



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MARCELO DA SILVA MARTINS**

**FISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA MANGUEIRA 'Tommy Atkins'  
COM APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES À BASE DE  
SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**JUAZEIRO-BA**

**2023**

**MARCELO DA SILVA MARTINS**

**FISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA MANGUEIRA 'Tommy Atkins'  
COM APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES À BASE DE  
SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UNIVASF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. José Aliçandro Bezerra da Silva

Coorientador: Pesq. Dr. Welson Lima Simões

**JUAZEIRO-BA**

**2023**

## FICHA CATALOGRÁFICA

M386f	<p>Martins, Marcelo da Silva</p> <p>Fisiologia e produtividade da mangueira 'Tommy Atkins' com aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no semiárido brasileiro / Marcelo da Silva Martins. – Juazeiro-BA, 2023. xiii, 70 f.: 29 cm.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, 2023.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Jose Aliçandro Bezerra da Silva.</p> <p>1. Mangueira - 'Tommy Atkins'. 2. Bioestimulantes. 3. Substâncias Húmicas – Juazeiro (BA). I. Título. II. Silva, Jose Aliçandro Bezerra. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.</p> <p>CDD 634.</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF  
Bibliotecário: Márcio Pataro. CRB - 5 / 1369.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**Marcelo da Silva Martins**

**FISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DA MANGUEIRA 'Tommy Atkins' COM**  
**APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES À BASE DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NO**  
**SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em: 20 de dezembro de 2023

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. José Aliçandro Bezerra da Silva Universidade Federal do Vale do São Francisco	Documento assinado digitalmente  JOSE ALICANDRO BEZERRA DA SILVA Data: 18/04/2024 11:57:55-0300 Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a>
Pesq. Dr. Welson Lima Simões EMBRAPA - Semiárido	Documento assinado digitalmente  WELSON LIMA SIMOES Data: 18/04/2024 16:01:21-0300 Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a>
Prof. Dr. Diego Ariel Meloni Universidad Nacional de Santiago del Estero	
Dra. Jucicleia Soares da Silva (DCR), CNPq/EMBRAPA - Semiárido	Documento assinado digitalmente  JUCICLEIA SOARES DA SILVA Data: 18/04/2024 16:16:54-0300 Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a>
Prof. Dr. Marlon da Silva Garrido Universidade Federal do Vale do São Francisco	Documento assinado digitalmente  MARLON DA SILVA GARRIDO Data: 18/04/2024 12:44:08-0300 Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a>

Aos meus pais, Messias e Maria;  
aos meus irmãos, Marcia, Marlene e Maciel;  
à minha noiva, Sheila Ferreira. Com todo amor,  
dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter guiado meus passos e me mantido firme no propósito durante esse ciclo acadêmico.

Ao meu Orientador, Professor Dr. José Aliçandro Bezerra da Silva, por sempre estar disposto a me ajudar, pela paciência e incentivos e por ser sempre tão gentil. Ao meu Coorientador, Dr. Welson Lima Simões, por todos os conselhos, pela oportunidade e orientação, tornando possível a realização deste trabalho.

À equipe de pesquisa em Fitotecnia e Fertirrigação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Semiárido, representada por Jucicléia Soares, Cíntia Patrícia, Amon Rafael, Caio Vinícius, Italla Miquelis, Yuri Rafael, Wesley Oliveira, Angela Liriel, Vitoria Rodrigues, Marcia Vitoria, Vinícius Gonçalves, Leilta Gonçalves e Natan Oliveira, pela grande ajuda em todos os experimentos.

À equipe de pesquisa do Laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), que se tornou uma segunda família, representada por Vanusia, Nicolly, Anderson, Jadisson e Ana Vitória, que merecem todo meu reconhecimento pelo grande auxílio na condução de todos os experimentos e elucidação de dúvidas, assim como pelo suporte emocional.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e ao seu Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade e infraestrutura oferecida para a realização do mestrado.

À Embrapa Semiárido, pela disponibilização de sua infraestrutura para a execução da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

À Fazenda Surubim, por disponibilizar sua área experimental, pelo fornecimento de dados e por todo apoio durante a condução dos trabalhos.

Aos meus irmãos, Marcia, Marlene e Maciel, pois acredito que poucas coisas no mundo são mais sinceras e poderosas do que o amor entre irmãos.

À minha noiva, Sheila Ferreira, que tanto me inspira e incentiva.

Prepare o seu coração  
Para as coisas que eu vou contar  
Eu venho lá do sertão  
Eu venho lá do sertão  
Eu venho lá do sertão  
E posso não lhe agradar  
Aprendi a dizer não  
Ver a morte sem chorar  
E a morte, o destino, tudo.

**"Geraldo Vandré"**

MARTINS, M. S., **Fisiologia e produtividade da mangueira 'Tommy Atkins' com aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro**. 2023. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Vale do São Francisco, UNIVASF. Juazeiro - BA.

## RESUMO

O Brasil é o sétimo produtor mundial de mangas, com a maior produção concentrada na região semiárida do país. Entretanto, as variações climáticas nesta região durante o estágio de frutificação podem resultar em alterações metabólicas em mangueiras da cultivar Tommy Atkins devido a estresses abióticos, ocasionando perdas de produtividade e qualidade de frutos. O objetivo deste estudo foi avaliar mangueiras 'Tommy Atkins' sob aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas durante o estágio fenológico de frutificação, em dois ciclos produtivos, no Semiárido brasileiro. Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente em Petrolina, PE, com aplicações de dois bioestimulantes via fertirrigação. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, em um esquema fatorial 2x5 consistido de dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) e cinco doses de Sagersolos® (0,0; 7,0; 14,0; 21,0; e 28,0 L ha<sup>-1</sup>) no Experimento 1 e cinco doses de Fulvumin® (0,0; 10,0; 20,0; 30,0; e 40,0 L ha<sup>-1</sup>) no Experimento 2. A aplicação das doses foi dividida em quatro períodos: 0, 15, 30 e 45 dias após a última abscisão fisiológica de frutos, em ambos os ciclos produtivos. Trocas gasosas e parâmetros bioquímicos no tecido foliar e parâmetros de produtividade e qualidade pós-colheita de frutos foram avaliados. Doses de Sagersolos® entre 21,5 e 23,0 L ha<sup>-1</sup> e doses de Fulvumin® entre 24,2 e 25, L ha<sup>-1</sup> aplicadas durante a frutificação aumentaram a eficiência de trocas gasosas. A aplicação dos bioestimulantes resultou em aumento nos teores foliares de aminoácidos, proteínas e carboidratos solúveis totais; o aumento da dose dos bioestimulantes resultou em redução linear nos teores foliares de amido. Os bioestimulantes aplicados resultaram em maior resposta bioquímica no primeiro ciclo de produção. Doses entre 21,0 e 22,2 L ha<sup>-1</sup> de Sagersolos® aumentaram em 11% o número de frutos por planta comparadas ao controle. Doses entre 28,5 e 33,7 L ha<sup>-1</sup> de Fulvumin® resultaram em ganhos de 8% no peso de frutos, com maior retenção de frutos, promovendo um aumento de 14% em produtividade (Mg ha<sup>-1</sup>) comparadas ao controle. O aumento da dose dos bioestimulantes resultou em decréscimo em acidez titulável e aumento da razão entre sólidos solúveis e acidez titulável nos frutos. A correlação entre peso de fruto e número de frutos por planta afetou a composição físico-química de mangas da cultivar Tommy Atkins nos dois ciclos de produção e para os dois bioestimulantes avaliados.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L.; Ácido fúlvico; Fotossíntese; Carboidratos solúveis; Produção de manga.

MARTINS, M. S., **Physiology and Yield of 'Tommy Atkins' mango trees subjected to applications of humic substances-based biostimulants in the Brazilian semiarid region**. 2023. 70f. Thesis (Master's in Agricultural Engineering), Federal University of Vale do São Francisco, UNIVASF. Juazeiro, BA, Brazil.

### ABSTRACT

Brazil is the seventh largest mango-producing country, with the largest production concentrated in the Semiarid region of the country. However, climate variations in this region during the fruiting stage can result in metabolic changes in 'Tommy Atkins' mango trees due to abiotic stress, resulting in fruit yield and quality losses. The objective of this study was to evaluate 'Tommy Atkins' mango trees under application of humic substances-based biostimulants during the fruiting phenological stage, over two production cycles, in the Semiarid region of Brazil. Two experiments were conducted simultaneously in Petrolina, PE, with applications of two biostimulants via fertigation. A randomized block experimental design with four replications was used, in a 2x5 factorial arrangement consisted of two production cycles (2021 and 2022 crop seasons) and five Sagersolos<sup>®</sup> rates (0.0, 7.0, 14.0, 21.0, and 28.0 L ha<sup>-1</sup>) in Experiment 1 and five Fulvumin<sup>®</sup> rates (0.0, 10.0, 20.0, 30.0, and 40.0 L ha<sup>-1</sup>) in Experiment 2. The application was divided into four periods: 0, 15, 30, and 45 days after the last physiological fruit abscission, in both production cycles. Gas exchanges and biochemical parameters in leaf tissue and fruit yield and post-harvest fruit quality parameters were evaluated. Sagersolos<sup>®</sup> rates between 21.5 and 23.0 L ha<sup>-1</sup> and Fulvumin<sup>®</sup> rates between 24.2 and 25.0 L ha<sup>-1</sup> applied during the fruiting stage increased gas exchange efficiency. The applications of biostimulants resulted in increased total amino acid and soluble protein and carbohydrate contents in leaves; increasing the rate both biostimulants resulted in a linear reduction in leaf starch contents. The biostimulants resulted in higher biochemical parameters in the first production cycle. Sagersolos<sup>®</sup> rates between 21.0 and 22.2 L ha<sup>-1</sup> increased the number of fruits per plant by 11% compared to the control. Fulvumin<sup>®</sup> rates between 28.5 and 33.7 L ha<sup>-1</sup> resulted in an 8% increase in fruit weight, with greater fruit retention, promoting a 14% increase in yield (Mg ha<sup>-1</sup>) compared to the control. Increasing the rate of both biostimulants resulted in decreased titratable acidity and increased soluble solids-to-titratable acidity ratio. The correlation between fruit weight and number of fruits per plant affected the physicochemical composition of Tommy Atkins mangoes in both production cycles and for the two biostimulants evaluated.

**Keywords:** *Mangifera indica* L.; Fulvic acid; Photosynthesis; Soluble carbohydrates; Mango production.

## LISTA DE FIGURAS

### Artigo 1 - Trocas gasosas e parâmetros bioquímicos de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas à aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro

**Figura 1.** Médias mensais de precipitação pluviométrica acumulada, umidade relativa do ar (UR) e temperatura média do ar registradas em dois ciclos produtivos: A – 1º ciclo (safra 2021); B – 2º ciclo (safra 2022). Petrolina, PE. F1: Estágio de crescimento de frutos e avaliação do experimento ..... 30

**Figura 2.** Trocas gasosas referentes à taxa de assimilação  $CO_2$  – A (A), condutância estomática –  $g_s$  (B) e concentração intercelular de  $CO_2$  –  $C_i$  (C) em folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas..... 35

**Figura 3.** Trocas gasosas referentes à taxa de assimilação  $CO_2$  – A (A) e transpiração foliar –  $E$  (B) em folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses do bioestimulante Fulvumin®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F..... 37

**Figura 4.** Teores de aminoácidos livres totais – AAT (A), proteínas solúveis totais – PST (B), carboidratos solúveis totais – CST (C) e amido (D) em massa fresca de folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses do bioestimulante Sagersolos®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F ..... 39

**Figura 5.** Teores de aminoácidos livres totais – AAT (A), proteínas solúveis totais – PST (B), carboidratos solúveis totais – CST (C) e amido (D) em massa fresca de folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses do bioestimulante Fulvumin®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F. .... 42

### Artigo 2 - Produtividade e qualidade de mangas 'Tommy Atkins' com aplicações de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro

**Figura 1.** Médias mensais de precipitação pluviométrica acumulada, umidade relativa do ar (UR) e temperatura média do ar registradas em dois ciclos produtivos: A – 1º ciclo (safra 2021); B – 2º ciclo (safra 2022). Petrolina, PE. F1: Estágio de crescimento de frutos e avaliação do experimento ..... 51

**Figura 2.** Número de frutos por planta (A), peso médio de frutos (B), produtividade (C) e diâmetro longitudinal de fruto (D) para mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de doses do bioestimulante Sagersolos®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F. .... 56

**Figura 3.** Número de frutos por planta (A), peso médio de frutos (B), produtividade (C) e diâmetro longitudinal de fruto (D) de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de doses do bioestimulante Fulvumin®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F. .... 59

**Figura 4.** Parâmetros físico-químicos de frutos de mangueiras da cultivar 'Tommy Atkins' submetidas a doses do bioestimulante Sagersolos®: teor de sólidos solúveis – TSS (A), acidez titulável – AT (B), e razão entre TSS e AT (TSS/AT) (C). \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F ..... 62

**Figura 5.** Parâmetros físico-químicos de frutos de mangueiras da cultivar 'Tommy Atkins' submetidas a doses do bioestimulante Fulvumin®: acidez titulável – AT (A) e razão entre teor de sólidos solúveis (TSS) e AT (TSS/AT) (B). \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F .... 63

## LISTA DE TABELAS

### Artigo 1 - Trocas gasosas e parâmetros bioquímicos de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas à aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro

**Tabela 1.** Análises químicas do solo da área experimental em pomar com mangueiras da cultivar Tommy Atkins, realizadas antes da indução floral, em dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) ..... 31

**Tabela 2.** Descrição dos componentes dos produtos comerciais utilizados como bioestimulantes ..... 32

**Tabela 3.** Análise de variância para taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*) e taxa de transpiração (*E*) em folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de doses de bioestimulantes (Sagersolos<sup>®</sup> e Fulvumin<sup>®</sup>) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE ..... 34

**Tabela 4.** Análise de variância para teores de aminoácidos livres totais (AAT), proteínas solúveis totais (PST), carboidratos solúveis totais (CST) e amido em massa fresca de folhas de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a doses de bioestimulantes (Sagersolos<sup>®</sup> e Fulvumin<sup>®</sup>) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE ..... 38

**Tabela 5.** Médias de taxa de assimilação CO<sub>2</sub> (*A*), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), taxa de transpiração foliar (*E*) e teores de aminoácidos livres totais (AAT), proteínas solúveis totais (PST), carboidratos solúveis totais (CST) e amido em massa fresca foliar de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a doses de bioestimulantes (Sagersolos<sup>®</sup> e Fulvumin<sup>®</sup>) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE ..... 43

### Artigo 2 - Produtividade e qualidade de mangas 'Tommy Atkins' com aplicações de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro

**Tabela 1.** Análises químicas do solo da área experimental em pomar de mangueiras da cultivar Tommy Atkins, realizadas antes da indução floral, em dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) ..... 52

**Tabela 2.** Descrição dos componentes dos produtos comerciais utilizados como bioestimulantes ..... 53

**Tabela 3.** Análise de variância para número de frutos por planta (NFP), peso médio de frutos (PF), produtividade (P), diâmetro longitudinal de fruto (DLF) e diâmetro ventral de fruto (DVF) para mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses de bioestimulantes (Sagersolos<sup>®</sup> e Fulvumin<sup>®</sup>) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE ..... 55

**Tabela 4.** Análise de variância para firmeza de polpa (FP), teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e razão entre TSS e AT (TSS/AT) em frutos de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de bioestimulantes (Sagersolos<sup>®</sup> e Fulvumin<sup>®</sup>) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE ..... 60

**Tabela 5.** Médias para número de frutos por planta (NFP), peso médio de frutos (PF), produtividade (P), diâmetro longitudinal de fruto (DLF), diâmetro ventral de fruto (DVF), firmeza de polpa (FP), teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e razão entre TSS e AT (TSS/AT) para mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a doses de bioestimulantes (Sagersolos<sup>®</sup> e Fulvumin<sup>®</sup>) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE ..... 64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>  
AAT Aminoácidos livres totais  
AT Acidez titulável  
CST Carboidratos solúveis totais  
Ci Concentração intercelular de CO<sub>2</sub>  
CV Coeficiente de variação  
DLF Diâmetro longitudinal de fruto  
DVF Diâmetro ventral de fruto  
E Taxa de transpiração  
ETc Evapotranspiração da cultura  
ET<sub>0</sub> Evapotranspiração de referência  
GL Graus de liberdade  
F Distribuição F de Fisher-Snedecor  
FP Firmeza de polpa  
gs Condutância estomática  
IAA Ácido indol-3-acético  
Kc Coeficiente de cultivo  
NP Número de plantas  
NFP Número de frutos por planta  
NS Não significativo  
PBZ Paclobutrazol  
P Produtividade  
PF Peso médio de frutos  
PST Proteínas solúveis totais  
SHs Substâncias húmicas  
TSS Teor de sólidos solúveis

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DE MANGUEIRAS ( <i>Mangifera indica</i> L) .....	15
2.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MANGAS ( <i>Mangifera indica</i> L.) PARA O BRASIL .....	17
2.3. CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO DE MANGAS 'Tommy Atkins' NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....	18
2.4. TROCAS GASOSAS E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE MANGUEIRAS ( <i>Mangifera indica</i> L.) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....	19
2.5. APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES À BASE DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM CULTIVOS DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS .....	20
2.6. APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES À BASE DE SUBSTÂNCIA HÚMICAS EM POMARES DE MANGAS ( <i>Mangifera indica</i> L.) .....	21
2.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
<b>3. Artigo 1: Trocas gasosas e parâmetros bioquímicos de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas à aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro .....</b>	<b>28</b>
3.1. INTRODUÇÃO.....	29
3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
3.4. CONCLUSÃO .....	45
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
<b>4. Artigo 2: Produtividade e qualidade de mangas 'Tommy Atkins' com aplicações de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro .....</b>	<b>49</b>
4.1. INTRODUÇÃO.....	50
4.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	51
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
4.4. CONCLUSÃO .....	65
4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	658
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de mangas (*Mangifera indica* L.) tem grande importância econômica para a agricultura brasileira (SIMÕES et al., 2021). O Brasil exportou 272.560.167 Mg de um total de 1,55 milhão Mg de mangas produzidas em 2022 (ABRAFRUTAS, 2022). A microrregião do Submédio do Vale do São Francisco é responsável por mais de 90% das exportações de mangas do país, concentrando sua produção principalmente nos estados da Bahia (60%) e Pernambuco (40%) (SOARES et al., 2023).

A cultivar Tommy Atkins se destaca entre as mangueiras cultivadas comercialmente no Semiárido brasileiro, tanto para o mercado nacional quanto para o mercado externo (VERAS, 2017). Isso se deve, principalmente, pela resistência de seus frutos ao transporte, alto valor nutricional e grande aceitação no mercado consumidor pelo sabor agradável, cor atraente e elevado teor de sólidos totais, além de uma alta produtividade (COSTA, 2022).

A produtividade de mangueiras da cultivar Tommy Atkins em regiões semiáridas, como aquelas no Vale do São Francisco, pode ser afetada por variações nas condições climáticas durante o estágio de frutificação. O clima nessas regiões é caracterizado por altas temperaturas, intensa luminosidade e baixa umidade relativa do ar (ANDRADE, 2021).

Variações climáticas podem afetar negativamente a fotossíntese e a produção de carboidratos em plantas (TAIZ et al., 2017). Segundo Bhruguvanshi (2009), a exposição de plantas de mangueiras a condições climáticas adversas durante o estágio de frutificação pode afetar negativamente a produtividade da cultura. As condições ambientais são um desafio para o manejo da produção de mangas na região do Vale do São Francisco devido a potenciais alterações metabólicas decorrentes de estresse abiótico.

Recentemente, bioestimulantes à base de substâncias húmicas (SHs) vêm sendo utilizados em sistemas de produção agrícola para mitigar efeitos de estresse abiótico através da regulação de mecanismos fisiológicos em plantas, contribuindo para o aumento de produtividade das culturas (SHAH et al., 2018).

De acordo com Kamal et al. (2017), a aplicação de SHs aumentou a produtividade e reduziu a acidez titulável em frutas de romã. A aplicação de ácido

húmico resultou em melhoria na fertilidade de gemas de mangueiras (EL-HOSEINY et al., 2020). Além disso, Silva et al. (2020) encontraram melhor translocação de paclobutrazol com a aplicação de ácido fúlvico em plantas de mangueira. A utilização de ácido húmico em cultivos de espécies frutíferas tem sido amplamente investigada, e seus efeitos têm sido bem documentados (ANDREOTTI et al., 2022).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar trocas gasosas e parâmetros bioquímicos e no tecido foliar, assim como produtividade e qualidade pós-colheita de frutos de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas durante a estágio fenológico de frutificação, em dois ciclos produtivos, no Semiárido brasileiro.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DE MANGUEIRAS (*Mangifera indica* L.)**

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma espécie vegetal de grande importância econômica e social para regiões tropicais no mundo; Índia, China e Paquistão são os maiores produtores mundiais de mangas (FAO-STAT, 2018).

