do paclobutrazol (PBZ) para regulação do crescimento das brotações vegetativas. O PBZ foi aplicado no dia 18/07/2019, cerca de três meses após a poda de pós-colheita, na dose de 10 L ha⁻¹ de Cultar 250 SC[®], equivalente à 12 mL por planta, aplicado no solo, via fertirrigação. Ao longo da fase de maturação de ramos, que se inicia com o uso do PBZ, foram realizadas aplicações de sulfato de magnésio (MgSO₄) (2%), na primeira e segunda semana e, posteriormente, foram realizadas quatro aplicações de sulfato de potássio (K₂SO₄) (2%), com intervalo de quinze dias entre cada aplicação, iniciando na terceira semana desta mesma fase. O manejo do florescimento incluiu uso do paclobutrazol (PBZ) para regular o crescimento das brotações vegetativas. O PBZ foi aplicado no dia 18/07/2019, cerca de três meses após a poda de pós-colheita, na dose de 10L ha⁻¹ de Cultar 250 SC[®], equivalente à 12mL por planta, aplicado no solo, via fertirrigação. Ao longo da fase de maturação de ramos foram realizadas aplicações de sulfato de magnésio (MgSO₄) (2%), na primeira e segunda semana e, posteriormente, foram realizadas aplicações de sulfato de potássio (K₂SO₄) (2%), com intervalo de quinze dias entre cada aplicação, iniciando na terceira semana desta mesma fase. Ainda na maturação de ramos, foi iniciada a redução da lâmina hídrica.

Desde o final da fase de maturação de ramos até o término da indução floral, houve a redução progressiva da lâmina de irrigação, com diminuições de 20% semanalmente, totalizando uma redução de 80% do fornecimento diário de água para as plantas. No manejo de floração foram feitas quatro aplicações com

nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] na concentração entre 1,5 e 2,5%, e duas aplicações de nitrato de potássio (KNO_3) (3%). No início da fase de floração ocorreu o retorno gradativo da lâmina de irrigação, na mesma proporção em que ocorreu a redução do fornecimento diário de água, até atingir a quantidade demandada pela cultura conforme o Kc (coeficiente de cultura).

Na fase de frutificação, as plantas foram adubadas com fertilizantes contendo cálcio e com sulfato de potássio (K_2SO_4), a fim de garantir o desenvolvimento e o maior acúmulo de açúcar nos frutos. Em cada uma das áreas foram fornecidas as seguintes quantidades de nutrientes: 39 kg ha⁻¹ de N, 99 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 150 kg ha⁻¹ de K₂O, 202 kg ha⁻¹ de Ca, 9 kg ha⁻¹ de MgSO₄, 1,8 kg ha⁻¹ de Mn, 1,5 kg ha⁻¹ de B e 1,0 kg ha⁻¹ de Zn, 1,1 kg ha⁻¹ de Fe. Utilizou-se como fonte, os fertilizantes MAP (12% N e 60% P), sulfato de potássio (50% K e 18% S), dois fertilizantes à base de algas marinhas (14% Ca e 23% Ca), sulfato de magnésio (9% Mg e 14% S), manganês (13%), ácido bórico (17% B), zinco (15% Zn) e ferro (6%).

2.4. Variáveis analisadas

2.4.1. Produtividade

A produtividade expressa em Mg ha⁻¹ foi estimativa no momento da colheita a partir dos dados de produção por planta (kg por planta) que foi determinada utilizando uma balança (0,5 g precisão).

2.4.2. Pós-Colheita

Após a colheita, os frutos foram acondicionados em contentores e levados para o Laboratório de Agroindústria da Universidade do Vale do São Francisco, campus Ciências Agrárias. Os frutos foram lavados e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio diluído em água (200 mg L⁻¹) e em seguida, enxaguados com água para retirar o excesso de solução. Os frutos foram acomodados em uma bancada para que ocorresse a secagem natural do excesso de água (Figura 4A). Posteriormente, os frutos secos foram estocados em incubadora refrigerada do tipo BOD a uma temperatura de 12°C durante 22 dias, para simular o transporte para o mercado exterior, em seguida, a temperatura foi ajustada para 25°C por 72 h para completar seu ciclo de maturação.