É uma espécie de árvore frutífera da família Anacardiaceae, que é composta por diversos gêneros importantes, como *Anacardium*, *Spondias* e *Mangifera*. Bompard (1993) descreve a existência de 69 espécies dentro do gênero *Mangifera*, classificadas com base em características morfológicas; *M. indica* é a espécie mais importante comercialmente.

O porte de plantas de mangueiras varia de médio a grande, podendo chegar a 35 metros de altura, dependendo da cultivar, clima, solo e manejos de poda e condução do pomar. Possuem copas arredondadas e simétricas, variando de baixa e densa a ereta e aberta (MODESTO 2014).

O sistema radicular de mangueiras é composto por uma raiz pivotante bem desenvolvida, que pode crescer até encontrar o lençol freático, possibilitando uma boa sustentação à planta e sobrevivência em períodos prolongados de estiagem (PINTO et al., 2000).

### **Estágio de frutificação em mangueiras (*Mangifera indica* L.)**

A primeira etapa do processo de frutificação de mangueiras é a polinização, que consiste na transferência de grãos de pólen da antera do estame para o estigma do pistilo (MUDO, 2020). Subseqüentemente, o grão-de-pólen germina produzindo um tubo polínico, onde ocorre, geralmente, uma dupla-fecundação (TAIZ et al., 2017).

Os frutos da mangueira crescem de acordo com uma curva sigmoide, o que pode ser dividido em quatro fases diferentes: juvenil; crescimento máximo; maturação ou amadurecimento; e, por último, senescência (CASTRO; KLUGE, 1997). Frutos em seu ápice de desenvolvimento entram na fase de amadurecimento (BRADY, 1987).

### **Abscisão fisiológica de frutos de mangueiras (*Mangifera indica* L.)**

O processo de abscisão fisiológica de frutos em mangueiras ocorre naturalmente para frutos fecundados; a incidência de abscisão fisiológica de frutos é maior nas fases de frutificação juvenil e crescimento máximo (SIMÃO, 1971).

Segundo Lucena (2006), aproximadamente de 60% a 90% dos frutos formados em mangueiras caem nos primeiros 30 dias após a antese (primeira abscisão fisiológica), variando de 90% a 99% aos 60 dias após a antese (segunda abscisão fisiológica), restando entre 0,67 e 0,70 de frutos fixados. Simão (1971) reportou que mangueiras fixam até 3 frutos por panícula.

O processo de fixação de fruto está significativamente relacionado à capacidade de dreno do fruto, que depende da produção de hormônios promotores de crescimento (MUDO, 2020). Segundo Shivashankar (2014), diversos fatores podem induzir abscisão fisiológica de frutos e desordens em plantas de manga, incluindo fatores ambientais e nutricionais.

Nessa perspectiva, autores têm associado a abscisão fisiológica de frutos de mangueiras à efeitos de altas precipitação pluviométrica e temperaturas, baixa umidade relativa do ar, ventos, pragas e doenças, baixos teores de carboidratos, competição entre órgãos drenos, e conteúdos hormonais e nutricionais (BHAMARE; PATEL; SINGH, 2014; DRINNAN, 2016).

### **Alongamento e desenvolvimento de frutos de mangueiras (*Mangifera indica* L.)**

O processo de alongamento e desenvolvimento de frutos em mangueiras ocorre em todas as fases de frutificação, no entanto, é mais notável nas fases de crescimento máximo e maturação, de acordo com Lucena (2006).

O desenvolvimento de frutos está conectado às atividades hormonais de auxinas, citocininas e giberelinas, que induzem o crescimento, promovendo uma intensa divisão celular, seguida de alongamento (VAN DER KNAAP; ØSTERGAARD, 2017).

Nesta fase, as propriedades químicas e físicas dos frutos aumentam devido ao suprimento nutricional das plantas, que pode ser potencializado pela utilização de bioestimulantes para melhorar o processo de absorção de nutrientes. Frutos em desenvolvimento são os principais drenos nas plantas, porém, não são os únicos, o que requer uma translocação eficiente de fotoassimilados (SINGH et al., 2017).

O amido tem função essencial na regulação do metabolismo de plantas em geral. Segundo Vieira et al. (2010), a redução no teor foliar de amido durante a frutificação está diretamente relacionada à necessidade de energia para o desenvolvimento de frutos devido à relação fonte-dreno. Isso pode contribuir para o enchimento de frutos de mangueiras durante a frutificação.

## **2.2. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MANGAS (*Mangifera indica* L.) PARA O BRASIL**

A mangueira é uma espécie de árvore frutífera de grande importância econômica e social para regiões tropicais no mundo. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, o Brasil é o sétimo maior país produtor de mangas (FAO-STAT, 2018).

A produção de mangas tem uma grande importância econômica para a agricultura no Brasil (SIMÕES et al., 2021). O país exportou 272.560.167 Mg de um total de 1,55 milhão Mg de mangas produzidas em 2022 (ABRAFRUTAS, 2022).

A cadeia produtiva de mangas no Semiárido da região Nordeste do Brasil já está bem estabelecida devido ao nível tecnológico utilizado, apresentando um cenário promissor em termos de produção e rendimento de pomares. De acordo com informações da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação do Estado da Bahia, espera-se um crescimento de 19% nas exportações de mangas em 2023 em relação a 2022 (SEAGRI, 2023).

Em geral, a produção de mangas representa uma grande expansão econômica para o agronegócio brasileiro. De acordo com dados do IBGE (2021), a produção de mangas é distribuída da seguinte forma nas regiões do Brasil: Nordeste, com 77%; Sudeste, com 21%; Sul, com 1%; e as demais regiões, com menos de 1%. Esses dados denotam a importância da região Nordeste, especialmente, da região do Vale do São Francisco.

### **2.3. CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO DE MANGAS 'Tommy Atkins' NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

A cultivar Tommy Atkins destaca-se entre os diversos genótipos de mangueira cultivados comercialmente na região semiárida do Brasil por apresentar alta versatilidade, cujos frutos podem ser comercializados e consumidos *in natura* ou utilizados na indústria para produção de diversos produtos, como polpas, sucos e geleias (VERAS 2017). A cultivar Tommy Atkins gera uma árvore densa que produz frutos de tamanho médio a grande, com peso médio de 460 g, casca espessa, formato oval, e uma coloração atraente (laranja-amarelada com manchas vermelha e púrpura intensas) (MODESTO, 2013).

A polpa de mangas 'Tommy Atkins' é suculenta, com um teor médio de fibras. O fruto é precoce e amadurece bem se colhido imaturo, e pode ser conservado por um período maior; contudo, apresenta problemas de colapso interno, amolecimento de polpa, e menor °Brix (16 a 17) em comparação aos frutos das cultivares Palmer e Haden (LIMA FILHO et al., 2002).

Mangueiras 'Tommy Atkins' cultivadas sob as condições climáticas do Semiárido do Vale do São Francisco atingem a maturidade aos 98 dias após a antese, quando apresentavam a maior massa seca de fruto, que é o melhor indicador do estágio de desenvolvimento de frutos (LUCENA et al., 2007).

A produção de mangas 'Tommy Atkins' enfrenta alguns desafios relacionados às condições climáticas em regiões semiáridas. Essas regiões são caracterizadas por fontes potenciais de estresse abiótico, como seca, baixa umidade relativa do ar, intensa radiação solar e altas temperaturas do ar (ANDRADE, 2021). O estresse abiótico pode causar perdas metabólicas e de qualidade de frutos.

A falta de água no Semiárido do Nordeste brasileiro devido à escassez e irregularidade de precipitações pluviométricas é o principal fator limitante de

produtividades agrícolas (OLIVEIRA et al., 2020), tornando essencial o uso de irrigação para o cultivo de mangueiras nessas regiões.

Uma estratégia para produção de mangas 'Tommy Atkins' em regiões semiáridas é a indução de floração ao longo dos meses do ano através do uso de fitorreguladores combinado com controle de déficit hídrico.

#### **2.4. TROCAS GASOSAS E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE MANGUEIRAS (*Mangifera indica* L.) NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

O Vale do São Francisco é uma região semiárida tropical caracterizada por altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, atingindo 36,8 °C e 25,6%, respectivamente. Essas características combinadas com seca e intensa radiação solar são potenciais fontes de estresse abiótico (ANDRADE, 2021).

O efeito deletério de altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e redução da disponibilidade de água para as plantas é um elevado nível de estresse abiótico, resultando em redução de taxas de fotossíntese e transpiração e do potencial hídrico foliar (FARIA et al., 2016). Desta forma, o uso de bioestimulantes poderia ser uma alternativa para aliviar o estresse abiótico causado por condições climáticas adversas (LESTE et al., 2017).

Diversos estudos têm avaliado trocas gasosas e teores de carboidratos, aminoácidos, proteínas e enzimas antioxidantes em tecidos vegetais de mangueiras cultivadas em regiões semiáridas, buscando mitigar os efeitos de variações climáticas na produtividade de pomares.

Ferreira et al. (2020) avaliaram plantas da cultivar Tommy Atkins no Semiárido brasileiro e encontraram redução linear em fotossíntese e condutância estomática conforme a dose de paclobutrazol era aumentada.

Simões et al. (2021) avaliaram parâmetros fisiológicos de trocas gasosas em mangueiras 'Tommy Atkins' na mesma região, usando diferentes arranjos de sistema de irrigação; o tratamento correspondente à maior taxa de transpiração (3,50 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) resultou em um aumento significativo em fotossíntese devido a um maior fluxo de difusão de vapor de água e de CO<sub>2</sub> pelos poros estomáticos.

Mudo et al. (2020) avaliaram trocas gasosas em plantas da cultivar Tommy Atkins no Semiárido brasileiro submetidas a diferentes doses de um bioestimulante

contendo aminoácidos (Bulk, Alltech®) e reportaram que as plantas com maior condutância estomática tiveram maiores taxas de assimilação de CO<sub>2</sub>.

Adicionalmente, Silva et al. (2020) avaliaram aplicação de bioestimulante em mangueiras 'Tommy Atkins' em estágio vegetativa na mesma região e encontraram teores de aminoácidos solúveis totais entre 130 a 150  $\mu\text{mol g}^{-1}$  em massa fresca de folhas. Sanches et al. (2023) encontraram teores de aminoácidos solúveis totais em massa fresca de tecidos foliares de mangueiras da cultivar Kent variando de 8,23  $\mu\text{mol g}^{-1}$  (início da floração) a 6,66  $\mu\text{mol g}^{-1}$  (início da frutificação).

Apesar dos grandes desafios para a produção de mangas no Semiárido brasileiro, o uso de bioestimulantes é uma alternativa de manejo para aumentar a produtividade de frutos em pomares de mangas.

## **2.5. APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES À BASE DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EM CULTIVOS DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS**

O uso de bioestimulantes à base de substâncias húmicas em sistemas de produção agrícola pode regular mecanismos fisiológicos em plantas, contribuindo para o aumento em produtividade de culturas (SHAH et al., 2018).

Substâncias húmicas (SHs) são consideradas indutoras de diversas respostas fisiológicas em plantas, incluindo estimulação de crescimento, aumento na absorção de nutrientes e ativação dos metabolismos primário e secundário (ROSE et al., 2014).

El-Razek et al. (2012) conduziram um experimento com quatro aplicações foliares de ácido húmico em plantas de pêssigo, uma a cada 15 dias a partir da frutificação. Os resultados indicaram um aumento significativo no peso de frutos e no teor de sólidos solúveis em suco de fruta no momento da colheita, além de redução em acidez titulável.

Em estudo desenvolvido por Kamal et al. (2017), foram realizadas duas aplicações foliares de SHs (às duas e oito semanas após a plena floração) e encontraram um aumento significativo em produção de frutos por árvore, peso de frutos, número de frutos por árvore e porcentagem de suco de fruta.

Popescu et al. (2018) realizaram duas aplicações de SHs (concentrações de 0,58 a 0,73  $\text{g L}^{-1}$ ) em plantas de videira, nos estágios de pré-floração e frutificação, e encontraram aumento significativo no peso de bagas, volume de bagas, peso de

cachos, rendimento de frutos por videira e teor de sólidos solúveis no suco de bagas. A aplicação de ácido húmico em cultivos de espécies frutíferas tem sido amplamente investigada, com seus bem documentados (ANDREOTTI et al., 2022).

## **2.6. APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES À BASE DE SUBSTÂNCIA HÚMICAS EM POMARES DE MANGAS (*Mangifera indica* L.)**

A aplicação de bioestimulantes à base de ácido húmico pode gerar significantes benefícios produtivos para pomares de mangas. A presença de ácido húmico no solo estimula o crescimento de raízes e rebentos, melhorando a nutrição mineral abaixo da superfície do solo (SHAH et al., 2018).

Ácidos húmicos afetam principalmente a biodisponibilidade de nutrientes através de sua capacidade de formar complexos com íons metálicos, aumentando a disponibilidade de micronutrientes (zinco, manganês, cobre e ferro) e macronutrientes (fósforo), especialmente, quando esses nutrientes estão escassos no solo (GARCÍA et al., 2016).

Os processos no solo em função da adição de ácido húmico podem potencializar a absorção de nutrientes por plantas de manga. Neste contexto, diversos estudos vêm sendo conduzidos avaliando a aplicação de bioestimulantes contendo substâncias húmicas, incluindo ácidos húmico e fúlvico, em produção de mangas.

Torres (2019) avaliaram a aplicação de bioestimulantes (Codargon<sup>®</sup>, com 30% de ácido fúlvico; e Heringer<sup>®</sup>, com 95% de ácido húmico) em mangueiras da cultivar Palmer e encontraram variações nos teores dos nutrientes K e Ca. Mangueiras 'Palmer' passam por duas fases distintas: a primeira, que começa após a poda de produção e se estende até o fim da indução floral (pré-floração), é caracterizada pelo acúmulo de nutrientes; a segunda fase, que ocorre durante a floração e o desenvolvimento de frutos, é caracterizada por uma redução significativa nos teores de nutrientes nas folhas.

El-Hoseiny et al. (2020) conduziram três aplicações mensais de SHs usando doses variando de 0,15% a 0,45% (duas antes da floração e uma durante a floração) em mangueiras da cultivar 'Zebda' no Egito. Os resultados encontrados mostraram aumento significativo em crescimento vegetativo, fertilidade de árvores, produção de

frutos por árvore, peso do fruto e teor de sólidos solúveis em suco de frutas no momento da colheita.

Silva et al. (2020) investigaram a resposta de mangueiras da cultivar Keitt a aplicação de paclobutrazol combinado a bioestimulantes contendo ácidos orgânicos e aminoácidos livres em suas composições (Aminoagro Mol® e Aminoplus®) sob as condições do Semiárido brasileiro. A presença de ácido fúlvico no solo diminuiu resíduos de paclobutrazol. Além disso, a adição de ácido fúlvico ao paclobutrazol promoveu melhoria na absorção dessa molécula pela planta, resultando em significativa inibição de crescimento vegetativo.

Portanto, a aplicação de substâncias húmicas pode contribuir para a melhoria de pomares de mangas, resultando em maior produtividade e qualidade de frutos na colheita.

## 2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAFRUTAS - Associação de Brasileira dos Produtores de Frutas e Derivados. Dados de exportação. 2022. DADOS DE EXPORTAÇÃO DE 2022 - Abrafrutas <Acessado em 20/07/2023>

ALLEN, R.G., PEREIRO, L. S., RAES, D. AND SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, 1998.

ANDREOTTI, C., ROUPHAEL, Y., COLLA, G., BASILE, B. Rate and timing of application of biostimulant substances to enhance fruit tree tolerance toward environmental stresses and fruit quality. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 603, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030603>

ANDRADE, V. P. M. D. Estratégias de manejo de irrigação para o cultivo da mangueira 'Kent' no Semiárido brasileiro. (2021).

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI 2019. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, p. 73-75, 2019.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>. Acesso em: 14 de out. 2021.

BHAMARE, S. P.; PATEL, H. C.; SINGH, B. Effect of PGRs on reduction of fruit drop in mango cv. MALLIKA. **Asian Journal of Horticulture**, v. 9, n. 2, p. 510- 511, 2014.

BHRUGUVANSHI, S. R. Implications of climate change in mango. **Impact assessment of climate change for research priority planning in horticultural crops. Central Potato Research Institute, Shimla**, p. 43-46, 2009.

BOMPARD J.M. The genus *Mangifera* rediscovered: the potential contribution of wild species to mango cultivation. **Acta Horticulturae**, v.341, p.69-71, 1993.

BHRUGUVANSHI, S. R. Implications of climate change in mango. **Impact assessment of climate change for research priority planning in horticultural crops. Central Potato Research Institute, Shimla**, p. 43-46, 2009.

CASTRO, P. R. C; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de fruteiras tropicais: abacaxizeiro, maracujazeiro, mangueira, bananeira e cacaueteiro**. NBL Editora, 1997.

COSTA, J. D. D. S. Parâmetros de maturação da manga cv. 'Tommy atkins' e a qualidade dos frutos armazenados sob atmosfera modificada passiva. 2022. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/28147>

DE SOUZA, Ana Cledia Ferreira; DE LIMA LIMA, João Ricardo Ferreira. TRANSMISSÃO DE PREÇOS DA MANGA BRASILEIRA ENTRE OS MERCADOS INTRNO E EXTERNO. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 54, n. 2, p. 90-102, 2023.

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

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-RAZEK, E.; ABD-ALLAH, A.; SALEH, M. Produção e qualidade de frutos de pessegueiros Florida Prince afetados por aplicações foliares e no solo e ácido húmico. **J. Appl. ciência Res.** 2012, 8, 5724–5729.

FAO - Food and Agriculture Organization – FAOSTAT (2018) OF THE UNITED NATIONS (FAO).FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualiza>>. Acesso em 30 de setembro de 2020.

FARIA, L. N.; DONATO, S. L.; SANTOS, M. R. D.; CASTRO, L. G. Efeitos do manejo da irrigação na indução floral da mangueira 'Tommy Atkins' no semiárido baiano. **Engenharia Agrícola**, v.36, p.387-398, 2016. [https://doi.org/ 10.1590/1809-4430-](https://doi.org/10.1590/1809-4430-)

FERREIRA, K. M.; SIMÕES, W. L.; MOUCO, M. A. DO C.; SILVA, J. R. DA; MESQUITA, A. C. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da mangueira 'Tommy Atkins' submetida a doses e formas de aplicação do paclobutrazol. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 16, n. 10, 2020. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.100201>

GARCÍA, A. C, SANTOS, L. A, IZQUIERDO, F. G, RUMJANEK, V. M, CASTRO, R. N, DOS SANTOS, F. S. Potencialidades dos ácidos húmicos do vermicomposto para aliviar o estresse hídrico em plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). **J. Geoquímica Explorar**. 136, 48–54. 2014. doi:10.1016/ j.gexplo.2013.10.005

KAMAL, H. M., ELISA, M. A., & MOHAMMED, A. A. Effect of some mineral compounds on yield and fruit quality of pomegranate. **Bioscience Research**, v.14, n.4, p.1197-1203. 2017.

KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de Horti & Fruti**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019.

LEÃO, P. C. S. et al. Yield components of the new seedless table grape 'BRS Ísis' as affected by the rootstock under semi-arid tropical conditions. **Scientia Horticulturae**, 263: 109-114, 2020.

LESTE, M.J VAN; PEPE, O.; PASCALE, S.D. E; SILETTI, S.; MAGGIO, A. O papel dos bioestimulantes e bioefetores como aliviadores de abióticos estresse em plantas cultivadas. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v.4-5, p.1-12, 2017. <https://doi.org/10.1186/s40538->

LIMA FILHO, J. M. P; TEIXEIRA, A. H. de C. Cultivo da mangueira: clima, 2004.

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.

LUCENA, E. M. P. de; ASSIS, J. S. de; ALVES, R. E.; SILVA, V. C. M. da; FILHO, J. E. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas 'Tommy Atkins' no vale do São Francisco, Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 096-101, Abril 2007.

LUCENA, E. M. P. Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga 'Tommy Atkins' no Vale do São Francisco. 2006.

MODESTO, J. H. Produtividade, sazonalidade e análises tecnológicas de frutos de cultivares de manga em condições subtropicais. 2013.

MUDO, L. E. D. Estratégias para fixação e desenvolvimento de frutos em manga cv. Keitt cultivada no semiárido. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2020.

MUDO, L. E. D., LOBO, J. T., CARREIRO, D. D. A., CAVACINI, J. A., SILVA, L. D. S., & CAVALCANTE, Í. H. L. Trocas gasosas foliares e florescimento de manga pulverizada com bioestimulante na região do semiárido. **Revista Caatinga**, v.33, p.332-340. 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n206rc>

OLIVEIRA, A. C., ARAUJO, A. F. B., DE LACERDA, C. F., CANJÁ, J. F., PINHO, L. L.; SOUSA, N. I. G. Influência da irrigação suplementar com águas residuárias sobre as trocas gasosas foliares do algodoeiro. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 677-682, 2020.