Foram avaliadas as características físico-químicas seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) quanto a: diâmetros longitudinal (DL), ventral (DV) e transversal (DT), determinados com paquímetro digital (0,01 mm-300 mm, Starret®) e expresso em mm; massa dos frutos (MF), mensurada com balança de precisão (0,01g) e expressa em g (Figura 4B); firmeza de polpa (F) determinada com penetrômetro manual com ponteira de 8 mm, efetuando-se medidas em ambos lados opostos da região mediana do fruto, expresso em kgf cm^{-2} (Figura 4C); rendimento de polpa (RP), estimada a partir da fórmula [(massa da polpa/massa do fruto)*100] e expressa em porcentagem (%) (Figura 4D); sólidos solúveis determinado por leitura direta da polpa em refratômetro portátil e expresso em °Brix (Figura 4E); pH, avaliado em leitura direta utilizando pHmetro digital (Figura 4F); acidez titulável (AT), determinada por titulometria com solução de NaOH 0,1N e indicador fenolftaleína e expressa em g de ácido cítrico /100 g de polpa; *ratio*, calculada a partir da relação direta entre SS/AT; e massa seca da polpa (MS), determinada através da secagem da polpa em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 70°C por 72 h, e resultado expresso em %.

Figura 4. Frutos expostos na bancada após lavagem (A), avaliação de massa fresca (B), firmeza da polpa (C), retirada da casca e caroço (D), polpa do fruto para leitura de SS (E) e avaliação de pH da polpa de frutos de mangaieira cv. Keitt.

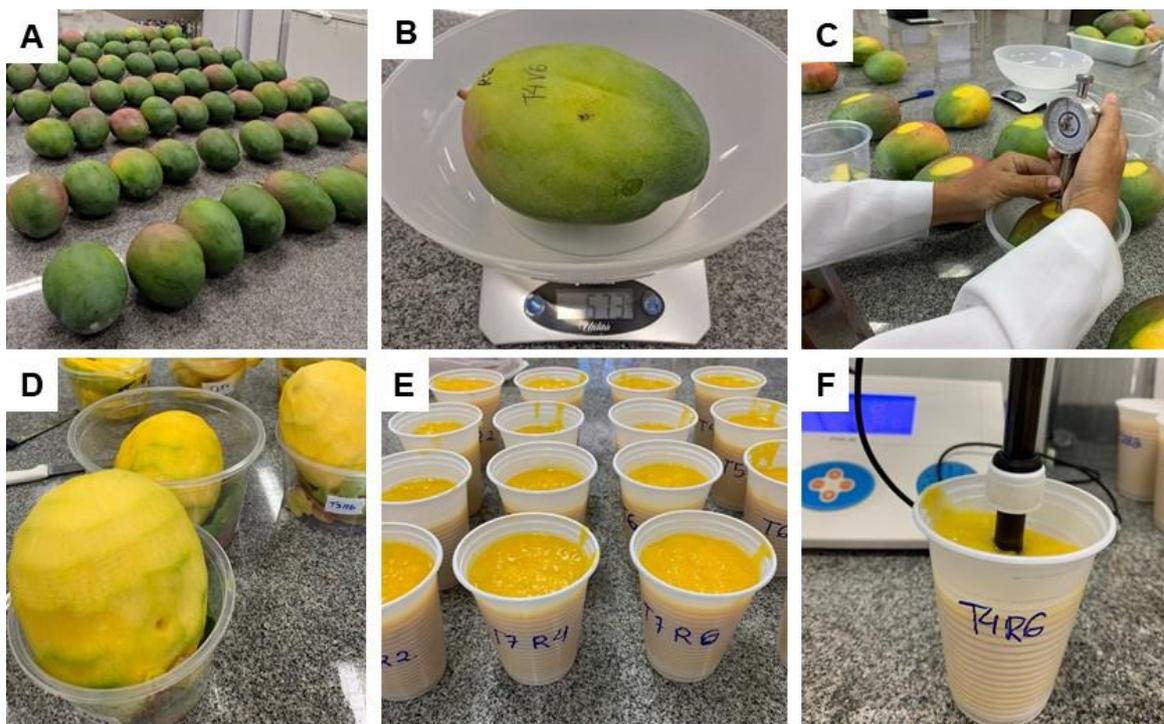


Foto: Arquivo pessoal. Ano: 2020.