POPESCU, GC; POPESCU, M. Rendimento, qualidade da baga e resposta fisiológica da videira à aplicação foliar de ácido húmico. **Bragança**, 77, 273–282. 2018

ROSA, M. T; PATTI, A. F; POUÇO, K. R; MARROM, A. L; JACKSON, W .R; CAVAGNARO, T. R. Uma meta-análise e revisão do crescimento de plantas resposta a substâncias húmicas: Implicações práticas para a agricultura. **Adv. Agron.** 2014, 124, 37–89.

PINTO, A.C.D.Q. et al. Manga: Produção: aspectos técnicos. 1 ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 63 p.

ROSE, M. T., PATTI, A. F., LITTLE, K. R., BROWN, A. L., JACKSON, W. R., & CAVAGNARO, T. R. Uma meta-análise e revisão da resposta do crescimento de plantas a substâncias húmicas: implicações práticas para a agricultura. **Avanços na agronomia**, v. 124, p. 37-89, 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4>.

SHAH, Z. H., REHMAN, H. M., AKHTAR, T., ALSAMADANY, H., HAMOOH, B. T., MUJTABA, T., CHUNG, G. Humic substances: Determining potential molecular regulatory processes in plants. **Frontiers in plant science**, V.9, P.263. 2018. [Doi.org/10.3389/fpls.2018.00263](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00263).

SANCHES, L. G., SANTOS, A. J. D. S., CARREIRO, D. D. A., CUNHA, J. G. D., LOBO, J. T., CAVALCANTE, Í. H., & PAIVA NETO, V. B. D. (2023). Respostas bioquímicas em manga 'Kent' cultivada no semiárido brasileiro sob diferentes doses de triacontanol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 309-316, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p309-316>

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.

SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: CERES, 1972. 530 p.

SILVA, L. D. S., SILVA, P. T. D. S., & CAVALCANTE, Í. H. L. Impact of fulvic acid and free amino acids on paclobutrazol absorption by 'Keitt'mango. **Revista Ambiente & Água**, v.15, p.e2519, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2519>

SIMÕES, W. L., DE ANDRADE, V. P. M., DO CARMO MOUCO, M. A., DA SILVA, J. S., DA SILVA DIAS, N., & FERREIRA, P. P. B. FISIOLOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DA MANGUEIRA 'TOMMY ATKINS'SOB DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 56-66, 2021 <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n1p56-66>

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

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

SOARES DE OLIVEIRA, D. A., ANÍSIO ALBUQUERQUE, G. C., GONÇALVES RIBEIRO, V., FIGUEIREDO NETO, A., & VIEIRA DE OLIVEIRA, F. J. ANÁLISE DE CUSTOS OPERACIONAIS DE MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS NA PRODUÇÃO DE MANGA (*Mangifera indica* L.). **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 16, n. 7, 2023. <http://dx.doi.org/10.54751/revistafoco.v16n7-001>

TEIXEIRA, A. D. C., BASTIAANSEN, W. G., MOURA, M. S. B., SOARES, J. M., AHMAD, M. U. D., BOS, M. G. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and forest meteorology**, v. 148, n. 10, p. 1524-1537, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.05.004>

TORRES, A. P. **Ácidos orgânicos na nutrição, produtividade e qualidade de frutos de mangueira cv. Palmer no Vale do São Francisco**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina - PE, 2019.

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

VERAS, C. D. S. Revestimentos à base de carboidratos para conservação da manga 'Tommy Atkins'. (2017).

VIEIRA, E. L., DE SOUZA, G. S., DOS SANTOS, A. R., & DOS SANTOS SILVA, J. (2010). **Manual de fisiologia vegetal**. São Luiz- MA. Edufma, 223p. 2010.

### **3. Artigo 1: Trocas gasosas e parâmetros bioquímicos de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas à aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro**

#### **RESUMO**

Pomares de mangas da cultivar Tommy Atkins têm uma significativa importância econômica no Semiárido brasileiro. Contudo, variações de fatores climáticos durante o estágio de frutificação podem causar alterações metabólicas em plantas dessa cultivar devido a estresses abióticos. O objetivo deste estudo foi avaliar trocas gasosas e parâmetros bioquímicos em tecidos foliares de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas à aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas durante o estágio fenológico de frutificação, em dois ciclos produtivos, no Semiárido brasileiro. Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente na Fazenda Surubim, em Petrolina, PE, avaliando a aplicação de dois bioestimulantes via fertirrigação. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, em um arranjo fatorial 2x5 consistido de dois ciclos produtivos (2021 e 2022) e cinco doses de Sagersolos® (0,0; 7,0; 14,0; 21,0; e 28,0 L ha<sup>-1</sup>) no Experimento 1 e cinco doses de Fulvumin® (0,0; 10,0; 20,0; 30,0, e 40,0 L ha<sup>-1</sup>) no Experimento 2. Doses de Sagersolos® entre 21,5 e 23,0 L ha<sup>-1</sup> e de Fulvumin® entre 24,2 e 25, L ha<sup>-1</sup> aumentaram a eficiência de trocas gasosas. A aplicação dos bioestimulantes aumentou os teores foliares de aminoácidos e proteínas e carboidratos solúveis totais; o aumento da dose reduziu linearmente os teores foliares de amido. Os dois bioestimulantes avaliados resultaram em maiores resultados de parâmetros bioquímicos de mangueiras 'Tommy Atkins' no primeiro ciclo produtivo.

**Palavras-chaves:** *Mangifera indica* L; Ácido fúlvico; Ácido húmico; Fotossíntese, Amido; Proteínas solúveis.

#### **Gas exchanges and biochemical parameters of 'Tommy Atkins' mango trees subjected to applications of humic-substances biostimulants in the Semiarid region of Brazil**

#### **ABSTRACT**

Mango orchards with the cultivar Tommy Atkins have significant economic importance in the Semiarid region of Brazil. However, climate variations during the fruiting stage can cause metabolic alterations in plants of this cultivar due to abiotic stress. The objective of this study was to evaluate gas exchanges and biochemical parameters in leaf tissues of 'Tommy Atkins' mango trees subjected to applications of humic substances-based biostimulants during the fruiting phenological stage, over two production cycles, in the Semiarid region of Brazil. Two experiments were conducted simultaneously at Fazenda Surubim farm, in Petrolina, PE, evaluating the application of two biostimulants via fertigation. A randomized block experimental design with four replications was used, in a 2x5 factorial arrangement consisted of two production cycles (2021 and 2022) and five Sagersolos® rates (0.0, 7.0, 14.0, 21.0, and 28.0 L ha<sup>-1</sup>) in Experiment 1 and five Fulvumin® rates (0.0, 10.0, 20.0, 30.0, and 40.0 L ha<sup>-1</sup>) in Experiment 2. Sagersolos® rates between 21.5 and 23.0 L ha<sup>-1</sup> and Fulvumin® rates between 24.2 and 25.0 L ha<sup>-1</sup> increased the gas exchange efficiency. Biostimulant applications increased total amino acid and soluble protein and carbohydrate contents in leaves; increasing the biostimulant rate linearly reduced leaf starch contents. The two biostimulants evaluated resulted in higher results of biochemical parameters of 'Tommy Atkins' mango trees in the first production cycle.

**Keywords:** *Mangifera indica* L; Fulvic acid; Humic acid; Photosynthesis; Starch; Soluble proteins.

### 3.1. INTRODUÇÃO

A produção de frutos de mangueiras (*Mangifera indica* L.) é significativamente importante economicamente para a agricultura brasileira (SIMÕES et al., 2021). O Brasil exportou 272.560.167 Mg de mangas em 2021 (ABRAFRUTAS, 2022). A maior produção nacional concentra-se na região Nordeste (77%), onde os estados de Pernambuco e Bahia são responsáveis por 69% da produção nacional de mangas (IBGE, 2020).

A cultivar Tommy Atkins destaca-se entre os diversos genótipos de manga produzidos comercialmente no Semiárido brasileiro por apresentar alta versatilidade, cujos frutos podem ser comercializados e consumidos *in natura* ou serem utilizados na indústria para produção de diversos produtos, incluindo polpas, sucos e geleias (VERAS 2017). Segundo Kist et al. (2019), áreas plantadas com mangueiras 'Tommy Atkins' correspondem a cerca de 30% do total da área cultivada na região do Vale do São Francisco.

O cultivo e a produtividade de mangueiras 'Tommy Atkins' em regiões semiáridas, como aquelas no Vale do São Francisco, podem ser afetados por variações nas condições climáticas durante o estágio de frutificação. O clima nessa região é caracterizado por altas temperaturas, intensa luminosidade e baixa umidade relativa do ar (ANDRADE, 2021).

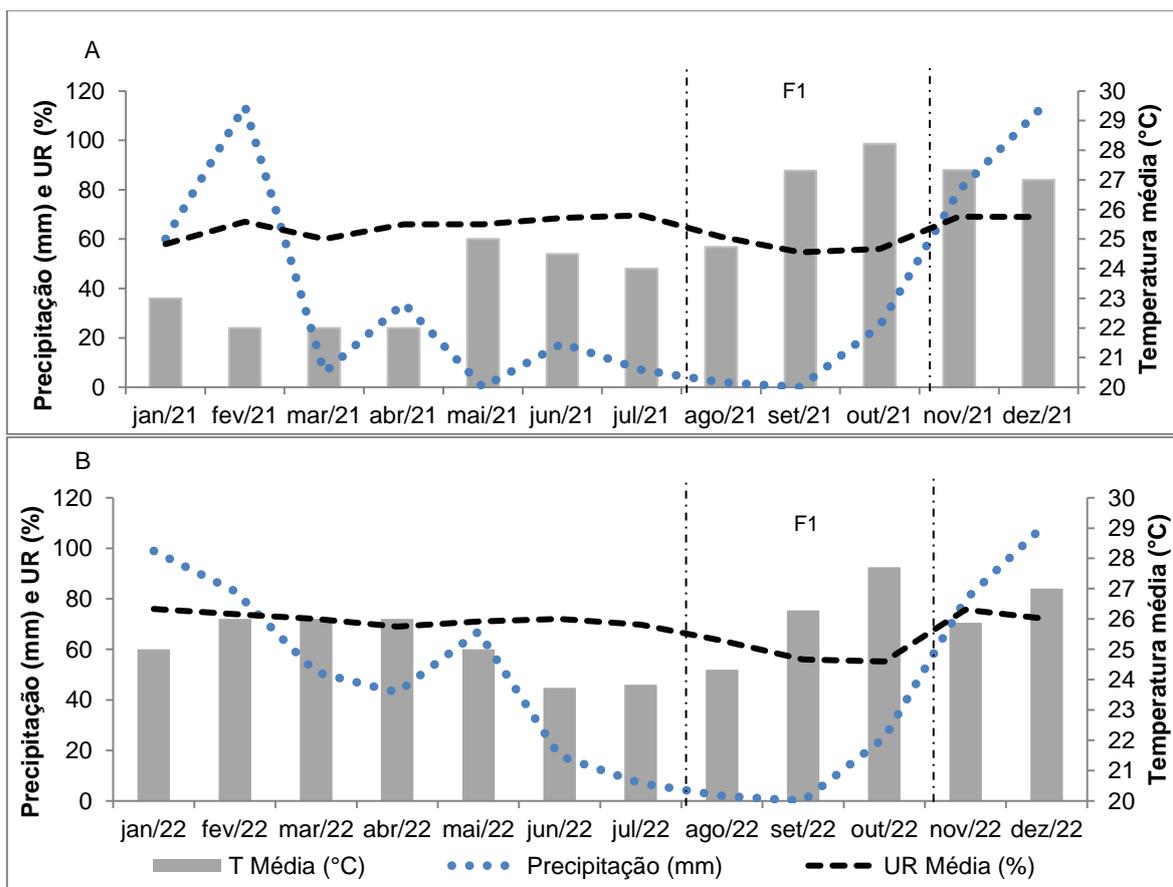
Essas variações em fatores climáticos podem afetar negativamente a fotossíntese e a produção de carboidratos nas plantas (TAIZ et al., 2017). Frutos em desenvolvimento são os principais drenos para translocação de fotoassimilados (SINGH et al., 2017). Atualmente, bioestimulantes à base de substâncias húmicas têm sido utilizados em sistemas de produção agrícola para mitigar os efeitos de estresse abiótico através da regulação de mecanismos fisiológicos em plantas, contribuindo para aumentos em produtividade de culturas (SHAH et al., 2018).

De acordo com El-hoseiny et al. (2020), a aplicação de ácido húmico promoveu melhorias em fertilidade de gemas e aumento de peso de frutos de mangueiras. Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar trocas gasosas e parâmetros bioquímicos em tecidos foliares de mangueiras da cultivar Tommy Atkins sob aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas durante o estágio fenológico de frutificação, em dois ciclos produtivos, no Semiárido brasileiro.

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente em dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) em um pomar comercial de mangueiras da cultivar Tommy Atkins, na Fazenda Surubim, localizada no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, em Petrolina, Pernambuco (PE) (9°14'42"S, 40°27'40"W, e altitude de 402 metros).

O clima da região foi classificado como BSh, semiárido, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26,0 °C, umidade relativa do ar de aproximadamente 66% e precipitação pluviométrica média anual de 500 mm, concentrada entre janeiro a abril (LEÃO et al., 2020). Os dados meteorológicos registrados são mostrados na Figura 1.



**Figura 1.** Médias mensais de precipitação pluviométrica acumulada, umidade relativa do ar (UR) e temperatura média do ar registradas em dois ciclos produtivos:

A – 1º ciclo (safra 2021); B – 2º ciclo (safra 2022). Petrolina, PE. F1: Estágio de crescimento de frutos e avaliação do experimento.

Os experimentos foram conduzidos em um pomar de mangueiras com 20 anos de idade, plantadas em espaçamento de 10 x 5 m. Foi utilizado um sistema de irrigação localizada, composto de um microaspersor por planta com vazão de 100 L h<sup>-1</sup>. A fertilidade do solo da área experimental foi caracterizada após o período de indução floral, nos dois ciclos produtivos; amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm e levadas ao Laboratório de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Semiárido) para análises químicas, cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análises químicas do solo da área experimental em pomar com mangueiras da cultivar Tommy Atkins, realizadas antes da indução floral, em dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022).

Camada do solo cm	pH (25°C) (H <sub>2</sub> O)	CE (25°C) dS.m <sup>-1</sup>	Macronutrientes					Micronutrientes					
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	B
			cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>					mg.dm <sup>-3</sup>					
<b>1º ciclo (Safr 2021)</b>													
0-20	5,80	0,52	0,34	0,04	3,94	0,51	19,18	48,1	12,4	37,3	26,5	22,8	1,45
20-40	6,00	0,46	0,37	0,03	3,38	0,44	16,12	43,7	11,9	41,2	23,6	19,5	1,52
<b>2º ciclo (Safr 2022)</b>													
0-20	6,10	0,59	0,28	0,01	3,84	0,41	16,58	51,1	9,4	38,0	29,3	22,2	1,29
20-40	6,25	0,44	0,33	0,01	2,18	0,34	15,18	46,8	4,9	39,4	26,7	18,3	1,30

pH = potencial de hidrogênio; CE = condutividade elétrica do extrato de saturação; K = potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = cálcio trocável; Mg = magnésio trocável; S = enxofre trocável; P = fósforo disponível extraído por Mehlich; Cu = cobre trocável; Fe = ferro trocável; Mn = manganês trocável; Zn = zinco trocável; e B = boro.

Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente em dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) para avaliar a aplicação de dois bioestimulantes durante o estágio de frutificação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições (blocos), em um esquema fatorial 2x5 consistido de dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) e cinco doses do bioestimulante Sagersolos<sup>®</sup> no Experimento 1 (0,0; 7,0; 14,0; 21,0, e 28,0 L ha<sup>-1</sup>) e cinco doses do

bioestimulante Fulvumin® (0,0; 10,0; 20,0; 30,0, e 40,0 L ha<sup>-1</sup>) no Experimento 2. Cada parcela experimental foi composta por quatro plantas, considerando as duas plantas centrais para avaliação. Os produtos testados eram compostos de matéria orgânica estabilizada, cujos princípios ativos descritos pelos fabricantes são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Descrição dos componentes dos produtos comerciais utilizados como bioestimulantes.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Elementos adicionais (g L <sup>-1</sup> )
Sagersolos®	Ácidos húmicos totais (150 g L <sup>-1</sup> ); ácido fúlvico (75 g L <sup>-1</sup> ); 10% de poliflavonóides; 5% de compostos salicílicos e 10% de aminoácidos.	K <sub>2</sub> O (120,0 g L <sup>-1</sup> ); Ca (180,0 g L <sup>-1</sup> ); S (90,0 g L <sup>-1</sup> ); B (15,0 g L <sup>-1</sup> ); Mo (1,5 g L <sup>-1</sup> ); e Zn (30,0 g L <sup>-1</sup> )
Fulvumin®	Carbono total solúvel (180,2 g L <sup>-1</sup> ), aminoácidos, ligno-sulfonado, leonardita e turfa	Nitrogênio solúvel em água (36,7 g L <sup>-1</sup> ); Nitrogênio na forma orgânica (36,7 g L <sup>-1</sup> ).

**Fonte:** Dados descritos nos rótulos dos produtos comerciais.

As doses dos bioestimulantes foram aplicadas via fertirrigação, utilizando um sistema montado com tubos de PVC (pulmões), no qual a solução diluída entra no sistema por diferença de pressão (OLIVEIRA et al., 2022). A aplicação das doses foi dividida em quatro períodos: 0, 15, 30 e 45 dias após a última abscisão fisiológica dos frutos das mangueiras, em ambos os ciclos.

O manejo da irrigação foi baseado em dados climáticos obtidos de uma estação meteorológica instalada próxima à área experimental. A evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) foi calculada diariamente, utilizando o método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO (PM – FAO56), para a aplicação das lâminas de irrigação (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi obtida por meio do produto da ET<sub>0</sub> e o coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>). O K<sub>c</sub> utilizado para os períodos estudados foi 1, conforme determinado por Teixeira et al. (2008) para mangueiras 'Tommy Atkins' com 18 anos de idade.

Os demais manejos ao decorrer dos experimentos foram similares aos utilizados em todas as áreas de produção da fazenda: poda após a colheita, adubação mineral, aplicação de paclobutrazol, indução floral e poda de controle de sombreamento, conforme recomendação por Mouco (2015).

Parâmetros fisiológicos de trocas gasosas foram determinados em cada ciclo produtivo, utilizando um analisador portátil IRGA (InfraRed Gas Analyser – Modelo Li

6400, Licor<sup>®</sup>), em duas folhas completamente expandidas e maduras, com boa sanidade e expostas ao sol, localizadas no terço médio das plantas. As leituras foram realizadas entre 9:00h e 11:00h cinco dias após a última aplicação dos bioestimulantes. Os seguintes parâmetros de trocas gasosas foram avaliados: taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> ( $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e taxa de transpiração ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Os seguintes parâmetros bioquímicos foram avaliados em ambos os ciclos produtivos cinco dias após a última aplicação: teores de aminoácidos livres totais, proteínas solúveis totais, carboidratos solúveis totais e amido. Quatro folhas, localizadas no último fluxo vegetativo na parte mediana da copa, foram coletadas por planta para as análises bioquímicas. As amostras foram envolvidas em papel alumínio, mergulhadas em nitrogênio líquido e acondicionadas em sacos plásticos, que foram armazenados em caixa térmica contendo gelo. Posteriormente, esses materiais foram levados ao Laboratório de Fisiologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), campus de Juazeiro, BA.

O teor de aminoácidos livres totais ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ ) foi determinado seguindo a metodologia descrita por Yemm et al. (1955); o teor de proteínas solúveis totais ( $\text{mg mL}^{-1}$ ) foi determinado de acordo com Bradford (1976); e os teores de carboidratos solúveis totais ( $\text{mg g}^{-1}$ ) e de amido ( $\text{mg g}^{-1}$ ) foram determinados seguindo a metodologia descrita por Dubois et al. (1956). Todos estes parâmetros foram determinados em massa fresca de folhas.

A análise de variância dos dados obtidos foi realizada separadamente para cada experimento (doses de Sagersolos<sup>®</sup> e doses de Fulvumin<sup>®</sup>) usando o teste de F ( $p \leq 0,05$ ). Médias significativas para os ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) foram submetidas ao teste de Tukey a nível de significância de 5%. As médias significativas para doses de bioestimulante foram submetidas à análise de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2017).

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância dos dados do experimento com aplicação do bioestimulante Sagersolos<sup>®</sup> (Experimento 1), a interação entre os

fatores (doses e ciclos produtivos) não teve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) nos parâmetros de trocas gasosas (Tabela 3). No entanto, as doses de Sagersolos® tiveram efeito significativo em todas as variáveis avaliadas, exceto taxa de transpiração foliar ( $E$ ). Além disso, os ciclos produtivos tiveram efeito significativo em taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) e concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Análise de variância para taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), condutância estomática ( $gs$ ), concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e taxa de transpiração ( $E$ ) em folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de doses de bioestimulantes (Sagersolos® e Fulvumin®) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE.

Fonte de variação	GL	Teste de F			
		$A$ ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	$gs$ ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	$C_i$ ( $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	$E$ ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
Experimento 1 – (doses de Sagersolos®)					
Blocos	3	1,04	0,003	152,55	0,09
Doses (D)	4	11,26**	0,023**	2554,72*	0,08 <sup>ns</sup>
Ciclos (C)	1	29,07**	0,002 <sup>ns</sup>	3385,94**	0,05 <sup>ns</sup>
D x C	4	0,20 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	484,07 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
Erro	27	2,00	0,001	348,78	0,06
<b>CV (%)</b>		<b>13,35</b>	<b>12,74</b>	<b>8,62</b>	<b>11,92</b>
Experimento 2 – (doses de Fulvumin®)					
Blocos	3	4,93	0,0005	79,47	0,11
Doses (D)	4	9,00*	0,0017 <sup>ns</sup>	527,65 <sup>ns</sup>	0,98**
Ciclos (C)	1	21,66**	0,0006 <sup>ns</sup>	268,63 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>
D x C	4	1,46 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	151,10 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
Erro	27	2,03	0,0004	199,04	0,05
<b>CV (%)</b>		<b>14,64</b>	<b>13,77</b>	<b>6,89</b>	<b>8,82</b>

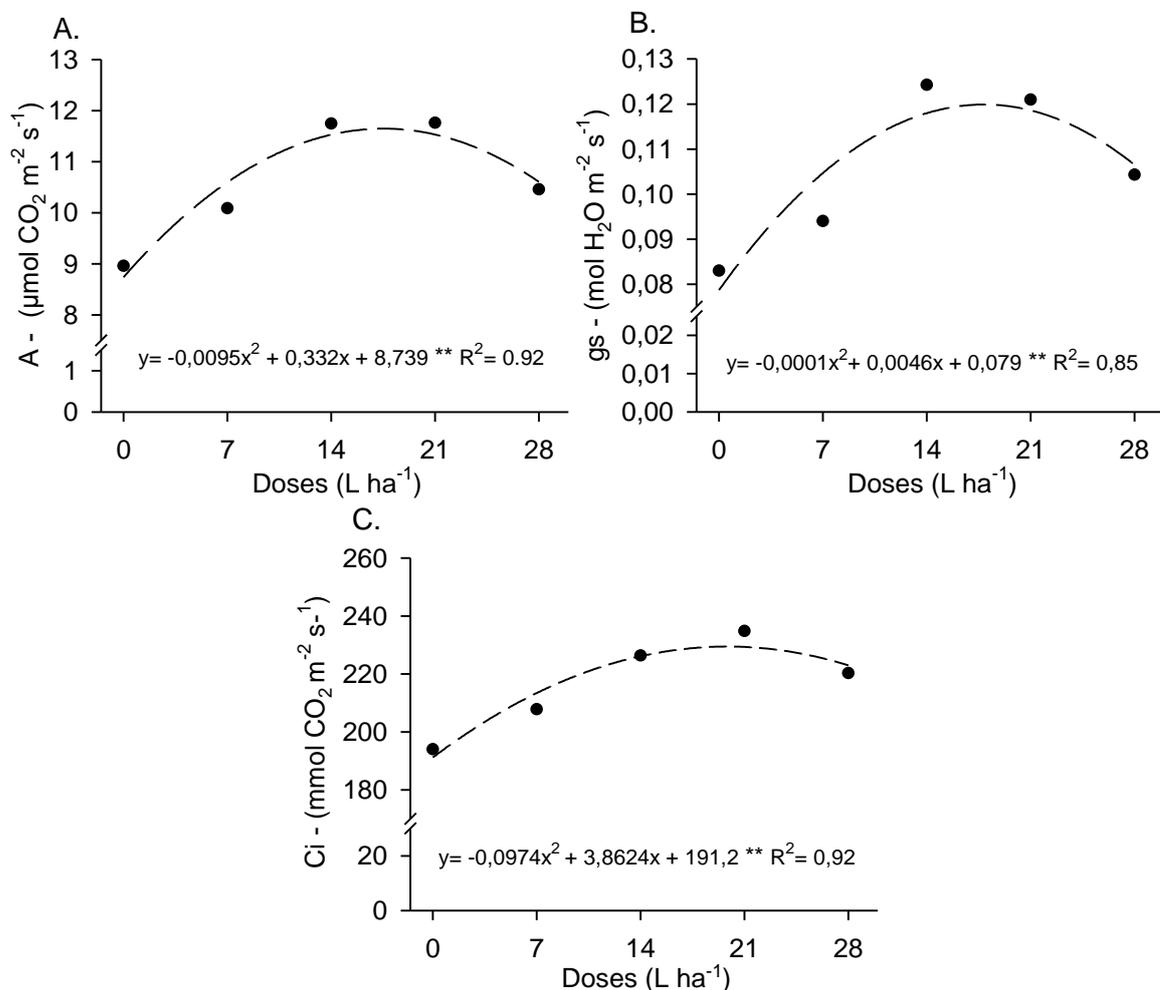
GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*, \* e <sup>ns</sup> = significativo a  $p \leq 0,01$ , significativo a  $p \leq 0,05$  e não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de F, respectivamente.

Em relação ao experimento com aplicação do bioestimulante Fulvumin® (Experimento 2), não foi encontrado efeito significativo da interação entre os fatores (Tabela 3). No entanto, as doses de Fulvumin® afetaram significativamente  $A$  e  $E$ ;  $A$  também foi afetada significativamente pelos ciclos produtivos.

As doses de Sagersolos® afetaram significativamente  $A$  e condutância estomática ( $gs$ ) nas folhas de mangueiras 'Tommy Atkins' (Figura 2A e 2B); os maiores resultados encontrados foram  $11,6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ( $A$ ) e  $0,131 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ( $gs$ ) para doses de  $17,5$  e  $23,0 \text{ L ha}^{-1}$ , respectivamente.

Em contraste, Ferreira et al. (2020) encontraram respostas lineares decrescentes para fotossíntese e  $g_s$  em mangueiras 'Tommy Atkins' com aumento da dose de paclobutrazol (PBZ) em experimento sob as condições climáticas do Semiárido brasileiro.

No entanto, Simões et al. (2021) avaliaram parâmetros fisiológicos de trocas gasosas em mangueiras 'Tommy Atkins' sob diferentes arranjos de sistema de irrigação na mesma região e reportaram que o tratamento correspondente à maior taxa de transpiração ( $3,50 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) resultou em um aumento significativo em fotossíntese devido ao fluxo de difusão de vapor de água e de  $\text{CO}_2$  pelos poros estomáticos. Um padrão similar foi observado no presente estudo (Figura 2A e 2B).



**Figura 2.** Trocas gasosas referentes à taxa de assimilação  $\text{CO}_2$  – A (A), condutância estomática –  $g_s$  (B) e concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  –  $C_i$  (C) em folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses do bioestimulante Sagersolos®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F.

O aumento em fotossíntese encontrado no Experimento 1 (Figura 2A) está correlacionado com aumentos em  $g_s$  (Figura 2B) e  $C_i$  (Figura 2C), o que denota uma tendência de maximização de trocas gasosas em função de aplicação de substâncias húmicas, considerando a dose estimada de  $17,5 \text{ L ha}^{-1}$  para A.

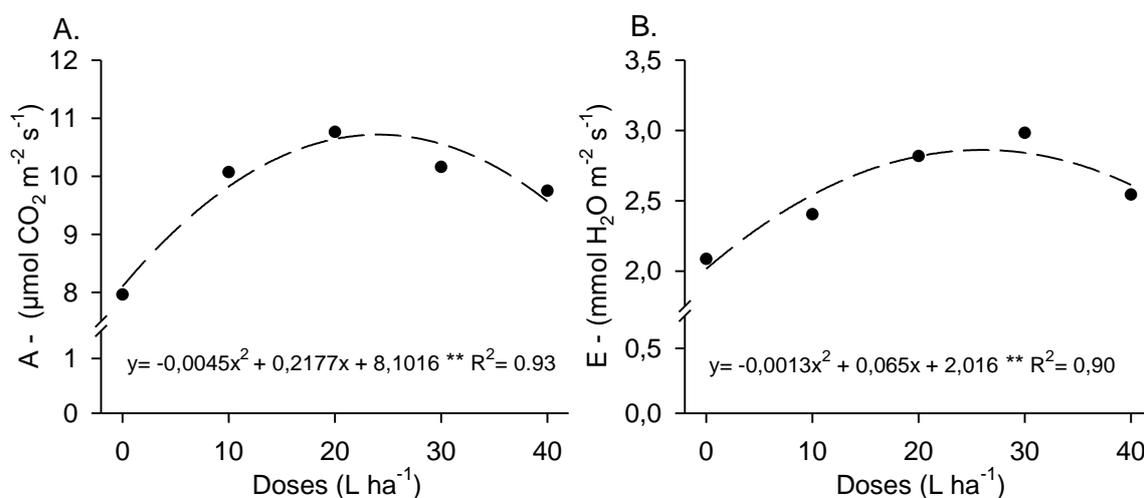
De acordo com Shah et al (2018), substâncias húmicas podem regular os genes envolvidos no ciclo de Calvin, como aqueles que codificam as enzimas RUBPCs, G3PdHs e GPATs, aumentando a biossíntese de amido ao estimular a atividade fotossintética. Isso corrobora os resultados do presente estudo, que mostraram maior fotossíntese nos tratamentos com aplicação de substâncias húmicas do que no tratamento controle.

$C_i$  foi significativamente afetada pela aplicação de doses de bioestimulante no Experimento 1, apresentando o maior resultado ( $229,5 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) para a dose de  $20 \text{ L ha}^{-1}$ . (Figura 2C). A melhora no processo fisiológico das mangueiras durante a frutificação no Experimento 1 pode ser atribuída à adição de aminoácidos presentes no bioestimulante aplicado (Sagersolos®).

Mudo et al. (2020) avaliaram trocas gasosas em mangueiras 'Tommy Atkins' sob condições climáticas do Semiárido brasileiro e submetidas a diferentes doses de um bioestimulante contendo aminoácidos (Bulk, Alltech®) e reportaram que os tratamentos com as maiores concentrações de aminoácidos resultaram em maiores  $g_s$  e A.

Uma alta  $C_i$  em folhas tende a favorecer o processo fotossintético (TAIZ et al., 2017), corroborando os resultados encontrados referentes às respostas de trocas gasosas em mangueiras 'Tommy Atkins' à aplicação do bioestimulante Sagersolos® durante o estágio fenológico de frutificação.

Em relação ao Experimento 2, os parâmetros de trocas gasosas A e E aumentaram com a aplicação das doses do bioestimulante Fulvumin® comparados ao controle (Figura 3A e 3B); as maiores médias encontradas foram  $10,7 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (A) e  $2,8 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (E) para doses estimadas de  $24,2$  e  $25,0 \text{ L ha}^{-1}$ , respectivamente, correspondendo a aumentos de 25,3% e 28%, respectivamente, em relação ao controle.



**Figura 3.** Trocas gasosas referentes à taxa de assimilação CO<sub>2</sub> – A (A) e transpiração foliar – E (B) em folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses do bioestimulante Fulvumin®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F.

O aumento em *E* em relação ao controle no Experimento 2 (Figura 3B) denota eficiência das substâncias húmicas contidas no bioestimulante Fulvumin®. Essas substâncias podem contribuir para mitigação de possíveis efeitos de estresses causados por altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (Figura 1). Essas condições climáticas tendem a aumentar a perda de água para o ambiente devido à redução da camada limítrofe nas folhas (TAIZ et al., 2017).

Olk et al. (2018) reportaram que o acúmulo de substâncias húmicas no solo pode se tornar um mecanismo de resposta primário em plantas sob condições de estresse. Segundo Jannin et al. (2012), os receptores na membrana celular vegetal podem detectar substâncias húmicas, aumentando as concentrações intracelulares de NO, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S, ativando mecanismos genéticos como modificações pós-traducionais e pós transcricionais determinadas pela regulação da expressão gênica; isso desencadeia vários mecanismos homeostáticos na célula vegetal, acelerando a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (ORSI, 2014).

Contudo, as maiores *A* e *E* (Figura 3A e 3B) encontradas com incrementos de 4,3 e 4,5 kg de carbono orgânico total das doses estimadas de 24,2 e 25,0 L ha<sup>-1</sup> de Fulvumin®, respectivamente, pode ter melhorado os processos fisiológicos nas plantas de mangueiras.

A análise de variância dos dados de parâmetros bioquímicos em folhas de mangueiras do Experimento 1 (doses de Sagersolos®) mostrou efeito significativo isolado dos fatores ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 4).

Em relação ao Experimento 2 (doses de Fulvumin®), não houve efeito significativo da interação entre os fatores sobre parâmetros bioquímicos. No entanto, as doses de bioestimulante afetaram significativamente os teores de aminoácidos livres totais (AAT), proteínas solúveis totais (PST), carboidratos solúveis totais (CST) e amido. Os ciclos produtivos tiveram efeito significativo em todas os parâmetros bioquímicos avaliados (Tabela 4).

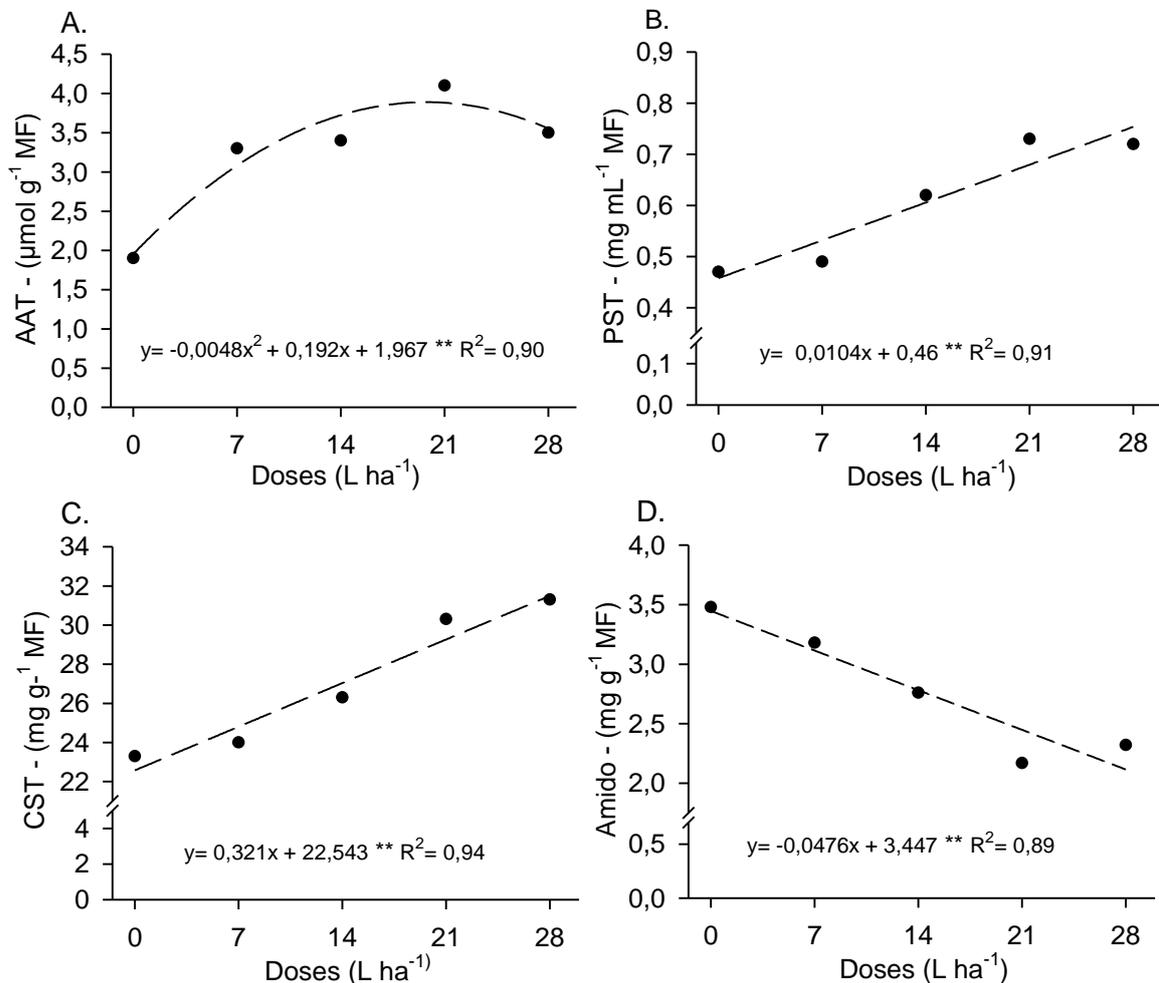
**Tabela 4.** Análise de variância para teores de aminoácidos livres totais (AAT), proteínas solúveis totais (PST), carboidratos solúveis totais (CST) e amido em massa fresca de folhas de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a doses de bioestimulantes (Sagersolos® e Fulvumin®) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE.

Fonte de variação	GL	Teste de F			
		AAT ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )	PST ( $\text{mg mL}^{-1}$ )	CST ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Amido ( $\text{mg g}^{-1}$ )
Experimento 1 (doses de Sagersolos®)					
Blocos	3	0,06	0,001	1,61	0,01
Doses (D)	4	5,34**	0,116**	46,65**	2,47**
Ciclos (C)	1	1,62**	0,075**	22,65**	2,49**
D x C	4	0,09 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,52	0,02 <sup>ns</sup>
Erro	27	0,06	0,001	0,95	0,05
<b>CV (%)</b>		<b>7,87</b>	<b>6,42</b>	<b>9,61</b>	<b>8,12</b>
Experimento 2 (doses de Fulvumin®)					
Blocos	3	0,16	0,008	0,48	0,09
Doses (D)	4	4,43**	0,056**	39,59**	4,39**
Ciclos (C)	1	3,58**	0,045**	22,17**	2,30**
D x C	4	0,08 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Erro	27	0,06	0,009	0,96	0,09
<b>CV (%)</b>		<b>10,02</b>	<b>8,34</b>	<b>10,51</b>	<b>13,62</b>

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*, \* e <sup>ns</sup> = significativo a  $p \leq 0,01$ , significativo a  $p \leq 0,05$  e não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de F, respectivamente.

Em relação ao Experimento 1, foi encontrada correlação positiva entre o aumento das doses de bioestimulante e os teores de AAT e PST, que apresentaram as maiores médias ( $3,9 \mu\text{mol g}^{-1}$  e  $0,75 \text{mg mL}^{-1}$ , respectivamente) para as doses de 20,1 e 28  $\text{L ha}^{-1}$ , respectivamente (Figura 4A e 4B).

O aumento de 50% em teor de AAT em relação ao controle, durante a frutificação de mangueiras 'Tommy Atkins', pode ser atribuído à fonte de substâncias húmicas contendo 10% de aminoácidos (Sagersolos®). A aplicação de nitrogênio (fonte nitrato) nesse estágio é comum em manejos da cultura na região de estudo.



**Figura 4.** Teores de aminoácidos livres totais – AAT (A), proteínas solúveis totais – PST (B), carboidratos solúveis totais – CST (C) e amido (D) em massa fresca de folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses do bioestimulante Sagersolos®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F.

O processo de assimilação de nitrato ativa a formação da enzima nitrato redutase (ANUSUYA et al., 2018), que muitas vezes participa da produção de aminoácidos livres totais (SUDHA et al., 2012; SANCHES et al., 2023), os quais são essenciais para a síntese de proteínas e regulação do metabolismo em plantas.

Portanto, o aumento em teores de AAT nos tecidos foliares (Figura 4A) pode ter afetado positivamente a capacidade das plantas de acumularem PST (Figura 4B)

em resposta à maior demanda em transporte de fotoassimilados durante a frutificação.

Silva et al. (2020) avaliaram parâmetros bioquímicos em massa fresca de folhas de mangueiras 'Tommy Atkins' no Semiárido brasileiro e submetidas à aplicação de um bioestimulante (Bulk, Alltech®; 12% de KCl, 9,87% de substâncias húmicas e 20% de aminoácidos) em diferentes períodos durante o estágio vegetativo. Eles encontraram teores de aminoácidos solúveis totais variando de 130 a 150  $\mu\text{mol g}^{-1}$ .

Em um estudo na mesma região, Sanches et al. (2023) reportaram teores de aminoácidos solúveis totais de 8,23 (início da indução floral) e 6,66  $\mu\text{mol g}^{-1}$  (início da frutificação) em massa fresca de folhas de mangueiras da cultivar Kent.

Portanto, o teor de AAT encontrado para o Experimento 1 (3,9  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ) é menor do que aqueles reportados nestes outros estudos citados. Considerando o estágio fenológico avaliado, isso denota que os aminoácidos foram utilizados durante o processo fisiológico de nutrição dos frutos.