2.4.3. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise conjunta de variância das duas áreas experimentais para avaliação dos efeitos significativos pelo teste F e os tratamentos comparados entre si pelo teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade, usando o software R, versão 3.5.0 (R CORE TEAM, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a análise de variância, houve influência dos tratamentos apenas para as variáveis produtividade, diâmetro longitudinal do fruto, diâmetro transversal do fruto (Tabela 1) e *ratio* (Tabela 2).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade de frutos, diâmetro longitudinal (DL), diâmetro ventral (DV), diâmetro transversal (DT), massa do fruto (MF) e rendimento de polpa (RP) de frutos de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE, 2020

FV	Produtividade (Mg/ha)	DL (mm)	DV (mm)	DT (mm)	MF (g)	RP (%)
Valor 'F'	2,608*	2,876*	1,878 ^{ns}	2,576*	2,460 ^{ns}	0,598 ^{ns}
T1	54,54 b	134,05 b	84,47	99,06 b	610,50	80,71
T2	64,52 a	137,85 a	86,07	101,13 a	632,40	79,08
T3	53,71 b	131,03 b	82,84	97,39 b	619,75	80,83
T4	60,92 a	137,56 a	86,09	102,05 a	650,38	81,81
T5	59,11 a	138,31 a	86,50	101,74 a	645,88	81,34
T6	60,68 a	133,02 b	83,76	98,74 b	593,38	81,24
T7	56,11 b	133,56 b	84,02	98,19 b	652,50	81,56
CV (%)	18,48	3,92	3,81	3,66	6,86	2,54

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; **: significativa ($p < 0,01$); *: significativa ($p < 0,05$); ns: não significativo; FV: Fontes de variação; CV%: Coeficiente de variação. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

Os valores de produtividade de frutos foram superiores para os tratamentos T2, T4, T5 e T6, com respectivos incrementos de 18%, 12%, 11% e 8% em relação a testemunha (Tabela 1). Os tratamentos T1, T3 e T7 apresentaram resultados semelhantes entre si, com produtividade entre 53 e 56 Mg ha⁻¹ (Tabela 1). O T2, tratamento com aplicação da menor dose de bioestimulante

apenas via fertirrigação, obteve a melhor média de produtividade, equivalendo a uma diferença de 10 Mg ha⁻¹ em relação à testemunha (T1).

Lobo et al. (2019) verificaram um incremento de 100% na produtividade de mangueira cv. Kent cultivada no semiárido com o uso de bioestimulante contendo nutrientes solúveis em água e L- α -aminoácidos, obtendo aproximadamente 53 Mg ha⁻¹, valor semelhante ao obtido pelo tratamento controle e inferior às melhores médias encontradas neste estudo. Gu et al. (2002) utilizando *R. palustris* verificaram um incremento de 24% e 18% na produtividade de frutos de pimenta-caiena e tomate, além de aumento na qualidade dos frutos somada a uma maior vida de prateleira.

A média de produtividade de mangueiras cultivadas no município de Petrolina-PE é de 45,09 Mg ha⁻¹, estando acima da média nacional de 20,09 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2018). Os valores de produtividade obtidos neste trabalho são numericamente superiores ao verificado nos pomares de mangueira do município, com uma diferença média de 16,2 Mg ha⁻¹ entre os tratamentos que obtiveram as melhores produtividades deste estudo (T2, T4, T5 e T6) e a média de produtividade municipal, mostrando o potencial que o uso de bioestimulantes tem para o cultivo de mangueira na região.

Para os parâmetros de qualidade física dos frutos, houve diferenças para diâmetro longitudinal e transversal do fruto (Tabela 1). Em ambos (Tabela 1), os tratamentos estatisticamente iguais e superiores foram o T2, T4 e T5, que possuem aplicação apenas via fertirrigação, apresentando médias de 137,84, 137,56 e 138,31 mm para o diâmetro longitudinal e 101,12, 102,05 e 101,74 mm para diâmetro transversal do fruto, respectivamente.