Os de teores de CST em tecidos foliares apresentaram resposta linear crescente ao aumento da dose de bioestimulante no Experimento 1 (Figura 4C). O maior teor de CST (31.6  $\text{mg g}^{-1}$ ) foi encontrado para a dose de 28.0  $\text{L ha}^{-1}$ , correspondendo a um aumento de 15% em relação ao controle. No entanto, os teores foliares de amido apresentaram resposta linear decrescente ao aumento da dose, apresentando o menor resultado (2,11  $\text{mg g}^{-1}$ ) para a dose de 28  $\text{L ha}^{-1}$  (Figura 4D).

Embora determinar a associação entre substâncias húmicas, aminoácidos no solo e teores de carboidratos em plantas seja um processo complexo, a composição do bioestimulante Sagersolos® (150  $\text{g L}^{-1}$  de ácidos húmicos totais, 75  $\text{g L}^{-1}$  de ácido fúlvico, 10% de poliflavonóides, 5% de compostos salicílicos e 10% de aminoácidos) pode ter contribuído para uma melhor eficiência do transporte de carboidratos, resultando em uma redução no teor de amido e aumento no teor de CST em folhas durante o estágio de frutificação.

A redução em teores de amido em mangueiras 'Tommy Atkins' também foi encontrada por Silva et al. (2020) quando avaliaram a aplicação de bioestimulante (12% de KCl, 9,87% de substâncias húmicas e 20% de aminoácidos) em diferentes períodos durante o estágio vegetativo sob condições de clima semiárido. Eles reportaram que os teores foliares de amido diminuíram com o tempo,

independentemente do tratamento, com uma significativa redução na penúltima avaliação, que também mostrou um aumento em teores de CST.

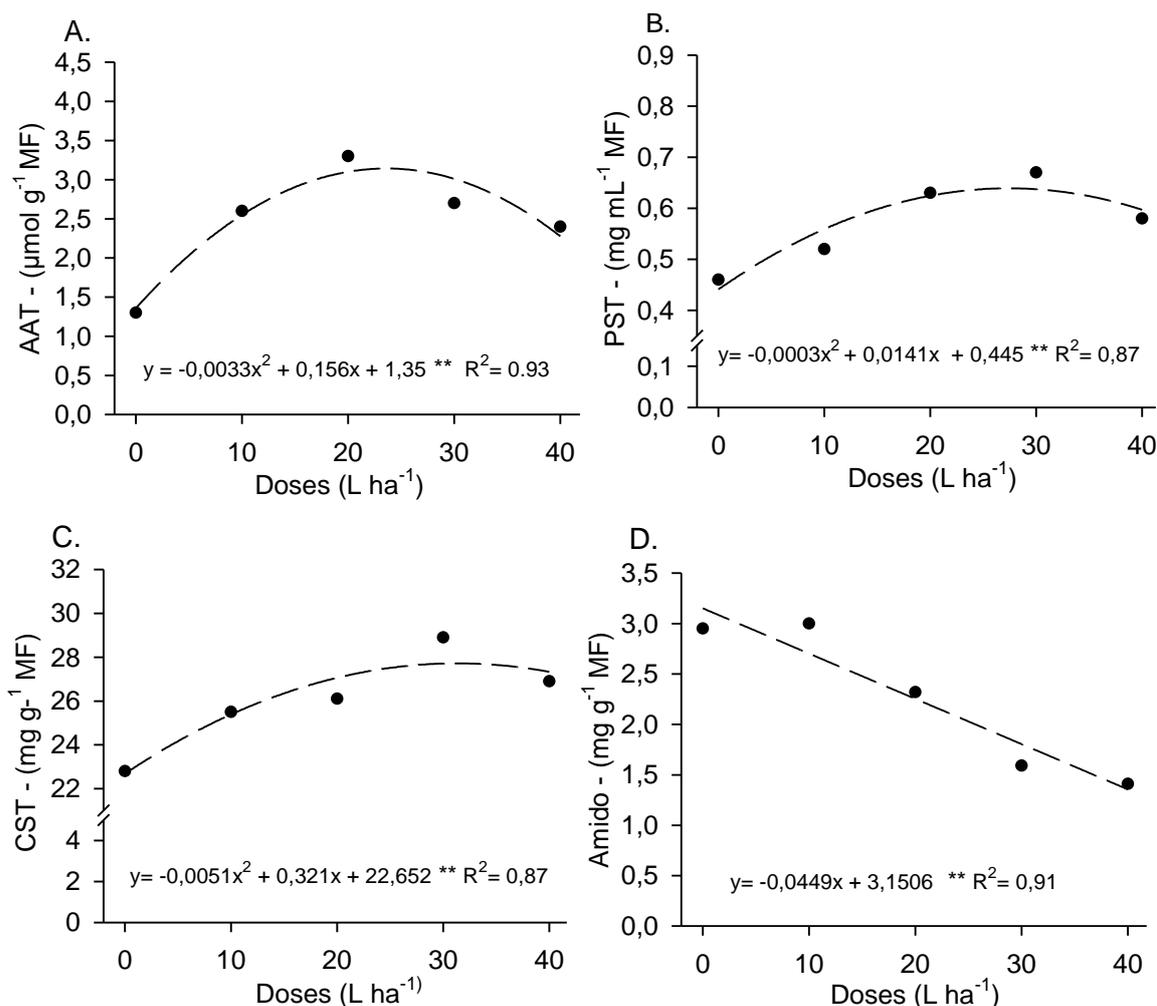
Nesse contexto, o maior teor de CST ( $31,1 \text{ mg g}^{-1}$ ) e o menor teor de amido ( $2,11 \text{ mg g}^{-1}$ ) encontrados para a dose de  $28 \text{ L ha}^{-1}$  de Sagersolos® (Figura 4C e 4D) denotam um melhor metabolismo nas plantas em termos de eficiência de transporte de carboidratos em comparação ao controle.

O amido é produzido nos cloroplastos das folhas e então mobilizado e convertido em açúcares solúveis, como glicose e sacarose, por meio de processos de hidrólise enzimática; reduções em teores de amido nos tecidos foliares durante a frutificação estão diretamente relacionadas à demanda de energia para o desenvolvimento dos frutos devido à relação fonte-dreno (VIEIRA et al., 2010). Frutos em desenvolvimento são os principais drenos de plantas, mas não os únicos; portanto, uma eficiente translocação de fotoassimilados é essencial (SINGH et al., 2017).

Em relação ao Experimento 2, os teores de AAT e PST nos tecidos foliares foram significativamente afetados ( $p \leq 0.01$ ) pelas doses de Fulvumin® (Figura 5A e 5B). Os maiores teores de AAT ( $3,2 \text{ } \mu\text{mol g}^{-1}$ ) e PST ( $0,61 \text{ mg mL}^{-1}$ ) foram encontrados para as doses estimadas de  $23,3$  e  $23,5 \text{ L ha}^{-1}$ , respectivamente.

Todavia, esse aumento em teores foliares de AAT nas mangueiras 'Tommy Atkins' avaliadas pode ser atribuído à quantidade de nitrogênio na dose de Fulvumin® estimada de  $23,3 \text{ L ha}^{-1}$ . É importante reforçar que a aplicação de nitrogênio durante a frutificação é uma prática de manejo comum em pomares de mangas no Semiárido do Nordeste brasileiro. Esse fator pode ter promovido aumento na biossíntese de aminoácidos devido à atenuação de estresse nas plantas. Esse padrão foi também observado por Helaly et al. (2017) quando estudaram quatro variedades de mangas e por Silva et al. (2023) quando avaliaram mangueiras 'Tommy Atkins' durante o estágio vegetativo.

Determinar a associação de aminoácidos e proteínas em tecidos foliares com substâncias componentes de produtos à base de substâncias húmicas do solo é significativamente complexo. No entanto, o aumento de  $0,15 \text{ mg mL}^{-1}$  em PST em relação ao controle (Figura 5B) pode estar relacionado a um aumento na biossíntese de AAT (Figura 5A) devido à aplicação do bioestimulante Fulvumin®.



**Figura 5.** Teores de aminoácidos livres totais – AAT (A), proteínas solúveis totais – PST (B), carboidratos solúveis totais – CST (C) e amido (D) em massa fresca de folhas de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses do bioestimulante Fulvumin®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F.

De acordo com Shah et al. (2018), os receptores na membrana celular vegetal detectam substâncias húmicas na rizosfera, induzindo a produção de ácido indol-3-acético, o que aumenta a concentração de  $\text{NO}_3^-$  nas células radiculares. Os autores ressaltaram que essa via bioquímica ativa a geração de alcaloides, os quais regulam positivamente o transportador de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), maximizando a assimilação de nitrogênio. Esse mecanismo pode ter favorecido uma melhor relação entre os aumentos em teores de AAT e PST durante a frutificação das mangueiras.

Os resultados de teores foliares de AAT e PST nas mangueiras avaliadas são consistentes com aqueles de Ferreira et al. (2020), que reportaram uma resposta quadrática de mangueiras da mesma cultivar em termos de aumento em teores de

aminoácidos e proteínas solúveis totais com o aumento da dose de PBZ. Similarmente, Sanches et al. (2023) encontraram significativa correlação entre o aumento em teores de aminoácidos livres totais e proteínas solúveis e o aumento da dose de triacontanol (Revigor<sup>®</sup>) para mangueiras 'Kent'.

A aplicação do bioestimulante Fulvumin<sup>®</sup> afetou a produção e partição de carboidratos no tecido foliar das mangueiras 'Tommy Atkins' avaliadas, pois o teor de CST apresentou resposta quadrática ao aumento da dose ( $R^2 = 0,87$ ); o maior teor de CST ( $27,7 \text{ mg g}^{-1}$ ) foi encontrado para a dose estimada de  $31,5 \text{ L ha}^{-1}$  (Figura 5C). Todavia, o aumento da dose resultou em redução linear de teores de amido, que apresentou o menor resultado ( $1,3 \text{ mg g}^{-1}$ ) para a dose de  $40 \text{ L ha}^{-1}$  (Figura 5D).

A regulação de teores de CST e amido em plantas é controlada por processos metabólicos complexos. O aumento da taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  devido ao aumento da dose de Fulvumin<sup>®</sup> (Figura 3A) pode ter contribuído para uma maior eficiência do transporte de carboidratos, reduzindo o teor de amido e aumentando o teor de CST nas folhas das mangueiras durante a frutificação.

Segundo Vieira et al. (2010), reduções em teores de amido nos tecidos foliares durante o estágio de frutificação estão diretamente relacionadas à demanda energética para o desenvolvimento dos frutos devido à relação fonte-dreno. Isso corrobora os resultados encontrados para mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas à aplicação do bioestimulante Fulvumin<sup>®</sup> durante o estágio de frutificação.

Em relação à aplicação do bioestimulante Sagersolos<sup>®</sup> durante a frutificação (Experimento 1) nos ciclos produtivos avaliados (safras de 2021 e 2022), o segundo ciclo resultou em médias de  $A$  ( $11,45 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e  $C_i$  ( $231,12 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) significativamente maiores em comparação ao primeiro ciclo. Em relação aos parâmetros bioquímicos, todas as variáveis avaliadas apresentaram médias significativamente maiores no primeiro ciclo, de acordo com o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias de taxa de assimilação  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), taxa de transpiração foliar ( $E$ ) e teores de aminoácidos livres totais (AAT), proteínas solúveis totais (PST), carboidratos solúveis totais (CST) e amido em massa fresca foliar de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a doses de bioestimulantes (Sagersolso<sup>®</sup> e Fulvumin<sup>®</sup>) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE.

FV	<i>A</i> ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	<i>C<sub>i</sub></i> ( $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	<i>E</i> ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	AAT ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ )	PST ( $\text{mg mL}^{-1}$ )	CST ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Amido ( $\text{mg g}^{-1}$ )
Experimento 1 (doses de Sagersolos <sup>®</sup> )							
1° ciclo	9,75b	202,16b	2,03a	3,45a	0,64a	27,79a	3,02a
2° ciclo	11,45a	231,12a	2,10a	3,04b	0,56b	26,28b	2,53b
DMS	0,91	12,11	0,16	0,16	0,02	0,63	0,14
Experimento 2 (doses de Fulvumin <sup>®</sup> )							
1° ciclo	9,00b	202,15a	2,43b	2,77a	0,60a	26,75a	2,49a
2° ciclo	10,47a	207,34a	2,70a	2,17b	0,53b	25,26b	2,01b
DMS	0,92	9,15	0,14	0,17	0,02	0,65	0,19

FV = fonte de variação; DMS = diferença mínima significativa. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

O Experimento 2 (doses de Fulvumin<sup>®</sup>) apresentou maiores médias de *A* (10,47  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e *E* (2,70  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) no segundo ciclo. No entanto, todas as variáveis bioquímicas tiveram médias significativamente maiores no primeiro ciclo, de acordo com o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 5).

As variações encontradas em trocas gasosas durante a frutificação de mangueiras 'Tommy Atkins' ao longo dos dois ciclos produtivos avaliados foram relativamente pequenas. As diferenças em médias de *A* entre os ciclos produtivos foram de 1,65  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o Experimento 1 e 1,47  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o Experimento 2.

Essas variações podem ser atribuídas a diversos fatores, tais como flutuações nas condições climáticas e disponibilidade hídrica durante o estágio de frutificação e das coletas de dados. Temperatura e umidade relativa do ar e radiação solar são fatores que afetam a fotossíntese (TAIZ et al., 2017).

Os teores de CST, AAT, PST e amido nos tecidos foliares das mangueiras 'Tommy Atkins' avaliadas durante a fase de frutificação foram significativamente maiores no primeiro ciclo em ambos os experimentos. Essas respostas podem estar relacionadas à sazonalidade da cultivar, que apresenta alternância de produtividade entre ciclos produtivos (MODESTO, 2013; SIMÕES et al., 2021).

Ciclos produtivos com alta produtividade requerem maiores teores foliares de carboidratos, aminoácidos e proteínas, considerando que frutos são os principais drenos em plantas para translocação de fotoassimilados (SINGH et al., 2017).

### 3.4. CONCLUSÃO

Doses entre 21,5 e 23,0 L ha<sup>-1</sup> do bioestimulante Sagersolos® e entre 24,2 e 25, L ha<sup>-1</sup> do bioestimulante Fulvumin® aplicadas durante o estágio de frutificação resultaram em maior eficiência de trocas gasosas em mangueiras da cultivar Tommy Atkins avaliadas em dois ciclos produtivos no Semiárido brasileiro.

A aplicação dos bioestimulantes promoveu aumento nos teores de carboidratos solúveis totais e redução nos teores de amido no tecido foliar das mangueiras avaliadas.

Os dois bioestimulantes utilizados resultaram em maiores resultados de parâmetros bioquímicos de mangueiras 'Tommy Atkins' no primeiro ciclo em comparação ao segundo ciclo produtivo.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G., PEREIRO, L. S., RAES, D. SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. Rome: Food and Agriculture Organization, 1998. 300p. Drainage and Irrigation Paper, 56.

ANDREOTTI, C., ROUPHAEL, Y., COLLA, G., & BASILE, B. Rate and timing of application of biostimulant substances to enhance fruit tree tolerance toward environmental stresses and fruit quality. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 603, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030603>

ANDRADE, V. P. M. D. Estratégias de manejo de irrigação para o cultivo da mangueira 'Kent' no Semiárido brasileiro. (2021).

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 Research**, v.5, p.76-82, 2018. <http://doi.org/10.53911/JAE>

ASLI, S., AND NEUMANN, P. M. Rhizosphere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development. **Plant Soil** v.336, p.313–322. 2010. doi: 10.1007/s11104-010-0483-2

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. A., SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**. V. 28, n.3, p.350-356, 1956. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>

EL-HOSEINY, H. M; HELALY, M. N; ELSHEERY, N. I; ALAM-ELDEIN, S. M. Ácido húmico e boro para minimizar a incidência de produção alternada e melhorar a produtividade e a qualidade dos frutos das mangueiras. **HortScience**, v.55, n.7, p.1026–1037. 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15053-20>

FERREIRA, K. M.; SIMÕES, W. L.; MOUCO, M. A. DO C.; SILVA, J. R. DA; MESQUITA, A. C. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da mangueira ‘Tommy Atkins’ submetida a doses e formas de aplicação do paclobutrazol. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 16, n. 10, 2020. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.100201>

HELALY, M. N; EL-HOSEINY, H.; EL-SHEERY, N. I; RASTOGI, A.; KALAJI, H. M Regulação e papel fisiológico do silício no alívio do estresse hídrico da manga. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.118, p.31-44, 2017. <https://doi.org/10.1016/>

JANNIN, L., ARKOUN, M., OURRY, A., LAÎNÉ, P., GOUX, D., GARNICA, M. Microarray analysis of humic acid effects on Brassica napus growth: involvement of N, C and S metabolisms. **Plant Soil** 359, 297–319. 2012. doi: 10.1007/ s11104-012-1191-x.

KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. Anuário Brasileiro de Horti & Fruti. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019.

LEÃO, P. C. S. NASCIMENTO, J. H. B., DE MORAES, D. S., & DE SOUZA, E. R. Yield components of the new seedless table grape ‘BRS Ísis’ as affected by the rootstock under semi-arid tropical conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p.109-114, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109114>

MODESTO, J. H. Produtividade, sazonalidade e análises tecnológicas de frutos de cultivares de mangueira em condições subtropicais. 2013. <http://hdl.handle.net/11449/93546>

MUDO, L. E. D., LOBO, J. T., CARREIRO, D. D. A., CAVACINI, J. A., SILVA, L. D. S., & CAVALCANTE, Í. H. L. Trocas gasosas foliares e florescimento de mangueira pulverizada com bioestimulante na região do semiárido. **Revista Caatinga**, v.33, p.332-340. 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n206rc>

MOUCO, M. A. C. (ed.). Cultivo de mangueira. 3. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. (Sistemas de Produção, 2).

OLIVEIRA, Z. V. S. R., MESQUITA, A. C., SIMÕES, W. L., SALVIANO, A. M., DA SILVA, J. S., & FELIX, A. T. R. Trocas gasosas e análises bioquímicas em variedades de melancia sob cultivo orgânico no semiárido nordestino. **Scientia Plena**, v.18, p.(9). 2022. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.090202>

OLK, D.C; DINNES, D.L; SCORESBY, J.R; CALLAWAY, C.R; DARLINGTON, JW. Produtos húmicos na agricultura: benefícios potenciais e desafios de pesquisa - uma revisão. **Journal of Soils and Sediments**, v.18, p.2881-2891, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1916-4>.

ORSI, M. (2014). Molecular dynamics simulation of humic substances. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 1, 1–14. doi: <https://doi.org/10.1186/s40538-014-0010-4>

ROSA, M. T; PATTI, A. F; POUÇO, K. R; MARROM, A. L; JACKSON, W. R; CAVAGNARO, T. R. Uma meta-análise e revisão do crescimento de plantas resposta a substâncias húmicas: Implicações práticas para a agricultura. **Advances in agronomy**. v.124, p.37–89. 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4>

SHAH, Z. H., REHMAN, H. M., AKHTAR, T., ALSAMADANY, H., HAMOOH, B. T., MUJTABA, T., ... & CHUNG, G. (2018). Humic substances: Determining potential molecular regulatory processes in plants. **Frontiers in plant science**, v.9, p.263. 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00263>

SILVA, M. A. D., CAVALCANTE, Í. H., MUDO, L. E., PAIVA NETO, V. B. D., & CUNHA, J. G. D. Biostimulant alleviates abiotic stress of mango grown in semiarid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, p.457-464. 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p457-464>

SIMÕES, W. L., DE ANDRADE, V. P. M., DO CARMO MOUCO, M. A., DA SILVA, J. S., DA SILVA DIAS, N., & FERREIRA, P. P. B. FISIOLOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DA MANGUEIRA 'TOMMY ATKINS' SOB DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO. **IRRIGA**, v. 1, n. 1, p. 56-66, 2021. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n1p56-66>

SANCHES, L. G., SANTOS, A. J. D. S., CARREIRO, D. D. A., CUNHA, J. G. D., LOBO, J. T., CAVALCANTE, Í. H., & PAIVA NETO, V. B. D. (2023). Respostas bioquímicas em manga 'Kent' cultivada no semiárido brasileiro sob diferentes doses de triacantanol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 309-316, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p309-316>

SILVA, M. A. D., CAVALCANTE, Í. H., MUDO, L. E., PAIVA NETO, V. B. D., & CUNHA, J. G. D. Biostimulant alleviates abiotic stress of mango grown in semiarid environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 24, 457-464. (2020). <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p457-464>.

SINGH, S. K.; NATH, V.; MARBOH, E. S.; SHARMA, S. Source-sink relationship in litchi verses mango: A concept. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 6, n. 3, p. 500-509. 2017. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.058>

SUDHA, R.; BALAMOCHAN, T. N.; 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 Sciences**, v.7, p.190-193, 2012. <https://doi.org/10.24154/jhs.v7i2.373>

TAIZ, L. et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre, RS: ArtMed, 2017. 888 p.