Frutos de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de giberelina (40 ppm) apresentaram diâmetro longitudinal de 138,7 e 153,9 mm e diâmetro transversal de 100,3 e 133,3 mm em safras consecutivas (GATTASS et al., 2018), valores próximos aos deste estudo. Schnell et al. (2006) relatam que os frutos de manga 'Keitt' possuem formato oval e base arredondada, geralmente com 90 a 110 mm de diâmetro transversal e longitudinal variando entre 85 e 100 mm, porém, neste estudo, os frutos de todos os tratamentos alcançaram diâmetro longitudinal acima de 100 mm (Tabela 1).

Não houve diferença para rendimento de polpa (Tabela 1), entretanto todos os tratamentos apresentaram porcentagem acima de 79%. Para cultivar Tommy Atkins, a porcentagem de polpa foi de 66% em frutos oriundos de mangueiras fertirrigadas com potássio no semiárido (CARNEIRO et al., 2018). Silva (2009) analisando a pós colheita de mangas 'Ubá' no estágio fisiologicamente maduro, encontrou valores de rendimento próximos a 63%. Os resultados encontrados neste estudo são semelhantes aos de Souza et al. (2004) que observaram rendimento de polpa de aproximadamente 79% para cultivar Keitt.

Avaliando as características de qualidade química dos frutos (Tabela 2), aponta-se que houve diferenças entre os tratamentos apenas para ratio (SS/AT), com destaque para os tratamentos T2 e T3. Vale ressaltar que todos os tratamentos apresentaram uniformidade nas demais características químicas dos frutos, não havendo perda na qualidade dos frutos em razão do acentuado aumento na produtividade dos tratamentos T2, T4, T5 e T6.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis firmeza da polpa (FP), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), ratio (SS/AT), pH e % de massa seca (MS) de frutos de mangueira cv. Keitt em função da aplicação de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris*. Petrolina – PE, 2020

FV	FP (kgf cm ⁻²)	AT (g 100g ⁻¹)	SS (Brix ^o)	Ratio (SS/AT)	pH	MS (%)
Valor 'F'	1,024 ^{ns}	2,123 ^{ns}	1,126 ^{ns}	2,868*	0,630 ^{ns}	1,002 ^{ns}
T1	1,40	0,42	13,58	32,70 b	4,00	13,72
T2	1,13	0,33	13,61	40,88 a	4,11	13,82
T3	1,33	0,36	14,67	41,40 a	4,03	13,57
T4	1,26	0,38	14,01	37,09 b	4,07	12,75
T5	1,22	0,42	13,63	32,75 b	4,06	12,78
T6	1,50	0,40	13,92	35,00 b	4,07	13,07
T7	1,58	0,43	13,93	33,30 b	4,11	12,93
CV (%)	36,65	12,33	5,13	12,20	2,64	6,92

Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade; **: significativa (p <0,01); *: significativa (p <0,05); ns: não significativo; FV: Fontes de variação; CV%: Coeficiente de variação. T1) Tratamento controle; T2) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação; T3) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação; T4) 5,7 L ha⁻¹ via fertirrigação; T5) 7,6 L ha⁻¹ via fertirrigação; T6) 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar; T7) 3,8 L ha⁻¹ via fertirrigação + 1,9 L ha⁻¹ via foliar.

Os valores de ratio (SS/AT) foram significativamente maiores para T2 e T3 (Tabela 2), ambos com aplicação via fertirrigação, com médias de 40,88 e 41,40, sendo 25% e 26,6% superiores ao tratamento controle (T1), respectivamente. Quanto maior o ratio SS/AT dos frutos, maior será os teores de açúcares solúveis

em relação aos ácidos orgânicos, afetando diretamente o sabor e constituindo um importante parâmetro de seleção dos frutos (BENEVIDES et al., 2008; SILVA, 2009).

Para a cultivar Kent em função do uso de bioestimulantes no semiárido, Lobo et al. (2019) relataram valores de ratio entre 20,3 e 25,1 para o seu pior e melhor tratamento, respectivamente. Em um estudo com Uva na China, foi verificado a diminuição da acidez concomitantemente a uma elevação da ratio dos frutos com o uso de *R. palustris* (SHI et al., 1995). Os valores de ratio do T2 e T3 deste estudo atendem as normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) na instrução normativa nº 37, de 08 de outubro de 2018 (BRASIL, 2018), onde o valor mínimo para ratio é de 38,33.