VIEIRA, E. L., DE SOUZA, G. S., DOS SANTOS, A. R., & DOS SANTOS SILVA, J. (2010). **Manual de fisiologia vegetal**. São Luiz- MA. Edufma, 223p. 2010.

VERAS, C. D. S. Revestimentos à base de carboidratos para conservação da manga 'Tommy Atkins'. (2017).

## 4. Artigo 2: Produtividade e qualidade de mangas 'Tommy Atkins' com aplicações de bioestimulantes à base de substâncias húmicas no Semiárido brasileiro

### RESUMO

Pomares de mangueiras 'Tommy Atkins' têm significativa importância econômica para o Semiárido brasileiro. No entanto, variações de fatores climáticos durante a frutificação podem causar estresses abióticos em plantas dessa cultivar, resultando em perdas de produtividade e qualidade de frutos. O objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade e qualidade de frutos de mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas à aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas durante o estágio fenológico de frutificação, em dois ciclos produtivos, no Semiárido brasileiro. Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente na Fazenda Surubim, Petrolina, PE, avaliando a aplicação de dois bioestimulantes via fertirrigação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em um esquema fatorial 2x5 consistido de dois ciclos produtivos (2021 e 2022) e cinco doses do bioestimulante Sagersolos® (0,0; 7,0; 14,0; 21,0; e 28,0 L ha<sup>-1</sup>) no Experimento 1 e cinco doses do bioestimulante Fulvumin® (0,0; 10,0; 20,0; 30,0; e 40,0 L ha<sup>-1</sup>) no Experimento 2. Doses de Sagersolos® entre 21,0 e 22,2 L ha<sup>-1</sup> aumentaram em até 11% o número de frutos por planta comparadas ao controle. Doses de Fulvumin® entre 28,5 e 33,7 L ha<sup>-1</sup> resultaram em ganhos de 8% no peso de frutos, maior retenção de frutos e, conseqüentemente, um aumento de 14% na produtividade (Mg ha<sup>-1</sup>) em comparação ao controle. A aplicação dos dois bioestimulantes reduziram acidez titulável e aumentaram a razão entre sólidos solúveis e acidez titulável, resultando em resposta lineares ao aumento da dose. A correlação entre peso de fruto e número de frutos por planta afetaram firmeza de polpa e acidez titulável das mangas 'Tommy Atkins' nos dois ciclos produtivos e para os dois bioestimulantes avaliados.

**Palavras-chaves:** *Mangifera indica* L; Ácido fúlvico; Ácido húmico; Produção de manga, Acidez Titulável.

## Yield and quality of 'Tommy Atkins' mangoes with applications of humic substances-based biostimulants in the Semiarid region of Brazil

### ABSTRACT

Mango orchards with the cultivar Tommy Atkins have significant economic importance for the Semiarid region of Brazil. However, climate variations during fruiting can cause abiotic stresses in plants of this cultivar, resulting in fruit yield and quality losses. The objective of this study was to assess parameters of fruit yield and post-harvest quality of 'Tommy Atkins' mango trees subjected to the application of humic substances-based biostimulants during the fruiting phenological stage, over two production cycles, in the Semiarid region of Brazil. Two experiments were conducted simultaneously at Fazenda Surubim farm, Petrolina, PE, with applications of two biostimulants via fertigation. A randomized block experimental design with four replications was used, in a 2x5 factorial arrangement consisted of two production cycles (2021 and 2022) and five Sagersolos® rates (0.0, 7.0, 14.0, 21.0, and 28.0 L ha<sup>-1</sup>) in Experiment 1 and five Fulvumin® rates (0.0, 10.0, 20.0, 30.0, and 40.0 L ha<sup>-1</sup>) in Experiment 2. Sagersolos® rates between 21.0 and 22.2 L ha<sup>-1</sup> increased the number of fruits per plant by 11% compared to the control. Fulvumin®, rates between 28.5 and 33.7 L ha<sup>-1</sup> resulted in gains of 8% in fruit weight, greater fruit retention, and consequently, a 14% increase in fruit yield (Mg ha<sup>-1</sup>) compared to the control. The application of both biostimulants reduced titratable acidity and increased the soluble solids-to-titratable acidity ratio, resulting in linear responses to the increase in biostimulant rate. The correlation between fruit weight and number of fruits per plant affected pulp firmness and titratable acidity of 'Tommy Atkins' mangoes in both production cycles and for the two biostimulants evaluated.

**Keywords:** *Mangifera indica* L; Fulvic acid; Humic acid; Mango production; Titratable acidity.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A produção de frutos de mangueiras (*Mangifera indica* L.) tem significativa importância econômica para a agricultura brasileira (SIMÕES et al., 2021). A microrregião do Submédio do Vale do São Francisco é responsável por mais de 90% das exportações de mangas do Brasil, concentrando sua produção principalmente nos estados da Bahia (60%) e Pernambuco (40%) (SOARES et al., 2023)

A cultivar Tommy Atkins destaca-se entre os diversos genótipos de manga produzidos comercialmente no Semiárido brasileiro, tanto para o mercado nacional quanto para o mercado externo (VERAS, 2017). Isso se deve por sua grande aceitação no mercado consumidor devido ao sabor agradável, cor atraente e elevado teor de sólidos totais de seus frutos, além da alta produtividade (COSTA, 2022).

A produtividade de mangueiras em regiões semiáridas, como aquelas no Vale do São Francisco, pode ser afetada por variações nas condições climáticas durante o estágio de frutificação. O clima nessas regiões é caracterizado por altas temperaturas, intensa luminosidade e baixa umidade do ar (ANDRADE, 2021).

A aplicação de bioestimulante à base de substâncias húmicas em pomares de mangueiras é uma estratégia que pode contribuir para mitigar os efeitos causados por condições climáticas adversas e melhorar a dinâmica de nutrientes, incluindo armazenamento, fluxo e transporte no solo e nas plantas (SHAH et al., 2018).

Substâncias húmicas têm sido consideradas indutoras de crescimento e desenvolvimento de plantas por promover melhorias como aumentos na absorção de nutrientes e nos metabolismos primário e secundário (ROSE et al., 2014).

Aumento em produtividade e redução de acidez titulável em frutas de romã estão entre os diversos resultados que têm sido reportados para o uso de substâncias húmicas (KAMAL et al., 2017). A aplicação de ácido húmico promoveu melhorias em fertilidade de gemas de mangueiras (EL-HOSEINY et al., 2020). A utilização de ácido húmico em cultivos de espécies frutíferas tem sido amplamente estudada, com seus efeitos bem documentados (ANDREOTTI et al., 2022).

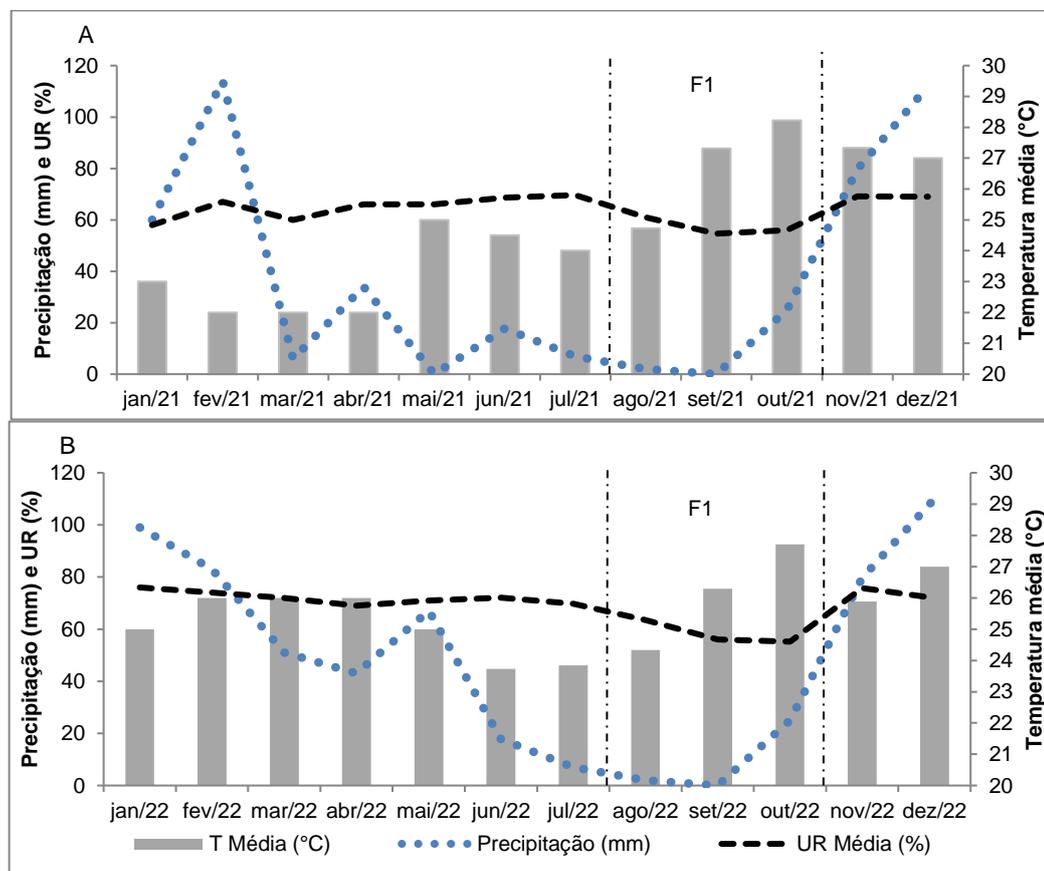
Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade e qualidade de frutos de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de

bioestimulantes à base de substâncias húmicas durante a fase fenológica de frutificação, em dois ciclos produtivos, no Semiárido brasileiro.

## 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente em dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) em um pomar comercial de mangueiras da cultivar Tommy Atkins, na Fazenda Surubim, localizada no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, em Petrolina, Pernambuco (PE) (9°14'42"S, 40°27'40"W, e altitude de 402 metros).

O clima da região foi classificado como BSh, semiárido, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26,0 °C, umidade relativa do ar de aproximadamente 66% e precipitação pluviométrica média anual de 500 mm, concentrada entre janeiro a abril (LEÃO et al., 2020). Os dados meteorológicos registrados são mostrados na Figura 1.



**Figura 1.** Médias mensais de precipitação pluviométrica acumulada, umidade relativa do ar (UR) e temperatura média do ar registradas em dois ciclos produtivos:

A – 1º ciclo (safra 2021); B – 2º ciclo (safra 2022). Petrolina, PE. F1: Estágio de crescimento de frutos e avaliação do experimento.

Os experimentos foram conduzidos em um pomar de mangueiras com 20 anos de idade, plantadas em espaçamento de 10 x 5 m. Foi utilizado um sistema de irrigação localizada, composto de um microaspersor por planta com vazão de 100 L h<sup>-1</sup>. A fertilidade do solo da área experimental foi caracterizada após o período de indução floral, nos dois ciclos produtivos; amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm e levadas ao Laboratório de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Semiárido) para análises químicas, cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análises químicas do solo da área experimental em pomar de mangueiras da cultivar Tommy Atkins, realizadas antes da indução floral, em dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022).

Camada do solo cm	pH (H <sub>2</sub> O)	CE (25°C) dS.m <sup>-1</sup>	Macronutrientes					Micronutrientes																	
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	B												
----- cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----													----- mg.dm <sup>-3</sup> -----												
1º ciclo (Safra 2021)																									
0-20	5,80	0,52	0,34	0,04	3,94	0,51	19,18	48,1	12,4	37,3	26,5	22,8	1,45												
20-40	6,00	0,46	0,37	0,03	3,38	0,44	16,12	43,7	11,9	41,2	23,6	19,5	1,52												
2º ciclo (Safra 2022)																									
0-20	6,10	0,59	0,28	0,01	3,84	0,41	16,58	51,1	9,4	38,0	29,3	22,2	1,29												
20-40	6,25	0,44	0,33	0,01	2,18	0,34	15,18	46,8	4,9	39,4	26,7	18,3	1,30												

pH = potencial de hidrogênio; CE = condutividade elétrica do extrato de saturação; K= potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = cálcio trocável; Mg = magnésio trocável; S = enxofre trocável; P = fósforo disponível extraído por Mehlich; Cu = cobre trocável; Fe = ferro trocável; Mn = manganês trocável; Zn = zinco trocável; e B = boro.

Dois experimentos foram conduzidos simultaneamente em dois ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) para avaliar a aplicação de dois bioestimulantes durante o estágio de frutificação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições (blocos), em um esquema fatorial 2x5 consistido de dois ciclos produtivos (2021 e 2022) e cinco doses do bioestimulante Sagersolos<sup>®</sup> no Experimento 1 (0,0; 7,0; 14,0; 21,0, e 28,0 L ha<sup>-1</sup>) e cinco doses do bioestimulante Fulvumin<sup>®</sup> (0,0; 10,0; 20,0; 30,0, e 40,0 L ha<sup>-1</sup>) no Experimento 2. Cada parcela

experimental foi composta por quatro plantas, considerando as duas plantas centrais para avaliação. Os produtos testados eram compostos de matéria orgânica estabilizada, cujos princípios ativos descritos pelos fabricantes estão dispostos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Descrição dos componentes dos produtos comerciais utilizados como bioestimulantes.

Produto comercial	Ingrediente ativo do bioestimulantes	Elementos adicionais (g L <sup>-1</sup> )
Sagersolos®	Ácidos húmicos totais (150 g L <sup>-1</sup> ); ácido fúlvico (75 g L <sup>-1</sup> ); 10% de poliflavonóides; 5% de compostos salicílicos e 10% de aminoácidos.	K <sub>2</sub> O (120,0 g L <sup>-1</sup> ); Ca (180,0 g L <sup>-1</sup> ); S (90,0 g L <sup>-1</sup> ); B (15,0 g L <sup>-1</sup> ); Mo (1,5 g L <sup>-1</sup> ); e Zn (30,0 g L <sup>-1</sup> )
Fulvumin®	Carbono total solúvel (180,2 g L <sup>-1</sup> ), aminoácidos, ligno-sulfonado, leonardita e turfa	Nitrogênio solúvel em água (36,7 g L <sup>-1</sup> ); nitrogênio na forma orgânica (36,7 g L <sup>-1</sup> )

**Fonte:** Dados fornecidos nos rótulos dos produtos comerciais.

As doses dos bioestimulantes foram aplicadas via fertirrigação, utilizando um sistema montado com tubos de PVC (pulmões), no qual a solução diluída entra no sistema por diferença de pressão (OLIVEIRA et al., 2022). A aplicação das doses foi dividida em quatro períodos: 0, 15, 30 e 45 dias após a última abscisão fisiológica dos frutos das mangueiras, em ambos os ciclos.

O manejo da irrigação foi baseado em dados climáticos obtidos de uma estação meteorológica instalada próxima à área experimental. A evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) foi calculada diariamente, utilizando o método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO (PM – FAO56), para a aplicação das lâminas de irrigação (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi obtida por meio do produto da ET<sub>0</sub> e o coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>). O K<sub>c</sub> utilizado para os períodos estudados foi 1, conforme determinado por Teixeira et al. (2008) para mangueiras 'Tommy Atkins' com 18 anos de idade.

Os demais manejos ao decorrer dos experimentos foram similares aos utilizados em todas as áreas de produção da fazenda: poda após a colheita, adubação mineral, aplicação de paclobutrazol, indução floral e poda de controle de sombreamento (MOUCO, 2015). O controle de plantas daninhas, pragas, patógenos e doenças em níveis de dano econômico, foi realizado seguindo as normas técnicas da Produção Integrada de Manga descritas por Lopes et al. (2003).

A produtividade de frutos ( $P$ ; Mg ha<sup>-1</sup>) para cada safra foi determinada em função do número de frutos por planta ( $NFP$ ), peso médio de frutos ( $PF$ ; g) e número de plantas por hectare ( $NP$ ), conforme a Equação 1:

$$P = (PF * NFP * NP) / 1000 \quad (1)$$

A colheitas em ambos os ciclos produtivos foram realizadas no estágio de maturação de frutos E2 (fase inicial de maturação), que é usado como padrão para frutos de exportação (BRECHT; YAHIA, 2017), utilizando uma escala de coloração de casca e polpa, de acordo com o guia de maturação de mangas 'Tommy Atkins', adaptado por GTZ (1992). Quatro frutos foram selecionados aleatoriamente do volume de frutos colhidos na área de avaliação das parcelas e levados ao laboratório de pós-colheita da EMBRAPA Semiárido para análises físico-químicas. Diâmetros longitudinal (mm) e ventral (mm) de frutos foram medidos usando um paquímetro digital (MODESTO et al. 2016).

Os frutos foram analisados quanto à firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis (TSS; °Brix), acidez titulável (AT; % de ácido cítrico) e razão entre TSS e AT (TSS/AT). Após a retirada da casca do fruto, a firmeza de polpa foi medida em dois pontos opostos à região equatorial do fruto, usando um texturômetro (Stable Micro System, modelo TAXT2) com ponteira de 8 mm. Posteriormente, os frutos foram processados e a polpa foi homogeneizada para determinar TSS e AT.

TSS foi determinado usando um refratômetro manual (Modelo Pocket pal -1). AT foi determinada através de titulação de 1 g de polpa com solução de NaOH 0,1N e os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 g de polpa e, posteriormente, transformados em % de ácido cítrico da amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A análise de variância dos dados obtidos foi realizada separadamente para cada experimento (doses de Sagersolos® e doses de Fulvumin®) usando o teste de F ( $p \leq 0,05$ ). Médias significativas para os ciclos produtivos (safras 2021 e 2022) foram submetidas ao teste de Tukey a nível de significância de 5%. As médias significativas para doses de bioestimulante foram submetidas à análise de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2017).

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância dos dados do Experimento 1 (doses de Sagersolos®), as doses de bioestimulante tiveram efeito significativo em número de frutos por planta (NFP), peso médio de frutos (PF) e diâmetro longitudinal de fruto (DLF) de mangueiras da cultivar Tommy Atkins. Os ciclos produtivos tiveram efeito significativo em todas as variáveis avaliadas, exceto produtividade (Tabela 3).

**Tabela 3.** Análise de variância para número de frutos por planta (NFP), peso médio de frutos (PF), produtividade (P), diâmetro longitudinal de fruto (DLF) e diâmetro ventral de fruto (DVF) para mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas a doses de bioestimulantes (Sagersolos® e Fulvumin®) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE.

Fonte de variação	GL	Teste de F				
		NFP	PF (g)	P (Mg ha <sup>-1</sup> )	DLF (mm)	DVF (mm)
Experimento 1 (doses de Sagersolos®)						
Blocos	3	111,35	306,29	5,99	8,66	0,70
Doses (D)	4	1751,65**	1499,78*	49,25**	58,58**	14,53 <sup>ns</sup>
Ciclos (C)	1	9828,22**	2194,92**	0,09 <sup>ns</sup>	608,40**	38,02*
D x C	4	133,60 <sup>ns</sup>	126,66 <sup>ns</sup>	9,33 <sup>ns</sup>	27,46 <sup>ns</sup>	13,58 <sup>ns</sup>
Erro	27	152,83	368,73	4,47	13,22	6,25
<b>CV (%)</b>	<b>3</b>	<b>9,69</b>	<b>9,71</b>	<b>6,10</b>	<b>3,12</b>	<b>2,73</b>
Experimento 2 (doses de Fulvumin®)						
Blocos	3	190,03	146,60	0,02	7,33	13,63
Doses (D)	4	1094,50**	2426,27**	42,06**	37,15*	2,97 <sup>ns</sup>
Ciclos (C)	1	3385,60**	1128,60**	1,22 <sup>ns</sup>	104,04**	302,50**
D x C	4	38,85 <sup>ns</sup>	182,28 <sup>ns</sup>	2,53 <sup>ns</sup>	11,15 <sup>ns</sup>	5,62 <sup>ns</sup>
Erro	27	181,71	297,56	2,91	9,66	10,30
<b>CV (%)</b>	<b>3</b>	<b>9,05</b>	<b>9,36</b>	<b>5,00</b>	<b>3,93</b>	<b>3,52</b>

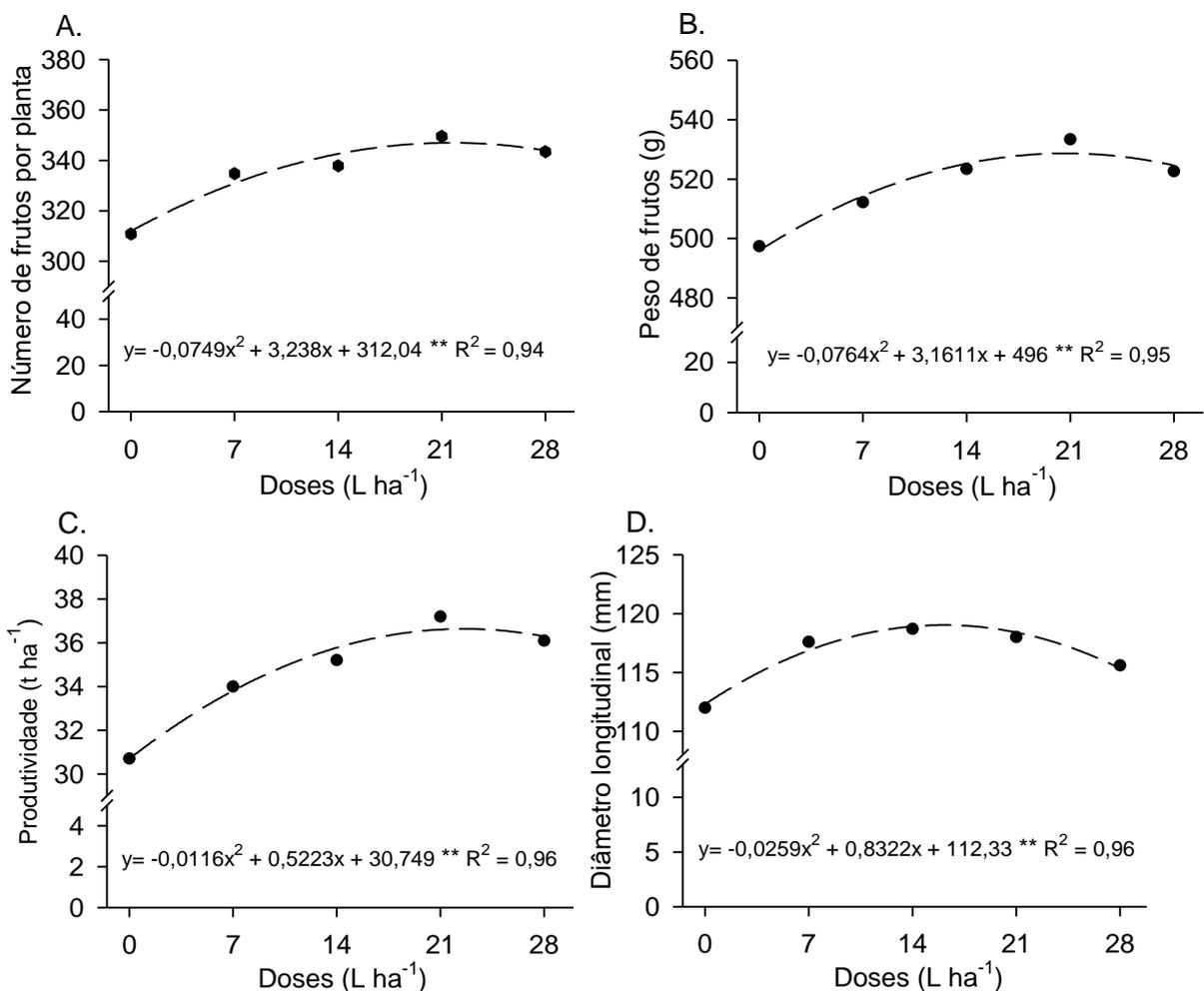
GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*, \* e <sup>ns</sup> = significativo a  $p \leq 0,01$ , significativo a  $p \leq 0,05$  e não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de F, respectivamente.

As doses de bioestimulante no Experimento 2 (doses de Fulvumin®) tiveram efeito significativo em NFP, PF e DLF. Os ciclos produtivos tiveram efeito significativo em NFP, PF, DLF e DVF. O efeito da interação entre os fatores (doses e ciclos produtivos) não foi significativo pelo teste de F ( $p \geq 0,05$ ) em nenhum dos experimentos (Tabela 3).

O aumento da dose de Sagersolos® resultou em aumento de NFP, que apresentou uma resposta quadrática, com a maior média (349 frutos) para a dose

estimada de 21,6 L ha<sup>-1</sup> (Figura 2A). Essa resposta pode ser atribuída a uma melhor dinâmica de retenção de nutrientes no solo devido à adição de substâncias húmicas, que pode ter aumentado a absorção de nutrientes pelas plantas durante o estágio fenológico de frutificação. Onwosi et al. (2017) relataram que substâncias húmicas no solo podem aumentar a absorção de nutrientes por vegetais.

El-Razek et al. (2012) avaliaram a produção e qualidade de pêsegos após quatro aplicações de substâncias húmicas (uma a cada 15 dias a partir do início da frutificação) e encontraram aumentos de 31% a 78% em NFP.



**Figura 2.** Número de frutos por planta (A), peso médio de frutos (B), produtividade (C) e diâmetro longitudinal de fruto (D) para mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de doses do bioestimulante Sagersolos®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F.

As doses de Sagersolos® afetaram significativamente PF, que apresentou a

maior média (528 g) para a dose estimada de 21 L ha<sup>-1</sup> (Figura 2B). Essa resposta pode ser atribuída a melhores dinâmicas do solo, pois uma dose de 21 L h<sup>-1</sup> Sagersolos<sup>®</sup> contribuiu com adição de 3,1 kg ha<sup>-1</sup> de ácido fúlvico; 1,6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido húmico; 2,7 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; 4,0 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 0,33 kg ha<sup>-1</sup> de B; 0,67 kg ha<sup>-1</sup> de Zn; 2,1 L ha<sup>-1</sup> de poliflavonóides; 1,05 L ha<sup>-1</sup> de compostos salicílicos; e 2,1 L ha<sup>-1</sup> de aminoácidos.

O aumento de 5% em PF em comparação ao controle pode estar relacionado ao aumento do metabolismo nas plantas devido à adição de substâncias húmicas ao solo. Conforme Shah et al. (2018), substâncias húmicas podem regular os genes envolvidos no ciclo de Calvin, incluindo aqueles que codificam as enzimas RUBPCs, G3PDHs e GPATs, promovendo assim a biossíntese de amido.

O amido em folhas pode ser mobilizado e transformado em açúcares solúveis através de processos de hidrólise enzimática; reduções em teores de amido nos tecidos foliares durante a fase de frutificação estão relacionadas à demanda energética para o desenvolvimento de frutos, mantendo um equilíbrio entre fonte (folhas) e dreno (frutos) (VIEIRA et al., 2010). Esse mecanismo pode ter contribuído para o aumento de peso de frutos encontrado no presente estudo.

Segundo as normas de controle de qualidade de mangas estabelecidas pela FFV-45 da Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE, 2017), a manga destinada à exportação deve pesar no mínimo 100 g, conforme a seguinte classificação de frutos por peso: Tipo A (100-350 g), Tipo B (351-550 g), Tipo C (551-800 g) e Tipo D (>800g). Nesse contexto, todos os tratamentos com aplicação do bioestimulante Sagersolos<sup>®</sup> resultaram em frutos do Tipo B, variando de 514 a 528 g.

Os dados de produtividade de frutos (Mg h<sup>-1</sup>) das mangueiras 'Tommy Atkins' avaliadas no Experimento 1 mostrou uma correlação significativa ( $R^2 = 0,96$ ) entre o aumento da dose do bioestimulante e a produtividade. A maior produtividade (36,6 Mg ha<sup>-1</sup>) foi encontrada para a dose estimada de 22,2 L ha<sup>-1</sup> (Figura 2C).

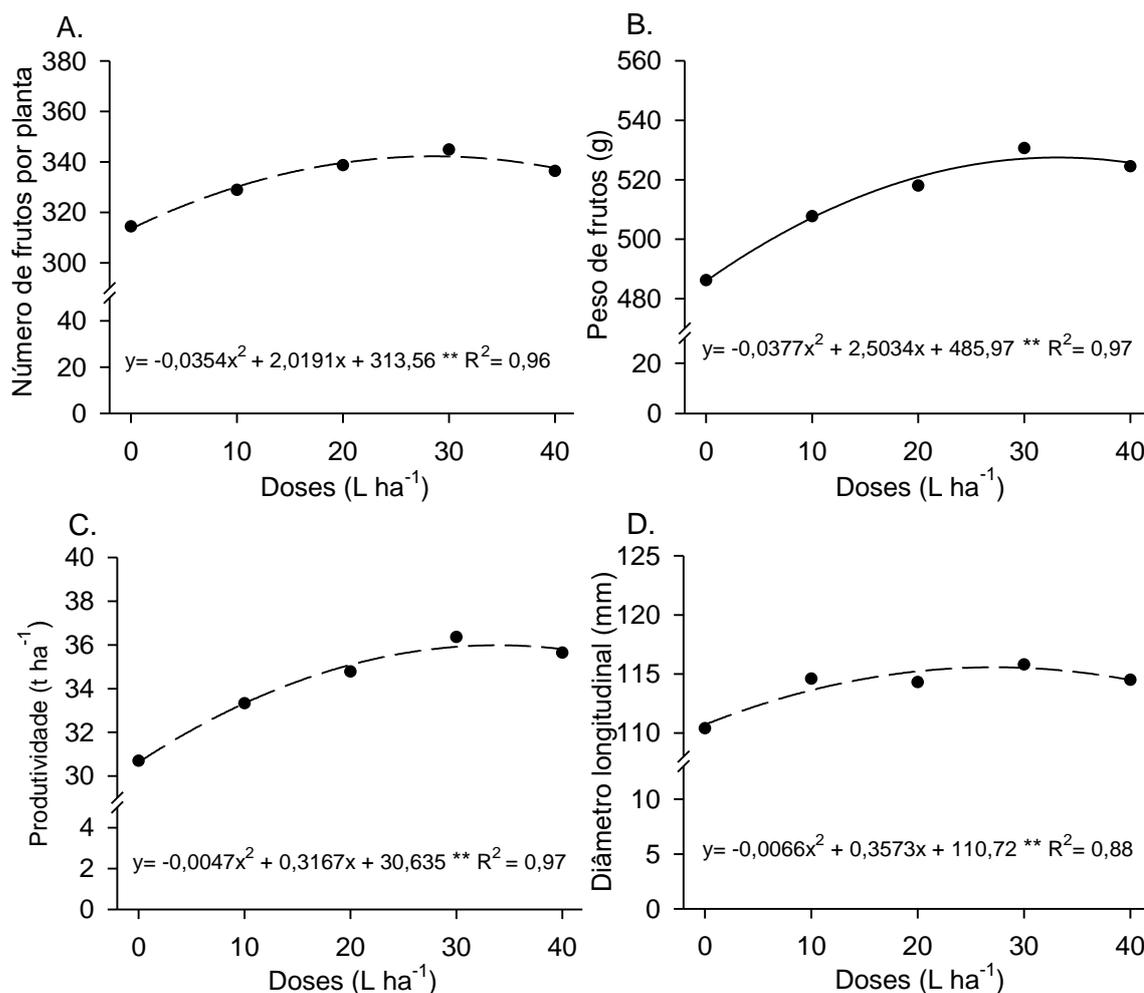
As médias encontradas para produtividade podem ser atribuídas aos aumentos de NFP (Figura 2A) e PF (Figura 1B), que apresentaram as maiores médias para as doses de 21,6 e 21,0 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A maior média de produtividade encontrada (36,6 Mg ha<sup>-1</sup>) foi 15% maior em relação ao controle, denotando uma maior eficiência do metabolismo das plantas devido à aplicação do bioestimulante.

As doses de bioestimulante aplicadas tiveram efeito significativo em DLF, que apresentou a maior média (119 mm) para a dose estimada de 16,4 L ha<sup>-1</sup> (Figura 2D).

DLF de mangueiras está diretamente conectado ao alongamento do fruto durante sua fase de desenvolvimento (MODESTO et al., 2016). Assim, os resultados de DLF do Experimento 1 podem ser devidos à adição das substâncias húmicas contidas na composição do bioestimulante aplicado. Segundo Shah et al. (2018), substâncias húmicas aplicadas ao solo estimulam a rota metabólica de alguns aminoácidos, como o triptofano, que é precursor de auxinas como o ácido indol-3-acético (IAA), e participa dos processos de alongamento de raízes, padronização vascular, desenvolvimento de flores e crescimento de frutos (CASANOVA-SÁEZ et al., 2021).

Em relação ao Experimento 2, houve correlação significativa ( $R^2 = 0,96$ ) entre o aumento da dose do bioestimulante Fulvumin® e NFP, que apresentou a maior média (342 frutos) para a dose estimada de 28,5 L ha<sup>-1</sup> (Figura 3A), correspondendo a um aumento de 7% comparada à média do controle.

Segundo Shivashankar (2014), diversos fatores podem induzir abscisão fisiológica de frutos e outras desordens em mangueiras, incluindo fatores ambientais e nutricionais. Portanto, o aumento de 7% em NFP pode ser atribuído aos compostos adicionados pela aplicação da dose estimada de 28,5 L ha<sup>-1</sup> de Fulvumin®: 5,13 kg ha<sup>-1</sup> de carbono orgânico total; 1 kg de nitrogênio inorgânico; e 1 kg de nitrogênio na forma orgânica. É importante ressaltar que substâncias húmicas podem aumentar a absorção de nutrientes por plantas (ONWOSI et al., 2017).



**Figura 3.** Número de frutos por planta (A), peso médio de frutos (B), produtividade (C) e diâmetro longitudinal de fruto (D) de mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de doses do bioestimulante Fulvumin®. \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F.

O maior PF (527 g) foi encontrado para a dose de bioestimulante de 33,1 L ha<sup>-1</sup> (Figura 3A). Similarmente ao padrão de NFP, esse resultado pode ser devido à maior eficiência de absorção de nutrientes do solo pela adição de ácidos húmico e fúlvico contidos na composição do produto. Segundo Yildirim et al. (2021), substâncias húmicas afetam direta e indiretamente o crescimento e a expansão celular em plantas ao melhorar as características físicas e químicas do solo. Esse processo pode explicar a expansão celular de frutos das mangueiras 'Tommy Atkins' avaliadas no presente estudo.

El-Hoseiny et al. (2020) reportaram aumentos de 5% a 12% em peso de frutos de mangueiras da cultivar 'Zebda' no Egito submetidas a três aplicações de

substâncias húmicas a 0,30%, combinadas com 600 mg L<sup>-1</sup> de boro, durante o estágio de frutificação.

Os dados de produtividade de frutos do Experimento 2 apresentaram padrão semelhante aos do Experimento 1. A maior média de produtividade (35,9 Mg ha<sup>-1</sup>) foi encontrada para a dose estimada de 33,7 L ha<sup>-1</sup> (Figura 3C). Todos os tratamentos com adição de matéria orgânica estabilizada pela aplicação do bioestimulante apresentaram maiores produtividades do que o controle, denotando que essa fonte de matéria orgânica pode contribuir significativamente para aumentos de produtividade de mangueiras 'Tommy Atkins'.

O aumento da produtividade foi caracterizado pelo aumento de NFP (Figura 3A) e PF (Figura 3B), os quais apresentaram as maiores médias para as doses de 28,5 e 33,1 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A maior produtividade encontrada no Experimento 2 corresponde a um aumento de 14% em relação àquela do controle, denotando uma maior eficiência do metabolismo de mangueiras 'Tommy Atkins' com aplicação de Fulvumin<sup>®</sup>.

Os dados de DLF mostraram uma resposta quadrática às doses de bioestimulante, com a maior média (115 mm) para a dose de 27,4 L ha<sup>-1</sup> (Figura 3D). Modesto et al. (2016), avaliaram características físico-químicas de diferentes cultivares de manga e encontraram DLF variando de 105,57 a 129,68 mm para mangueiras 'Tommy Atkins'. Esses resultados são consistentes com as médias encontradas no presente estudo, que variaram de 105 (controle) a 115 mm.

A análise de variância dos dados de parâmetros físico-químicos dos frutos do Experimento 1 (Sagersolos<sup>®</sup>) mostrou efeito significativo das doses de bioestimulante sobre teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e razão entre TSS e AT (TSS/AT). Os ciclos produtivos tiveram efeito significativo em todos os parâmetros físico-químicos avaliados nos frutos (Tabela 4).

Em relação ao Experimento 2 (Fulvumin<sup>®</sup>), as doses de bioestimulante tiveram efeito significativo em AT e TSS/AT. Os ciclos produtivos afetaram significativamente firmeza de polpa (FP), AT e TSS/AT. O efeito da interação entre os fatores (doses e ciclos produtivos) não foi significativo em nenhum dos experimentos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Análise de variância para firmeza de polpa (FP), teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e razão entre TSS e AT (TSS/AT) em frutos de

mangueiras da cultivar Tommy Atkins submetidas à aplicação de bioestimulantes (Sagersolos® e Fulvumin®) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE.

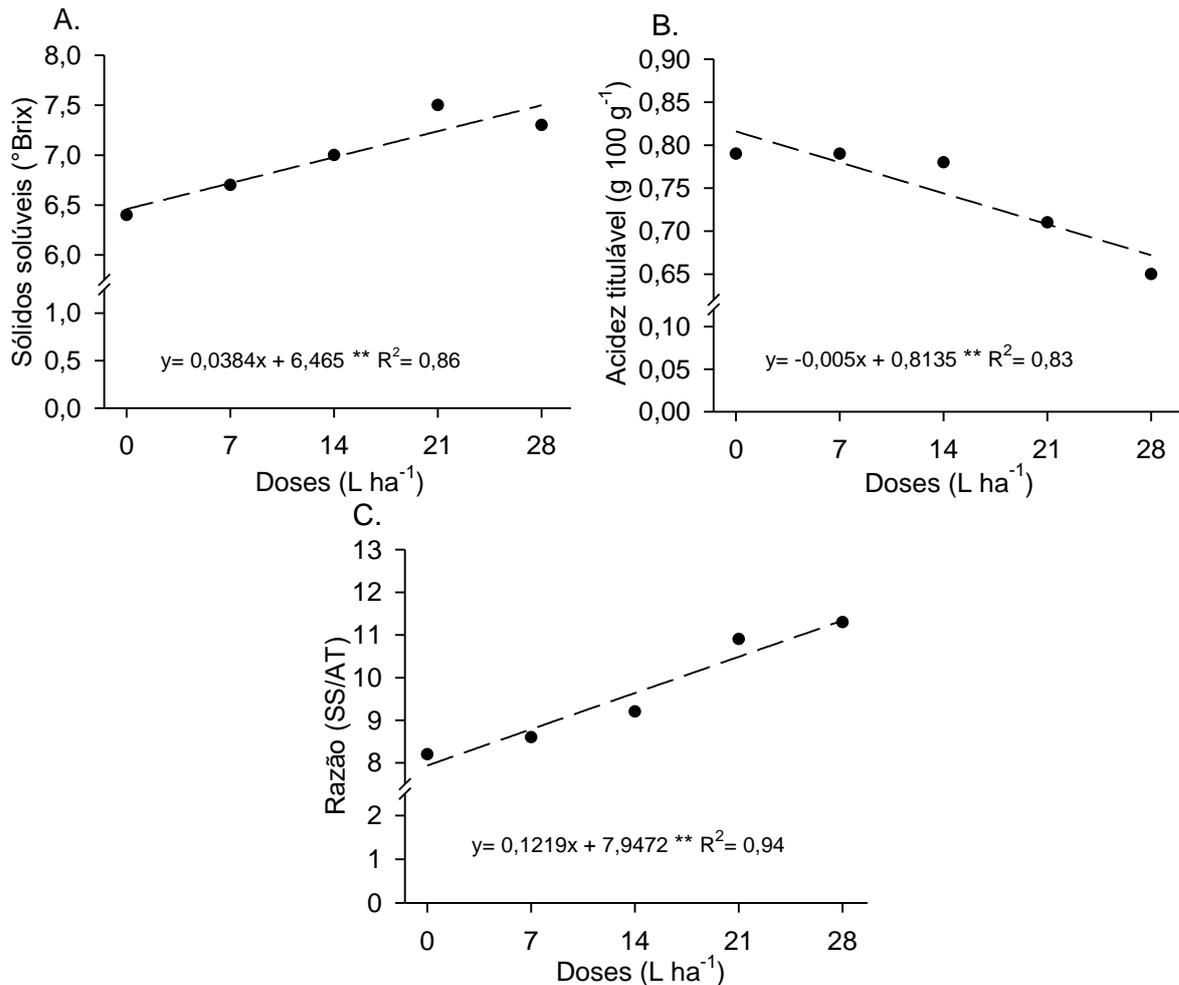
Fonte de variação	GL	Teste de F			
		FP (N)	TSS (°Brix)	AT (g 100 g <sup>-1</sup> )	TSS/AT
Experimento 1 (doses de Sagersolos®)					
Blocos	3	31,66	0,41	0,006	1,62
Doses (D)	4	46,81 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>**</sup>	0,029 <sup>*</sup>	15,29 <sup>**</sup>
Ciclos (C)	1	1102,50 <sup>**</sup>	1,98 <sup>*</sup>	0,79 <sup>**</sup>	12,32 <sup>*</sup>
D x C	4	17,93 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>
Erro	27	24,05	0,27	0,008	1,67
<b>CV (%)</b>		<b>7,98</b>	<b>7,43</b>	<b>12,58</b>	<b>13,39</b>
Experimento 2 (doses de Fulvumin®)					
Blocos	3	42,29	0,09	0,011	1,32
Doses (D)	4	47,10 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,036 <sup>*</sup>	8,52 <sup>*</sup>
Ciclos (C)	1	1288,22 <sup>**</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,380 <sup>**</sup>	54,84 <sup>**</sup>
D x C	4	21,10 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>
Erro	27	18,84	0,14	0,011	2,07
<b>CV (%)</b>		<b>7,11</b>	<b>5,51</b>	<b>14,52</b>	<b>14,54</b>

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; \*\*, \* e <sup>ns</sup> = significativo a  $p \leq 0,01$ , significativo a  $p \leq 0,05$  e não significativo ( $p \geq 0,05$ ) pelo teste de F, respectivamente.