Os valores de firmeza da polpa (Tabela 2) foram estaticamente iguais, variando entre 1,13 kgf cm⁻² para o T2 e 1,58 kgf cm⁻² para T7. As médias de firmeza encontradas neste estudo se enquadram na escala proposta por Brecht et al. (2017) como “frutos maduros macios” que é o melhor estágio para o consumo. Este resultado foi semelhante ao de Lobo et al. (2019), que obtiveram valores entre 1,21 e 1,97 kgf cm⁻² em frutos de mangueira cv. Kent sob a aplicação de bioestimulantes no semiárido; e ao de Gattass et al. (2018) que avaliou a qualidade de frutos mangueira cv. Keitt em função da aplicação de reguladores vegetais e obtiveram médias de firmeza entre 1,27 e 2,18 kgf cm⁻².

As variáveis acidez titulável, sólidos solúveis e pH (Tabela 2) apresentaram médias entre 0,33 e 0,43 g de ácido cítrico 100 g⁻¹, 13,61 e 14,67 Brix^o e 4,00 a 4,11, respectivamente. Embora não tenha sido observado diferença entre os tratamentos, os valores encontrados para ambas variáveis estão de acordo com as normas definidas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) na instrução normativa nº 37, de 08 de outubro de 2018 (BRASIL, 2018), que estabelece que a composição química da polpa da manga para atender os padrões de qualidade deve se enquadrar nos seguintes limites mínimos: 0,30 g de ácido cítrico/100 g para acidez titulável, 11 °Brix para sólidos solúveis e 3,5 para pH.

A manga é um fruto carnudo composto por aproximadamente 80% de água e 20% de matéria seca (MS), sendo esta última determinada pela quantidade de

fotoassimilados e nutrientes acumulados ao longo do crescimento e desenvolvimento dos frutos na planta, que pode ser definido por fatores genéticos e pelas condições de cultivo, os quais contribuem para a composição química do fruto (LÉCHAUDEL et al., 2002; LÉCHAUDEL; JOAS, 2007).

O teor de MS está correlacionado com a quantidade de carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento e desenvolvimento, como por exemplo o amido, que é convertido em açúcares durante o processo de amadurecimento dos frutos (SARANWONG et al., 2004; SUBEDI et al., 2007). Portanto, quanto maior a MS maior a doçura dos frutos maduros, além disso, frutas com elevados teores de MS possuem maior qualidade de consumo (NASSUR, 2009). Os valores encontrados para MS neste estudo estiveram em torno de 13%, não havendo diferenças entre os tratamentos avaliados (Tabela 2).

4. CONCLUSÕES GERAIS

O uso de bioestimulante contendo *Rhodopseudomonas palustris* na dosagem de 1,9 L ha⁻¹ via fertirrigação (T2) promove aumento de até 10 Mg ha⁻¹ na produtividade de frutos, além de incrementar os diâmetros longitudinal e transversal, e a *ratio* de frutos de mangueira cv. Keitt irrigada no Semiárido sem prejuízos na qualidade dos frutos para exportação.

REFERÊNCIAS

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

ÁLVARES, 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.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 571–578, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 37, de 08 de outubro de 2018. **Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de manga**. Diário Oficial da União, nº 194, de 08 de outubro de 2018.

- BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; KADER, A. A.; MITCHAM, E. J.; MAUL, F.; BRECHT, P. E.; MENOCA, O. **Mango postharvest best management practices manual**. Flórida: UF / IFAS Extension, 2017. 62p.
- CARNEIRO, M. A.; LIMA, A. M. N.; CAVALCANTE, Í. H. L.; SOUSA, K. D. S. M. D.; OLDONI, F. C. A.; BARBOSA, K. D. 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. 96 p.
- FERNANDES, K. O. **Resposta da mangueira 'rosa' ao desbaste manual antes e após o abortamento natural dos frutos**. 2009. 60p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais, 2009.
- GATTASS, H. R.; ESSA, A. A.; MARZOUK, H. A.; EL-NAWAM, S. M. Effect of application of some growth regulators and CaCl₂ on fruit drop, yield and fruit quality of Keitt mango trees. **Assiut Journal of Agricultural Sciences**, v. 49, n. 1, p. 79-95, 2018.
- GE, H.; LIU, Z.; ZHANG, F. Effect of *Rhodopseudomonas palustris* G5 on seedling growth and some physiological and biochemical characteristics of cucumber under cadmium stress. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 29, n. 11, p. 816-821, 2017.
- GU, J.; YANG, X.; ISAO, H. Application of Photosynthetic Bacteria Fertilizer on Vegetable [J]. **Heilongjiang Agricultural Science**, v. 6, 2002.
- HARADA, N.; OTSUDA, S.; NISHIYAMA, M.; MATSUMOTO, S. Influences of indigenous phototrophs on methane emissions from a straw-amended paddy soil. **Biol. Fertil. Soils**, v. 41, p. 46-51, 2005.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. **Produção Agrícola Municipal**, 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em: 18 Jun. 2020.
- KANTACHOTE, D.; NUNKAEW, T.; KANTHA, T.; CHAIPRAPAT, S. Biofertilizers from *Rhodopseudomonas palustris* strains to enhance rice yields and reduce methane emissions. **Applied Soil Ecology**, v. 100, p. 154-161, 2016.
- LÉCHAUDEL, M.; GÉNARD, M.; LESCOURRET, F.; URBAN, L.; JANNOYER, M. Leaf-to-fruit ratio affects water and drymatter content of mango fruit. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 77. p. 773-777. 2002.

LÉCHAUDEL, M.; JOAS, J. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 19. p. 287-298, 2007.

LOBO, J. T.; CAVALCANTE, Í. H. L.; LIMA, A. M. N.; VIEIRA, Y. A. C.; MODESTO, P. I. R.; DA 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.

MOUCO, M. A. C.; LIMA NETO, F. P. **A mangueira no Vale do São Francisco**. 2017. Disponível em: <<https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2018/06/MANGA.pdf>>. Acesso em: 15/08/2020.

NASSUR, R.C.M. R. **Indicadores de qualidade em mangas durante o amadurecimento**. 2009. 86p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009.

R CORE TEAM. R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J.; KAWANO, S. Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 137-145, 2004.

SCHNELL, R. J.; BROWN, J. S.; OLANO, C. T.; MEEROW, A. W.; CAMPBELL, R. J.; KUHN, D. N. Mango genetic diversity analysis and pedigree inferences for Florida cultivars using microsatellite markers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 131, n. 2, p. 214-224, 2006.

SHI, Q. L.; YANG, S. P.; MA, Y. Z.; ZHANG, Z. M. The effect of nutritional liquid manure of active PSB on grape. **Journal of Shanghai Jiaotong University**, v. 18, p. 329-331, 1995.

SILVA, D. F. P. **Desenvolvimento e controle do amadurecimento da Manga 'Ubá'**. 2009. 109f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

SOUZA, V. A. B.; VASCONCELOS, L. F. L.; SILVA, E. M. P.; ANDRADE, F. N.; VAL, A. D. B. Comportamento produtivo de dezessete cultivares de mangueira nas condições agroecológicas da microrregião geográfica de Teresina, PI. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 18. Anais. Florianópolis, Santa Catarina. 2004.

SUBEDI, P. P.; WALSH, K. B.; OWENS, G. Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectrometry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 3, p. 326-334, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. (2017). **Plant physiology and development** (6^a ed.). Oxford: Oxford University Press. 756 p.

XU, J.; FENG, Y.; WANG, Y.; LUO, X.; TANG, J.; LIN, X. The foliar spray of *Rhodopseudomonas palustris* grown under Stevia residue extract promotes plant growth via changing soil microbial community. **Journal of soils and sediments**, v. 16, n. 3, p. 916-923, 2016.

YIN, Z. P; SHANG, Z. W.; WEI, C.; REN, J.; SONG, X. S. Foliar sprays of photosynthetic bacteria improve the growth and anti-oxidative capability on Chinese dwarf cherry seedlings. **Journal Plant Nutrition**, v. 35, p. 840-853, 2012.