Foi encontrada uma correlação positiva entre o aumento da dose de bioestimulante e o teor de TSS ( $R^2 = 0,86$ ) no Experimento 1; a maior média de TSS (7,3 °Brix) foi encontrada para a dose estimada de 28,0 L ha<sup>-1</sup>.

Aumentos em TSS, geralmente, podem ser atribuídos à presença de ácido húmico, que promove o crescimento de plantas devido à uma atividade semelhante àquela do hormônio IAA, que participa do processo de alocação de carboidratos (QUAGGIOTTI et al., 2004). Adicionalmente, substâncias húmicas contribuem para o aumento da absorção de nutrientes do solo por plantas (ONWOSI et al., 2017). Esses fatores podem explicar o aumento em TSS encontrado para o Experimento 1.

O aumento da dose de bioestimulante resultou em redução em AT de frutos em comparação ao controle (Figura 4C). El-Hoseiny et al. (2020) também encontraram redução linear em AT de frutos de manga 'Zebda' em função de tratamentos com doses de substâncias húmicas (0; 15; 30; e 45%) aplicadas a intervalos de 15 dias durante a frutificação.

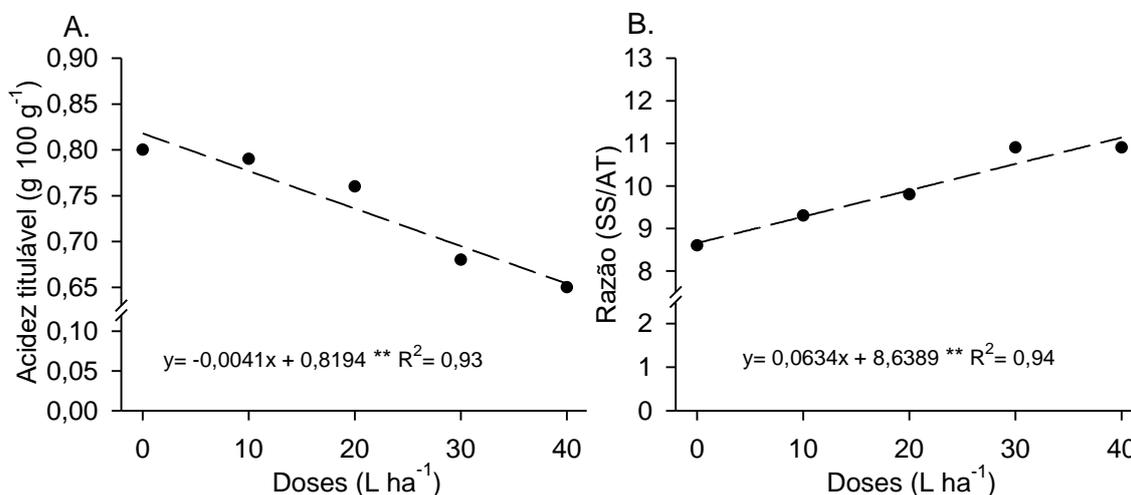


**Figura 4.** Parâmetros físico-químicos de frutos de mangueiras da cultivar 'Tommy Atkins' submetidas a doses do bioestimulante Sagersolos<sup>®</sup>: teor de sólidos solúveis – TSS (A), acidez titulável – AT (B), e razão entre TSS e AT (TSS/AT) (C). \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F.

A redução linear encontrada para AT pode ser atribuída aos 10% de aminoácidos na composição no bioestimulante Sagersolos<sup>®</sup>. De acordo com Sharma et al. (2005), a degradação de aminoácidos para a síntese de açúcares em frutas cítricas pode resultar em redução de acidez. Os resultados obtidos para o percentual de ácido cítrico estão dentro da faixa descrita por Vasconcelos et al. (2019) para mangas 'Tommy Atkins' colhidas entre os estágios de maturação 2 e 4, produzidas na mesma região do presente estudo: 0,50% a 0,85% de ácido cítrico.

Os dados de AT dos frutos do Experimento 2 apresentaram padrão similar aos do Experimento 1, apresentando uma resposta linear decrescente ao aumento da dose do bioestimulante, variando de 0,82 a 0,66 g 100 g<sup>-1</sup> de ácido cítrico para

doses de Fulvumin® de 0 a 40 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 5A). O inverso foi verificado para TSS/AT, que apresentou resposta linear crescente ao aumento da dose (Figura 5A).



**Figura 5.** Parâmetros físico-químicos de frutos de mangueiras da cultivar 'Tommy Atkins' submetidas a doses do bioestimulante Fulvumin®: acidez titulável – AT (A) e razão entre teor de sólidos solúveis (TSS) e AT (TSS/AT) (B). \*\* = significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste de F.

Os resultados de TSS/AT encontrados para os bioestimulantes Sagersolos® (Figura 4C) e Fulvumin® (Figura 5B) são consistentes com aquele encontrado por Costa et al. (2017), que avaliaram mangas 'Tommy Atkins' produzidas na região do Vale do São Francisco e reportaram um aumento em TSS/AT devido ao aumento em TSS e à redução em AT. Isso reforça que a aplicação de substâncias húmicas durante a frutificação pode melhorar a qualidade de mangas, favorecendo o processo de maturação.

Considerando o efeito dos dois ciclos produtivos sobre os parâmetros de produtividade e físico-químicos de frutos do Experimento 1 (Sagersolos®), o segundo ciclo produtivo resultou em médias significativamente maiores para NFP (351,15 frutos), DLF (120,30 mm), FP (66,75 N), TSS (7,22 °Brix) e AT (0,81 g 100 g<sup>-1</sup>) (Tabela 5).

Produtividade não apresentou diferença significativa entre os ciclos produtivos, porém, o primeiro ciclo resultou em maior média de PF (541 g). Este resultado pode ser atribuído ao menor NFP encontrado neste ciclo, que também pode ter contribuído para os maiores DLF e TSS/AT no primeiro ciclo produtivo.

Variações em características físico-químicas de frutos entre os dois ciclos produtivos avaliados no Experimento 1 denota que os parâmetros número de frutos por planta (NFP) e peso de frutos (PF) foram essenciais para essas variações. O bioestimulante utilizado provavelmente contribuiu para essa variação entre os ciclos produtivos, combinado às características de sazonalidade da cultivar, como descrito por Modesto (2013).

Simões et al. (2021) avaliaram produtividade e qualidade de frutos de mangueiras 'Tommy Atkins' sob diferentes arranjos de irrigação na mesma região e encontraram diferenças significativas entre os ciclos produtivos para número de frutos, peso de frutos, teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

**Tabela 5.** Médias para número de frutos por planta (NFP), peso médio de frutos (PF), produtividade (P), diâmetro longitudinal de fruto (DLF), diâmetro ventral de fruto (DVF), firmeza de polpa (FP), teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e razão entre TSS e AT (TSS/AT) para mangueiras 'Tommy Atkins' submetidas a doses de bioestimulantes (Sagersolos® e Fulvumin®) em dois ciclos produtivos (2021 e 2022). Petrolina, PE.

FV	NFP	PF (g)	P (Mg ha <sup>-1</sup> )	DLF (mm)	DVF (mm)	FP (N)	TSS (°Brix)	AT (g 100 g <sup>-1</sup> )	TSS/AT
Experimento 1 (doses de Sagersolos®)									
1º ciclo	319,80b	541,25a	34,61a	112,50b	92,65a	56,25b	6,78b	0,67b	10,21a
2º ciclo	351,15a	494,40b	34,72a	120,30a	90,70b	66,75a	7,22a	0,81a	9,10b
DMS	8,02	12,45	1,37	2,35	1,62	3,18	0,33	0,06	0,83
Experimento 2 (doses de Fulvumin®)									
1º ciclo	323,55b	530,20a	34,30a	108,80b	93,80a	55,40b	6,94a	0,64b	11,07a
2º ciclo	341,95a	496,60b	33,95a	119,00a	88,30b	67,75a	7,10a	0,83a	8,73b
DMS	8,74	11,16	1,10	2,01	2,08	2,81	0,25	0,06	0,90

FV = fonte de variação; DMS = diferença mínima significativa. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Considerando o efeito dos dois ciclos produtivos em parâmetros de produtividade e físico-químicos de frutos do Experimento 2 (Fulvumin®), o segundo ciclo produtivo resultou em médias significativamente maiores para NFP (341), DLF (119 mm), FP (67,75 N) e AT (0,83 g 100 g<sup>-1</sup>) (Tabela 5). Embora o primeiro ciclo produtivo tenha resultado em menor NFP, a média de PF foi maior comparado ao

segundo ciclo, o que pode ter contribuído para a produtividade, que não apresentou diferença significativa entre os ciclos produtivos: 34,3 (primeiro ciclo) e 33,9 Mg ha<sup>-1</sup> (segundo ciclo).

Os frutos do Experimento 2 apresentaram maiores AT e FP no segundo ciclo. Estes resultados podem ter sido afetados pelo maior NFP neste ciclo, já que um maior número de drenos competiu por fotoassimilados sintetizados, o que pode comprometer atributos de qualidade, assim como foi encontrado também por Simões et al. (2021) para mangueiras 'Tommy Atkins'.

Similarmente ao observado para o Experimento 1, as variações em características físico-químicas de frutos entre os ciclos produtivos podem ser atribuídas à combinação do bioestimulante utilizado e das características de sazonalidade da cultivar (Modesto, 2013).

Os parâmetros de produtividade e físico-químicos dos frutos das mangueiras 'Tommy Atkins' avaliadas nos dois ciclos produtivos variaram de acordo com o manejo adotado com as diferentes fontes de substâncias húmicas aplicadas durante a fase de frutificação.

#### **4.4. CONCLUSÃO**

Doses entre 21,0 e 22,2 L ha<sup>-1</sup> do bioestimulante Sagersolos<sup>®</sup> e entre 28,5 e 33,7 L ha<sup>-1</sup> do bioestimulante Fulvumin<sup>®</sup> aplicadas durante o estágio de frutificação resultaram nas maiores médias de produtividade de mangueiras da cultivar Tommy Atkins, avaliadas em dois ciclos produtivos sob as condições climáticas do Semiárido brasileiro.

A aplicação dos bioestimulantes resultou em redução de acidez titulável (AT) e aumento da razão entre sólidos solúveis e AT em mangas 'Tommy Atkins'.

Os dois bioestimulantes utilizados resultaram em maiores retenções de frutos por planta, firmeza de polpa e AT em frutos no segundo ciclo em comparação ao primeiro ciclo produtivo.

#### **4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALLEN, R.G., PEREIRO, L. S., RAES, D. SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. Rome: Food and Agriculture Organization, 1998. 300p. Drainage and Irrigation Paper, 56.

ANDRADE, V. P. M. D. Estratégias de manejo de irrigação para o cultivo da mangueira 'Kent' no Semiárido brasileiro. 2021.

ANDREOTTI, C., ROUPHAEL, Y., COLLA, G., BASILE, B. Rate and timing of application of biostimulant substances to enhance fruit tree tolerance toward environmental stresses and fruit quality. **Agronomy**, v. 12, n. 3, p. 603, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030603>

BRECHT, J. K.; YAHIA, E. M. Harvesting and postharvesting technology of mango. In: SIDDIQ, M.; BRECHT, J.; SIDHU, J. S. (ed.) **Handbook of mango fruit: production, postharvest science, processing technology and nutrition**. West Sussex: John Wiley & Sons, p. 105-130. 2017.

BHRUGUVANSHI, S. R. Implications of climate change in mango. **Impact assessment of climate change for research priority planning in horticultural crops**. Central Potato Research Institute, Shimla, p. 43-46, 2009.

CUNHA, G. A. P.; PINTO, A. C. de q.; FERREIRA, F. R. Origem, diepersão, taxonomia e botânica. In; GENÚ, P. J. de C; PINTO, A. C. de Q. **A cultura da manga** . 1ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2002. Cap.2p. 31-36.

CASANOVA-SÁEZ, R., MATEO-BONMATÍ, E., & LJUNG, K. Auxin metabolism in plants. . **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v. 13, n. 3, p. a039867, 2021. DOI: 10.1101/cshperspect.a039867

COSTA, J. D. S., FIGUEIREDO NETO, A., ALMEIDA, F. A. C., COSTA, M. S., BORGES, G. S. C., SOUSA, K. S. M., QUIRINO, A. K. R. Componentes principais de parâmetros físico-químicos de mangas cv. Tommy Atkins durante a maturação. **Revista Espacios**, v.38, n° 16, p.1–11. 2017. [a17v38n16p01.pdf \(revistaespacios.com\)](http://www.revistaespacios.com/a17v38n16p01.pdf)

COSTA, J. D. D. S. **Parâmetros de maturação da manga cv. 'Tommy atkins' e a qualidade dos frutos armazenados sob atmosfera modificada passiva**. 2022. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/28147>

EL-HOSEINY, H. M., HELALY, M. N., ELSHEERY, N. I., & ALAM-ELDEIN, S. M. (2020). Humic acid and boron to minimize the incidence of alternate bearing and improve the productivity and fruit quality of mango trees. **HortScience**, v. 55, n. 7, p. 1026-1037, 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15053-20>

EL-RAZEK, E.; ABD-ALLAH, A.; SALEH, M. Produção e qualidade de frutos de pessegueiros Florida Prince afetados por aplicações foliares e no solo de ácido húmico. **J. Appl. ciência Res.** 2012, v.8, P. 5724–5729. 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system for windows version 5.6. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. Brasília, DF: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producaoagricola-municipalculturas-temporariasepermanetes.html?=&t=resultados>. Acesso em: 22 set.2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KAMAL, H. M., ELISA, M. A., & MOHAMMED, A. A. Effect of some mineral compounds on yield and fruit quality of pomegranate. **Bioscience Research**, v. 14, n.4, p.1197-1203. (2017).

LEÃO, P. C. S. NASCIMENTO, J. H. B., DE MORAES, D. S., & DE SOUZA, E. R. Yield components of the new seedless table grape ‘BRS Ísis’ as affected by the rootstock under semi-arid tropical conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p.109-114, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109114>

LOPES, P. R. C.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, A. N.; MATTOS, M. A. DE A. (Ed) **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de Manga**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2003. 74p.,il.(Embrapa Embrapa Semi-Árido. Documento, 183).

MODESTO, J.H., S. LEONEL, D.M. SEGANTINI, J.M.A. SOUZA, AND R.A. FERRAZ. Qualitative attributes of some mango cultivars fruits. **Aust. J. Crop Sci.** v.10, p.565-570. 2016. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.135814171726617>

MODESTO, J. H. **Produtividade, sazonalidade e análises tecnológicas de frutos de cultivares de mangueira em condições subtropicais**. 2013. <http://hdl.handle.net/11449/93546>

MOUCO, M. A. C. (ed.). **Cultivo de mangueira**. 3. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. (Sistemas de Produção, 2).

OLIVEIRA, Z. V. S. R., MESQUITA, A. C., SIMÕES, W. L., SALVIANO, A. M., DA SILVA, J. S., & FELIX, A. T. R. Trocas gasosas e análises bioquímicas em variedades de melancia sob cultivo orgânico no semiárido nordestino. **Scientia Plena**, v. 18, n.9, 2022. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.090202>

ONWOSI, C.O.; IGBOKWE, V.C.; ODIMBA, J.N.; EKE, I.E.; NWANKWOALA, M.O.; IROH, I.N.; EZEUGU, L.I. Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. **Journal of Environmental Management**, v.190, n.1, p.140-157, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.051>

QUAGGIOTTI, S., B. RUPERTI, D. PIZZEGHELLO, O. FRANCIOSO, V. TUGNOLI E S. NARDI. Efeito de substâncias húmicas de baixo tamanho molecular na expressão de genes envolvidos no transporte e redução de nitrato em milho (*Zea mays* L.).J. Exp. **Robô**. 55:803–813. 2004. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh085>

ROSE, M. T., PATTI, A. F., LITTLE, K. R., BROWN, A. L., JACKSON, W. R., & CAVAGNARO, T. R. Uma meta-análise e revisão da resposta do crescimento de plantas a substâncias húmicas: implicações práticas para a agricultura. **Avanços na agronomia**, v. 124, p. 37-89, 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4>

SHAH, Z. H., REHMAN, H. M., AKHTAR, T., ALSAMADANY, H., HAMOOH, B. T., MUJTABA, T., ... & CHUNG, G. (2018). Humic substances: Determining potential molecular regulatory processes in plants. **Frontiers in plant science**, V.9, P.263. 2018. [Doi.org/10.3389/fpls.2018.00263](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00263)

SHARMA, N., OKERE, I. C., BRUNENGRABER, D. Z., MCELFRISH, T. A., KING, K. L., STERK, J. P., STANLEY, W. C.. Regulation of pyruvate dehydrogenase activity and citric acid cycle intermediates during high cardiac power generation. **The Journal of physiology**, v. 562, n. 2, p. 593-603, 2005. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.075713>

SIMÕES, W. L., DE ANDRADE, V. P. M., DO CARMO MOUCO, M. A., DA SILVA, J. S., DA SILVA DIAS, N., & FERREIRA, P. P. B. FISILOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DA MANGUEIRA 'TOMMY ATKINS'SOB DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 56-66, 2021 <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n1p56-661>

SOARES DE OLIVEIRA, D. A., ANÍSIO ALBUQUERQUE, G. C., GONÇALVES RIBEIRO, V., FIGUEIREDO NETO, A., & VIEIRA DE OLIVEIRA, F. J. ANÁLISE DE CUSTOS OPERACIONAIS DE MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS NA PRODUÇÃO DE MANGA (*Mangifera indica* L.). **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 16, n. 7, 2023. <http://dx.doi.org/10.54751/revistafoco.v16n7-001>

SHIVASHANKAR, S. Physiological disorders of mango fruit. **Horticultural Reviews: Volume 42**, p. 313-348, 2014.

TEIXEIRA, A. H. DE C., BASTIAANSSEN, W. G., MOURA, M. S. B., SOARES, J. M., AHMAD, M. U. D., & BOS, M. G. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, p. 1524-1537, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.05.004>

UNECE - United Nations Economic Commission for Europe. 2017. STANDARD FFV-45 concerning the marketing and commercial quality control of MANGOES. Geneva, Switzerland. 27 September 2023. <[https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/standard/fresh/FFV-Std/English/45\\_Mangoes.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/standard/fresh/FFV-Std/English/45_Mangoes.pdf)>

VASCONCELOS, O. C. M., DUARTE, D., SILVA, J. C., MESA, N. F. O., MEDEROS, B. J. T., FREITAS, S. T. Modeling 'Tommy Atkins' mango cooling time based on fruit physicochemical quality. **Scientia Horticulturae**, 244: 413–420. 2019.

VIEIRA, E. L., DE SOUZA, G. S., DOS SANTOS, A. R., & DOS SANTOS SILVA, J. (2010). **Manual de fisiologia vegetal**. São Luiz- MA. Edufma, 223p. 2010.

VERAS, C. D. S. Revestimentos à base de carboidratos para conservação da manga 'Tommy Atkins'. (2017).

YILDIRIM, E., EKINCI, M., TURAN, M., AĞAR, G., DURSUN, A., KUL, R., ... & Argin, S. Humic+ Fulvic acid mitigated Cd adverse effects on plant growth, physiology and biochemical properties of garden cress. **Scientific Reports**, v.11, n.1, p.8040. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86991-9>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação dos bioestimulantes Sagersolos® e Fulvumin®, que contêm substâncias húmicas estabilizadas em suas composições, durante o estágio fenológico de frutificação de mangueiras da cultivar Tommy Atkins sob as condições climáticas do Semiárido brasileiro, principalmente 60 dias após o pleno florescimento, resultou em significantes melhorias em trocas gasosas e parâmetros bioquímicos nos tecidos foliares das plantas nos dois ciclos produtivos avaliados. Resultados positivos também foram encontrados para parâmetros de produtividade e qualidade de frutos.

Esses efeitos benéficos encontrados denotam que a aplicação desses bioestimulantes durante a fase de frutificação de mangueiras 'Tommy Atkins' é uma estratégia promissora para melhorar o desenvolvimento e formação de frutos produzidos sob as condições do Semiárido brasileiro. Os achados deste estudo podem contribuir para o aprimoramento de práticas agrícolas através da aplicação de substâncias húmicas estabilizadas para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de frutos de mangueiras. No entanto, mais pesquisas avaliando a aplicação de bioestimulantes à base de substâncias húmicas em pomares de mangas são necessárias para um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos e seus efeitos.